Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!
Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

ЛИФТЫ

под общей редакцией Д.П.Волкова

Г.Г. Архангельский, Д.П. Волков, Э.А. Горбунов,
А.А. Ионов, В.Я. Ткаченко, П.И. Чутчиков

ЛИФТЫ

Рекомендовано Министерством общего и профессионального образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов, обучающихся по специальностям «Механизация и автоматизация строительства», «Подъемно-транспортные, дорожные машины и оборудование»

Издательство Ассоциации
строительных вузов

Москва 1999

ББК 38.6.5
УДК 621.876

Рецензенты: кафедра подъемно-транспортных машин (зав. кафедрой проф. д.т.н. А.В. Вершинский) Московского государственного технического университета; член-корр. Академии проблем качества РФ А.К. Прокофьев.

Лифты. Учебник для вузов /под общей ред. Д.П. Волкова – М.: изд-во АСВ, 1999. – 480 стр. с илл.

ISBN 5-93093-012-0

Учебник посвящен изложению основ теории проектирования, монтажа, технического обслуживания и ремонта лифтового оборудования. Рассмотрены вопросы оценки качества, испытаний и сертификации лифтов. Предназначен для студентов механических и электромеханических специальностей машиностроительных, строительных высших и средних учебных заведений, а также профессионально-технических училищ.

Приведенные в учебнике сведения могут представлять практический интерес для широкого круга специалистов лифтовой отрасли. Материалы учебника базируются на отечественном и зарубежном опыте лифтостроения.

Структура и содержание учебника отражают многолетний опыт подготовки инженеров лифтовой специализации на факультете «Механизация и автоматизация строительства» Московского государственного строительного университета (МИСИ им. В.В. Куйбышева).

ISBN 5-93093-012-0

© Издательство АСВ, 1999
© Коллектив авторов, 1999

Предисловие

Лифт стал неотъемлемой частью искусственно созданной среды обитания человека технократической цивилизации. Практически за одно столетие удалось создать полностью автоматизированную систему внутреннего транспорта пассажиров и грузов в зданиях и сооружениях, которая надежно функционирует, не требуя от людей специальных знаний и предварительной подготовки.

В России, в странах ближнего и дальнего зарубежья успешно функционирует огромный парк лифтов различного конструктивного исполнения, который обеспечивает нужды коммунального хозяйства, промышленных предприятий и сложных сооружений общественного и специального назначения.

Расширяющиеся потребности общественного развития требуют непрерывного совершенствования средств внутреннего транспорта зданий и сооружений на основе современных научно-технических достижений.

Возрастающий парк лифтов и других средств ближнего транспорта (эскалаторов, пассажирских конвейеров и многокабинных подъемников) требует непрерывного совершенствования техники монтажа и технического обслуживания этих машин с целью повышения надежности и безопасности применения.

Залогом успешного решения стоящих перед лифтостроительными, монтажными и эксплуатирующими лифты организациями является наличие квалифицированных кадров, способных идти в ногу с достижениями науки и технологии.

Широкое применение современных средств автоматики и микропроцессорной техники предъявляет повышенные требования к качеству подготовки специалистов широкого профиля, способных к непрерывному совершенствованию своих знаний и творческого потенциала в условиях динамично развивающейся отрасли промышленности.

Желая ответить на веление времени, авторы взяли на себя труд создания первого учебника для вузов, готовящих специалистов по лифтовому и подъемно-транспортному оборудованию.

Книга рассчитана на студентов и специалистов, работающих в сфере проектирования, производства, монтажа, технического обслуживания и ремонта лифтового оборудования.

Рассматривается широкий круг вопросов проектирования вертикального транспорта, тягового расчета и теоретических основ расчета механизмов и узлов механического оборудования. Рассматриваются вопросы прочностного расчета несущих металлоконструкций в рабочих и аварийных режимах. Приводится сравнительная характеристика различных конструктивных решений узлов лифтового оборудования отечественного и зарубежного производства и излагаются основы их расчета. Рассматриваются конструкции и основы расчета устройств безопасности лифтов отечественного и зарубежного производства. Приводится оригинальная методика расчета ловителей резкого торможения и ограничителя скорости с инерционным роликом.

Значительное внимание уделено изложению основ электропривода и автоматики лифтов с учетом современных достижений промышленной электроники, микропроцессорной техники и прогрессивных методов частотного управления работой двигателей переменного тока. Рассмотрена особенность работы основных узлов системы управления лифта, выполненной на современной элементной базе промышленной электроники.

Рассмотрены современные методы монтажа и предпусковой наладки лифтового оборудования различного назначения. Должное внимание уделено средствам механизации монтажных работ.

Раздел, посвященный эксплуатации лифтов, охватывает основные вопросы организации работ, технического обслуживания, ремонта и испытания лифтового оборудования с применением современной измерительной техники.

Рассмотрены вопросы оценки качества и сертификации лифтового оборудования.

При подготовке учебника широко использованы материалы отечественных проектных, производственных, монтажных и эксплуатирующих лифты организаций: Г.П. МОСЛИФТ, АО СОЮЗЛИФТМОНТАЖ [25, 26], АО МЭЛ, ВНИИПТМАШ, ЦПКБ Лифтмаш, КМЗ.

Должное внимание уделено анализу зарубежного опыта (КОНЕ, ОТИС и др.).

Были использованы также материалы литературных источников.

Структура и содержание книги учитывает более чем двадцатилетний опыт кафедры «Строительные и подъемно-транспортные машины» и кафедры «Автоматизация инженерно-строительных технологий» факультета МиАС МГСУ по подготовке специалистов лифтового профиля.

Главы с 1 по 11 написаны профессором кафедры «Строительные и подъемно-транспортные машины» МГСУ Архангельским Г.Г.

Глава 12 – профессором кафедры «Автоматизация инженерно-строительных технологий» МГСУ Ткаченко В.Я.

Глава 13 – доцентом кафедры «Строительные и подъемно-транспортные машины» МГСУ Горбуновым Э.А. совместно с инженером Райковым Е.И.

Глава 14 – доцентом кафедры «Строительные и подъемно-транспортные машины» МГСУ Ионовым А.А. совместно с профессором Чутчиковым П.И.

Глава 15 – заведующим кафедры «Строительные и подъемно-транспортные машины» МГСУ профессором Волковым Д.П. совместно с профессором Чутчиковым П.И.

Научный редактор учебника – Заслуженный деятель Науки и Техники, доктор техн.наук, профессор Волков Д.П.

Авторы считают своим долгом выразить глубокую благодарность и признательность коллективам сотрудников Г.П.Мослифт, Мосжилниипроект, А.К.Лифт, ЦПКБ Лифтмаш, Карачароского машиностроительного завода, Щербинского лифтостроительного завода, АОЗТ Русьлифт и др., оказавшим неоценимую помощь и поддержку в подготовке и издании учебника.

Коллектив авторов благодарит М.А. Варна за добросовестную и творческую работу по компьютерной подготовке ряда разделов рукописи.

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам за детальное рассмотрение рукописи и ценные замечания. Они также будут признательны частным лицам и организациям за отзывы и замечания по содержанию впервые изданного учебника «Лифты».

ГЛАВА 1
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЛИФТАХ

1.1. История развития лифтостроения

Развитие любой отрасли хозяйственной деятельности человечества во все времена определялось побудительными причинами и достигнутым уровнем технологии.

Первые упоминания о лифте имеется в трудах римского архитектора Ветрувия, который сообщает о том, что Архимед построил подъемный аппарат, вероятно, еще в 236 году до нашей эры. В литературных источниках более позднего периода упоминается о подъемных устройствах с кабиной, подвешенной на пеньковом канате и приводимой в движение вручную или с использованием силы животных.

Так, в середине 6 века нашей эры такого рода подъемные устройства применялись в Синайском монастыре Египта. В 13 веке - в дворцовых и монастырских постройках Франции.

В 17 веке прообразы лифтов имелись в дворцовых постройках Англии (Виндзорский замок) и Франции (летающий стул Велайера в одном из парижских дворцов).

С середины 18 столетия лифты стали применяться в России (лифты дворцовых построек Царского Села и усадьбы Кусково).

В 1795 году И.П. Кулибин создал лифт с винтовым механизмом подъема для Зимнего Дворца.

В 1816 году лифт был установлен в Главном здании подмосковной усадьбы Архангельское.

*Отмеченные выше факты единичного появления лифтов не отражало какой-*либо стойкой тенденции развития техники. Создание единичных образцов подъемников для транспортировки людей было продиктовано прихотью состоятельных людей и творческим воображением изобретателей.

История развития лифтостроения реально началась в конце 19 и начале 20 столетия в связи с бурным развитием капитализма в Европе и Северной Америки.

Сосредоточение больших масс населения в городах и непрерывно возрастающая стоимость земли привело к строительству зданий повышенной этажности, которые не могли удовлетворительно функционировать без надежной системы внутреннего пассажирского и грузового транспорта.

К этому времени, в других отраслях хозяйственной деятельности, появились достаточно компактные источники механической энергии: гидродвигатели, паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и электрические машины.

Металлургическая промышленность успешно осваивала производство стального проката и стальных канатов. Успешно развивалась электротехническая отрасль, которая освоила производство компонентов систем телеграфной и телефонной связи, которые могли послужить основой для создания релейно-контактной системы управления работой лифта.

Настоятельная потребность в лифтовом оборудовании зданий и сооружений на фоне динамично развивающейся промышленности заложили реальную основу развития лифтостроения.

Первые подъемники, послужившие прототипом современных лифтов, появились в США в 1850 году (лифт Уотермена), в 1852 году – лифт Отиса с ловителями кабины, которые включались при обрыве канатной подвески.

В этот период кабины лифтов приводились в движение от паровой машины и имели барабанную лебедку.

В 1867 году появились лифты с гидравлическим приводом в виде гидроцилиндра с плунжером, к которому непосредственно крепилась кабина лифта. Применялись конструкции с противовесом и без противовеса.

Дальнейшее развитие конструкции гидравлических лифтов шло по пути применения подъемного гидроцилиндра в сочетании с канатным мультипликатором. В качестве рабочей жидкости использовалась вода, которая подавалась в гидроцилиндр насосом с паровым приводом или приводом от двигателя внутреннего сгорания.

В связи с высоким уровнем шума силовой установки лебедки лифтов размещались в подвальных помещениях.

Низкая надежность стальных канатов и реальная опасность обрыва канатной подвески стимулировала поиски конструктивных решений надежных устройств аварийного включения ловителей кабины.

В 1878 году впервые был изобретен ограничитель скорости, автоматически включающий ловители при аварийном превышении скорости движения кабины.

Параллельно с совершенствованием конструкции узлов безопасности лифтов идет поиск соответствующих систем привода. На смену паровым машинам и двигателям внутреннего сгорания приходит электропривод.

Уже в 1880 в Германии появляется первый электрический лифт Сименса с реечным механизмом подъема и приводом постоянного тока.

К началу 20 столетия лифты с электроприводом заняли доминирующее положение постепенно вытесняя лифты с другими системами привода.

Дальнейшее расширение масштабов высотного строительства в США и организация серийного производства лифтов поставили под сомнение целесообразность применения барабанных лебедок, параметры которых существенно зависели от высоты подъема кабины, что несомненно препятствовало унификации конструкции лифтов и сдерживало их серийное производство.

Использование барабанных лебедок с подвеской кабины не более чем на 2-х канатах, жестко фиксированных на барабане, не гарантировало безопасности пассажиров.

Участились аварии, связанные с затягиванием кабины под перекрытие шахты и обрывом канатной подвески.

Вскоре решение проблемы было найдено на основе опыта успешного применения фрикционных передач с гибкой нитью (ременные передачи) в промышленности.

К концу 19 столетия были созданы лифтовые лебедки с канатоведущим шкивом (КВШ), в которых подъемное усилие создавалось за счет фрикционного взаимодействия тяговых канатов с ободом шкива. Это изобретение послужило хорошей основой дальнейшего совершенствования конструкции лифтов.

Применение КВШ позволило снять целый ряд актуальных проблем.

Появилась возможность подвески кабины на нескольких параллельных ветвях тяговых канатов, что существенно повысило безопасность транспортировки пассажиров.

Была исключена опасность затягивания кабины под перекрытие шахты, так как при посадке противовеса на буфер, натяжение канатов падало и скольжение канатов прекращало дальнейший подъем кабины.

Несомненным достоинством применения КВШ в лифтовых лебедках явилась независимость их параметров от высоты подъема кабины. Это открывало широкие перспективы организации массового серийного производства лифтов на основе принципов унификации и стандартизации узлов и деталей.

Первые образцы КВШ имели канавки обода полукруглого профиля, которые не обеспечивали достаточной силы сцепления канатов, что ограничивало возможность увеличения грузоподъемности кабины лифта.

С целью компенсации этого недостатка в 1904 году была разработана конструкция лебедки с контршкивом и двойным обхватом КВШ.

Двойной обхвата КВШ приводил к снижению долговечности тяговых канатов.

Выход из положения был найден путем оптимизации формы профиля поперечного сечения канавок обода КВШ, обеспечивающих необходимую тяговую способность, долговечность канатов и КВШ.

Дальнейшее совершенствование конструкции лифтов базировалось на рассмотренных выше основополагающих решениях, последующих достижениях науки и производства.

История развития отечественного лифтостроения отражала мировые тенденции на фоне специфических особенностей плановой экономики и изоляции от внешнего рынка.

В конце 40-х годов в СССР было освоено серийное производство лифтов общего назначения, специальных и скоростных лифтов.

В 1955–1956 ВНИИПТМАШ совместно с трестом Союзлифт создали типовой ряд пассажирских и грузовых лифтов.

Планомерное развитие отечественного лифтостроения связано с организацией в 1963 году Центрального проектно-конструкторского бюро по лифтам (ЦПКБ) и с дальнейшим развитием соответствующей производственной базы в Москве и других городах страны.

Наращивание производственной базы сопровождалось созданием специализированных монтажных и эксплуатирующих лифты организаций, работа которых в значительной мере определяла надежность и безопасность лифтов. Работа таких организаций как СОЮЗЛИФТМОНТАЖ, МОСЛИФТ и др. в значительной степени определили качество функционирования отечественных лифтов.

Были разработаны государственные Стандарты на различные виды лифтового оборудования, для различных архитектурно-планировочных решений зданий с учетом зарубежного опыта. К сожалению практически полная изоляция от внешнего рынка и отсутствие конкуренции существенно сдерживали научно-технический прогресс в лифтовой отрасли.

С 90-х годов положение стало изменяться. Появление на внутреннем рынке иностранных конкурентов в сфере производства и эксплуатации лифтов становится стимулом дальнейшего повышения технического уровня отечественных лифтов в крайне неблагоприятных условиях резкого спада производства в стране.

1.2. Современное состояние, тенденции и перспективы развития лифтостроения

В настоящее время отмечается непрерывный рост парка лифтов при устойчивой тенденции поиска новых конструктивных решений, отражающих требования рынка и научно-технические достижения в различных отраслях промышленности.

Совершенствуются организационные формы и технические средства службы эксплуатации лифтов. Серьезное внимание уделяется вопросам повышения производительности и качества монтажных работ.

Жесткая конкуренция на внутреннем и мировых рынках, расширяющийся спектр потребностей заказчиков лифтового оборудования, служат хорошим стимулом поиска более эффективных технических решений.

Можно отметить следующие основные тенденции развития лифтостроения.

Применение новых конструкционных и отделочных материалов, включая композиционные.

Совершенствование конструкции и дизайна кабин и оборудования посадочных площадок с учетом фактора вандалостойкости.

Совершенствование конструкции всех систем оборудования лифта с целью снижения уровня шума и вибрации в здании и в кабине лифта.

Расширение сферы применения наружной установки лифтов в углублении наружных стен жилых и административных зданий башенного типа.

Повышение надежности устройств, обеспечивающих безопасное применение лифтов.

Совершенствование систем привода и расширение области применения привода переменного тока с тиристорным и амплтудно-частотным управлением.

Совершенствование систем управления на основе достижений промышленной электроники и микропроцессорной техники.

Расширение масштабов применения гидравлических лифтов плунжерного типа с канатными мультипликаторами в зданиях малой и средней этажности.

Комплексное решение проблем внутреннего транспорта зданий и сооружений на основе комбинированного применения лифтов, многокабинных подъемников, эскалаторов и пассажирских конвейеров.

Широкое использование методов унификации и стандартизации с целью повышения качества изготовления, снижения стоимости массового производства и эксплуатационных затрат.

Расширение практики модернизации действующего лифтового оборудования.

Повышение эффективности системы технического обслуживания лифтов на основе применения современных методов компьютерной обработки информации и управления в сочетании с внедрением микропроцессорной системы самодиагностики лифтового оборудования.

Совершенствование методов проектирования лифтов на основе широкого применения САПР.

Совершенствование технологии изготовления лифтового оборудования на основе роботизации производственных процессов.

Повышение эффективности и качества монтажа лифтового оборудования на основе совершенствования технологии и механизации трудоемких процессов.

1.3. Классификация, кинематические схемы и техническая характеристика лифтов

Общие положения и определения

Лифтом называется стационарная подъемная машина периодического действия, предназначенная для подъема и спуска людей и (или) грузов в кабине, движущейся по жестким прямолинейным направляющим, у которых угол наклона к вертикали не более 15 градусов.

Лифт является неотъемлемой частью инженерного оборудования жилых, административных зданий и сооружений.

Лифты перемещают пассажиров, автомобили в многоэтажных гаражах, товары в магазинах и торговых центрах, обеспечивают работу судов речного и морского флота, применяются на большегрузных транспортных и пассажирских самолетах.

Лифтами оборудуются мощные землеройные машины, примером может служить мощная вскрышная лопата отечественного производства с ковшом емкостью 35 $м^3$ ЭВГ-35/65 и аналогичная техника зарубежного производства.

Лифт становится одним из наиболее важных и массовых средств пассажирского транспорта в городах. Роль его непрерывно возрастает в связи с объективной тенденцией повышения этажности строительства.

Массовая перевозка людей всех возрастных категорий предъявляет повышенные требования надежности и безопасности работы лифтов.

В нашей стране контроль за безопасностью работы лифтового оборудования осуществляет Комитет по надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору (Госгортехнадзор).

Госгортехнадзор разработал Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов (ПУБЭЛ), которые регламентируют деятельность проектных, монтажных и эксплуатирующих организаций.

Существует большое разнообразие лифтов, различающихся по назначению и конструктивным особенностям.

Классификация лифтов

По назначению можно выделить следующие типы лифтов: пассажирский – предназначен для подъема и спуска людей; грузопассажирский – предназначен для транспортировки пассажиров и грузов, имеет увеличенные размерами площади пола и дверного проема; больничный – предназначен для подъема и спуска больных, в том числе и на специальных транспортных средствах в сопровождении медперсоналом; грузовой – предназначен для подъема и спуска грузов; грузовой малый – для подъема и спуска небольших грузов с размерами кабины, исключающими возможность транспортировки людей; специальный (нестандартный) – предназначенный для особых условий применения и изготавливаемый по специально разработанным Техническим условиям.

По типу привода подъемного механизма: лифты электрические с приводом от электродвигателя переменного или постоянного тока: лифты гидравлические с приводом в виде подъемного гидроцилиндра или лебедки с гидродвигателем вращательного типа.

По конструкции механизма передачи движения кабине: лифты канатные, кабина которых перемещается посредством тяговых канатов лебедки; лифты цепные,

реечные и винтовые, в которых движение кабины осуществляется посредством тяговых цепей, системы винт-гайка или приводная шестерня-зубчатая рейка.

По способу передачи движения от канатоведущего органа лебедки тяговым канатам: лифты с барабанной лебедкой; лифты с канатоведущим шкивом (КВШ).

По способу воздействия канатов на кабину: лифты с верхней канатной подвеской кабины и выжимные, в которых тяговые канаты охватывают кабину снизу.

По схеме запасовки тяговых канатов: лифты с прямой, с полиспастной подвеской кабины и с канатным мультипликатором.

По расположению машинного помещения различаются лифты: с верхним или нижним машинным помещением.

По конструкции привода лебедки: лифты с редукторным и безредукторным приводом лебедки.

По величине скорости подъема кабины: лифты тихоходные – при скорости кабины до 1 м/с; лифты быстроходные – при скорости кабины с 1,4 до 2 м/с; скоростные – при скорости движения кабины 2 м/с и более.

По точности остановки кабины: лифты с системой точной остановки и без системы точной остановки.

Кинематические схемы лифтов.

Схема запасовки канатов, согласно принятой в лифтостроении терминологии, называется кинематической схемой лифта.

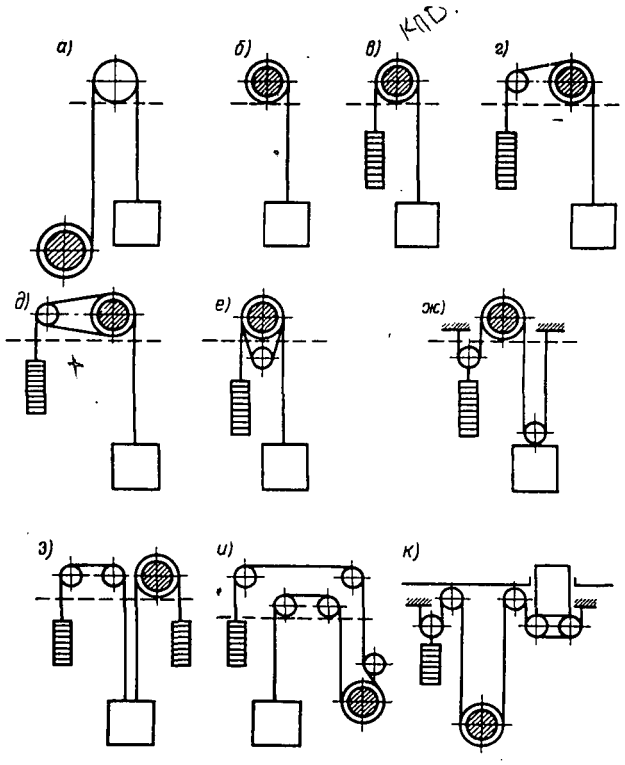


Рис.1.1. Кинематические схемы лифтов

На кинематических схемах приняты следующие обозначения: канатоведущий орган изображается окружностью с заштрихованной средней частью, отклоняющие блоки и контршкив – кружком малого диаметра без штриховки, кабина – большим прямоугольником, противовес – узким прямоугольником с поперечной штриховкой, подъемные канаты – прямой линией независимо от числа их параллельных ветвей.

Характерные кинематические схемы лифтов приведены на рис. 1.1.

Разнообразие вариантов кинематических схем отражает тот факт, что каждая из них обладает специфическими преимуществами.

Схемы с барабанным канатоведущим органом (рис.1.1*а,б*) применяются при небольшой высоте подъема, так как она лимитируется ограниченной канатоемкостью барабана. Их применение целесообразно в специальных лифтах повышенной грузоподъемности при небольшой высоте подъема и в тех случаях, когда по условиям установки размещение противовеса лифта практически невозможно.

Барабанный канатоведущий орган может применяться и при наличии противовеса и подвеске кабины на 1 или 2 канатах (рис.1.1*в, г*), однако каких-либо преимуществ по сравнению с КВШ не имеет.

Неотъемлемой частью большинства кинематических схем лифта является противовес (рис.1.1*в–к*).

Применение противовеса обусловлено двумя основными причинами: экономия энергии за счет уравновешивания силы тяжести кабины и части массы груза и обеспечение достаточных сил сцепления канатов с ободом шкива в лебедках с КВШ.

Наилучшими технико-экономическими показателями обладают лифты с верхним машинным помещением (рис.1.1*б–з*).

Преимущества верхнего машинного помещения: уменьшается нагрузка от подъемных канатов на несущие конструкции здания (или каркас шахты); уменьшается необходимая длина и увеличивается долговечность канатов; увеличивается КПД подъемного механизма; снижается стоимость лифта.

Схема с прямой подвеской кабины и противовеса (рис.1.1*в*) является наиболее простой и целесообразной для лифтов с верхним машинным помещением. Она обеспечивает наиболее высокий КПД подъемного механизма и долговечность канатов, так как исключается их перегиб на отклоняющих блоках.

При больших габаритах кабины, для обеспечения свободы перемещения противовеса, со стороны противовесной ветви канатов устанавливается отводной блок (рис.1.1*г*). Отводной блока позволяет устанавливать лебедку в лифтах с различными поперечными размерами кабин. Наличие отводного блока позволяет уменьшить размеры и массу КВШ ценой некоторого уменьшения угла обхвата КВШ канатом и, связанного с этим, снижения его тяговой способности.

Для компенсации этого недостатка применяется схема с контршкивом, обеспечивающим двойной обхват КВШ канатами и одновременно выполняющим роль отводного блока (см. рис.1.1*д*). Однако, дополнительный перегиб канатов на контршкиве снижает их долговечность.

Схема с контршкивом, расположенным под КВШ, применяется при небольших габаритах кабины и повышенной грузоподъемности лифта (рис.1.1*е*).

Схема с полиспастной подвеской кабины применяется в тех случаях, когда, по соображениям унификации, одна и та же лебедка используется в лифтах различной грузоподъемности или при необходимости увеличения грузоподъемности лифта (рис.1.1*ж*).

Схема с кабинным противовесом (рис.1.1*з*) применяется в тех случаях, когда необходимо несколько уменьшить требуемое окружное усилие КВШ и, тем самым, исключить возможность проскальзывания канатов.

Схема с нижним машинным помещением (рис.1.1*а, и, к*) облегчает эксплуатацию, ремонт лифтового оборудования и существенно снижает уровень структурного шума в несущих конструкциях здания.

К недостаткам схем лифта с нижним машинным помещением следует отнести необходимость в дополнительном блочном помещении, расположенном над шахтой; уменьшение долговечности канатов и увеличение их количества; повышение нагрузки на конструкцию здания и увеличение капитальных затрат. Поэтому, схемы с нижним машинным помещением не получили широкого распространения. Они используются в конструкции выжимных (тротуарных) лифтов и в тех случаях, когда необходимо снизить уровень шума в зданиях и сооружениях.

Техническая характеристика лифтов

Основными параметрами технической характеристики лифта являются: **грузоподъемность, скорость** движения и **высота подъема** кабины. Они регламентируются Государственными Стандартами (ГОСТ) на конкретный тип оборудования: «Лифты пассажирские обычные. Основные параметры и размеры», «Лифты больничные. Основные параметры и размеры» и т. п.

Грузоподъемность лифта определяется величиной массы наибольшего расчетного груза без учета массы кабины и постоянно расположенных в ней устройств. Величина грузоподъемности определяется из ряда стандартных значений, регламентируемых ГОСТ в зависимости от назначения лифта.

Площадь пола кабины лифтов самостоятельного пользования определятся в зависимости от его грузоподъемности по табл.1 ПУБЭЛ. [ ].

Допускается применение кабин с увеличенной площадью пола, если в кабине устанавливается дополнительная перегородка с дверью, запираемой специальным ключом. Запирание двери перегородки должно контролироваться конечным выключателем.

Поскольку условия эксплуатации лифтов могут быть различными, и лифт может перевозить грузы различной массы и габаритов ГОСТ предусматривает ряд типоразмеров кабин для одной и той же грузоподъемности.

Лифты с увеличенной площадью пола кабины должны оборудоваться устройствами контроля и индикации 10% перегрузки.

Вместимость кабины лифта определяется в зависимости от ее грузоподъемности:

$$E = \frac{Q}{Q_{\text{п}}} \qquad (1.1)$$

где Q - масса расчетного груза кабины, кГ; $Q_{\text{п}} = 80$ кГ - расчетная масса пассажира, кГ.

Номинальная скорость кабины является скоростью установившегося движения кабины в нормальных условиях эксплуатации. Ее величина назначается из стандартного ряда величин: 0,25; 0,5; 0,71; 1; 1,4; 1,6; 2; 2,8; 4, 5,6; 7; 8 м/с.

Расчетная величина скорости обосновывается результатами расчета вертикального транспорта.

Максимальное значение скорости кабины имеет не только технико-экономическое, но и чисто физиологическое ограничение. При скорости кабины 4 и более м/с быстрое изменение барометрического давления при изменении высоты оказывает неблагоприятное воздействие на сердечно-сосудистую систему и слуховой аппарат человека, вызывая у него неприятные ощущения.

Остановочная скорость - скорость, при которой включается механизм обеспечения требуемой точности остановки.

Ревизионная скорость - скорость, при которой обслуживающий персонал осматривают оборудование шахты лифта с крыши движущейся кабины. Для лифтов,

имеющих номинальную скорость до 0,71 м/с допускается ревизия при движении вниз с номинальной скоростью.

Предельная скорость - это скорость кабины при срабатывании ограничителя скорости механизма включения ловителей.

Расчетная высота подъема определяется архитектурно-планировочным решением конструкции здания, но не может расти неограниченно, так как с увеличением высоты подъема заметно уменьшается полезный объем помещений в связи с размещением лифтового оборудования. Потери полезного объема высотных зданий может достигать 30% .

Производительность лифта является весьма важным параметром лифта, зависящим от грузоподъемности, скорости, высоты подъема, характеристик пассажиропотока, схемы организации межэтажных перевозок и т.п. Она обычно определяется количеством пассажиров или массой груза транспортируемых за один час работы.

1.4. Общие требования к конструкции и параметрам лифтов

Безопасность применения и надежность работы - основополагающие требования, на которых базируется проектирование, изготовление и эксплуатация лифтового оборудования. Эти требования нашли отражения в ПУБЭЛ, ГОСТ и Технических условиях на проектирование лифтов.

Наряду с указанными, к лифтам предъявляются следующие дополнительные требования: точность остановки относительно уровня этажной площадки; плавность движения кабины при разгоне и торможении; комфортабельность условий транспортировки пассажиров; общедоступность пользования лифтом; бесшумность работы; допустимый уровень электромагнитных помех работе систем радиосвязи и телевидения.

Точность остановки кабины определяется величиной разности отметок пола кабины и пола этажной площадки. Порог, образующийся в результате неточности остановки, представляет опасность для пассажиров и затрудняет погрузо-разгрузочные работы с применением напольного транспорта или монорельсовой системы загрузки кабины.

Неточность остановки определяется зависимостью тормозного пути кабины от массы груза и направления движения в момент торможения.

При торможении поднимающейся груженой кабины, остановка произойдет несколько ниже порога разгрузочной площадки, тогда как порожняя кабина пройдет больший путь и остановится выше этого уровня. При движении вниз будет наблюдаться обратная картина.

Шунты датчика точной остановки кабины устанавливаются на таком расстоянии, чтобы разница уровней пола кабины и этажной площадки была одинаковой при остановке груженой и порожней кабины при ее движении в одном направлении. Схематически это показано на рис.1.2.

Точностью остановки принято оценивать величиной полуразности тормозных путей кабины при движении в одном направлении с грузом и порожняком:

$$\text{при движении вниз - } \Delta = \pm\frac{h_г - h_п}{2}\text{, при движении вверх - } \Delta = \pm\frac{h_п - h_г}{2}, \qquad (1.2)$$

где $h_п$, $h_г$ - тормозной путь порожней и груженой кабины, соответственно.

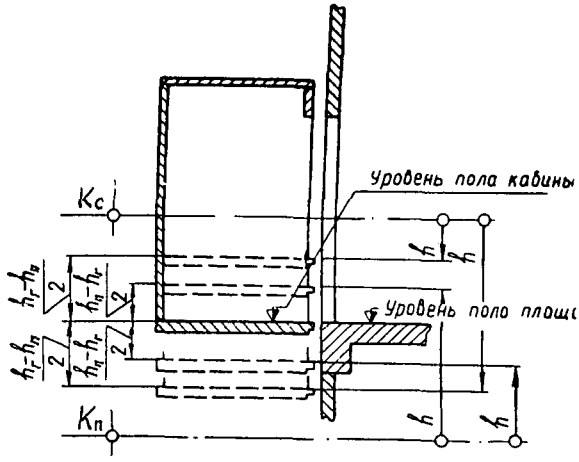


Рис.1.2. Схема к определению точности остановки кабины $k_п$, k_c – точка начала торможения кабины при подъеме и спуске

Согласно рекомендации ПУБЭЛ точность остановки кабины должна выдерживаться в пределах, не превышающих: для больничных лифтов и грузовых лифтов с монорельсом ±15 мм; для остальных – ±50 мм. При использовании управляемого привода переменного трехфазного тока и привода постоянного тока достигается значительно большая точность остановки.

Плавность движения кабины количественно определяется уровнем ускорения при разгоне и торможении подъемного механизма.

По нормам ПУБЭЛ максимальная величина ускорения (замедления) кабины в нормальных эксплуатационных режимах не должна превышать следующих значений: для больничных лифтов – 1 м/с^2; для лифтов других типов – 2 м/с^2.

Максимальная величина замедления при остановке кабины нажатием кнопки «СТОП» – не должна превышать 9,81 м/с^2.

При посадке кабины на ловители или буфер в аварийных ситуациях допускаются ускорения до 25 м/с^2.

Эффект физиологического воздействия ускорений существенно зависит от времени их действия. Так, при времени действия ускорений менее 0,04 с, человеческий организм удовлетворительно переносит ускорения около 30–40 м/с^2. Поэтому ПУБЭЛ допускает кратковременное превышение ускорений замедления кабины.

Комфортабельность условий перевозки пассажиров определяется минимальной величиной времени ожидания лифта на посадочной площадке, плавностью и точностью остановки, отсутствием шума и вибрации в кабине, наличием хорошей вентиляции салона и достаточной освещенности.

Улучшение комфортабельности способствует красивая отделка кабины с хорошо продуманной гаммой цветов, создающей эффект увеличения объема салона кабины.

Общедоступность пользования лифтом предполагает наличие достаточно простой и понятной системы управления движением из кабины и этажных площадок, не требующей специальной подготовки пассажиров всех возрастных групп.

Бесшумность работы лифта обеспечиваются рядом мер по снижению уровня шума и предотвращению его распространения по несущим конструкциям здания. С этой целью, лебедка лифта и другие узлы оборудования лифта устанавливаются на амортизаторы и к их конструкции предъявляются повышенные требования относительно уровня шума и вибрации. Эти требования должны учитываться при проведении монтажных, профилактических и ремонтных работ.

Техническими условиями на проектирование лифтов регламентируется также предельно допустимый уровень шума в помещениях, расположенных рядом с лифтом. Соответствующие нормативные данные зависят от назначения и технологии использования соответствующего здания.

Снижение уровня электромагнитных помех может быть гарантировано хорошим качеством экранировки источников помех электрооборудования лифта и установкой высокочастотных фильтров во вводном устройстве электрической силовой цепи питания лифта.

1.5. Устройство, компоновка и взаимодействие узлов лифта

Основу конструкции лифта составляет механизм подъема на основе применения лебедки или гидроцилиндра с канатной системой передачи движения кабине.

Пассажиры и грузы перемещаются в специально-оборудованной кабине с закрываемыми дверями, которые имеют блокировочные устройства, исключающими возможность движения при открытых створках.

Для центрирования кабины (противовеса) в горизонтальной плоскости и исключения поперечного раскачивания во время движения, применяются направляющие, устанавливаемые на всю высоту шахты лифта.

Направляющие обеспечивают возможность торможения кабины (противовеса) ловителями при аварийном превышении скорости и удерживают ее до момента снятия с ловителей.

Пространство, в котором перемещается кабина и противовес ограждается на полную высоту и называется шахтой.

На погрузочных площадках обслуживаемых этажей шахта имеет автоматически запираемые двери с блокировками безопасности.

Помещение, в котором устанавливается подъемная лебедка и другое необходимое оборудование, называется машинным помещением.

При нижнем расположении машинного помещения и, в некоторых других случаях, над шахтой устанавливаются отводные блоки в специальном блочном помещении.

Часть шахты, расположенная ниже уровня нижней посадочной площадки, образует приямок, в котором размещаются упоры или буферы, ограничивающие ход кабины (противовеса) вниз и останавливающие с допустимым ускорением замедления.

Для предотвращения аварийного падения кабины (противовеса) лифт оборудуется автоматической системой включения ловителей от ограничителя скорости, срабатывающей при аварийном превышении скорости.

Ловители устанавливаются по боковым сторонам каркаса кабины (противовеса) и приводятся в действие канатом, охватывающим шкив ограничителя скорости.

В приямке устанавливается натяжное устройство ограничителя скорости.

Ограничитель скорости может устанавливаться в машинном, блочном помещении; на кабине и противовесе.

Срабатывание ограничителя скорости приводит к торможению каната ограничителя скорости и включению ловителей.

Станция управления работой лифта, приборы и аппараты находятся в машинном помещении.

Соединение электрического оборудования кабины со станцией управления обеспечивается посредством подвесного кабеля и жгута проводов, смонтированного в шахте.

Датчики замедления, шунты датчика точной остановки и устройства контроля шахтных дверей также устанавливаются в шахте.

При наличии копираппарата основные элементы контроля положения кабины входят в состав его конструкции, а в шахте располагается бесконечная перфорированная лента его приводного шкива.

Схема типовой конструкции пассажирского лифта приведена на рис.1.3.

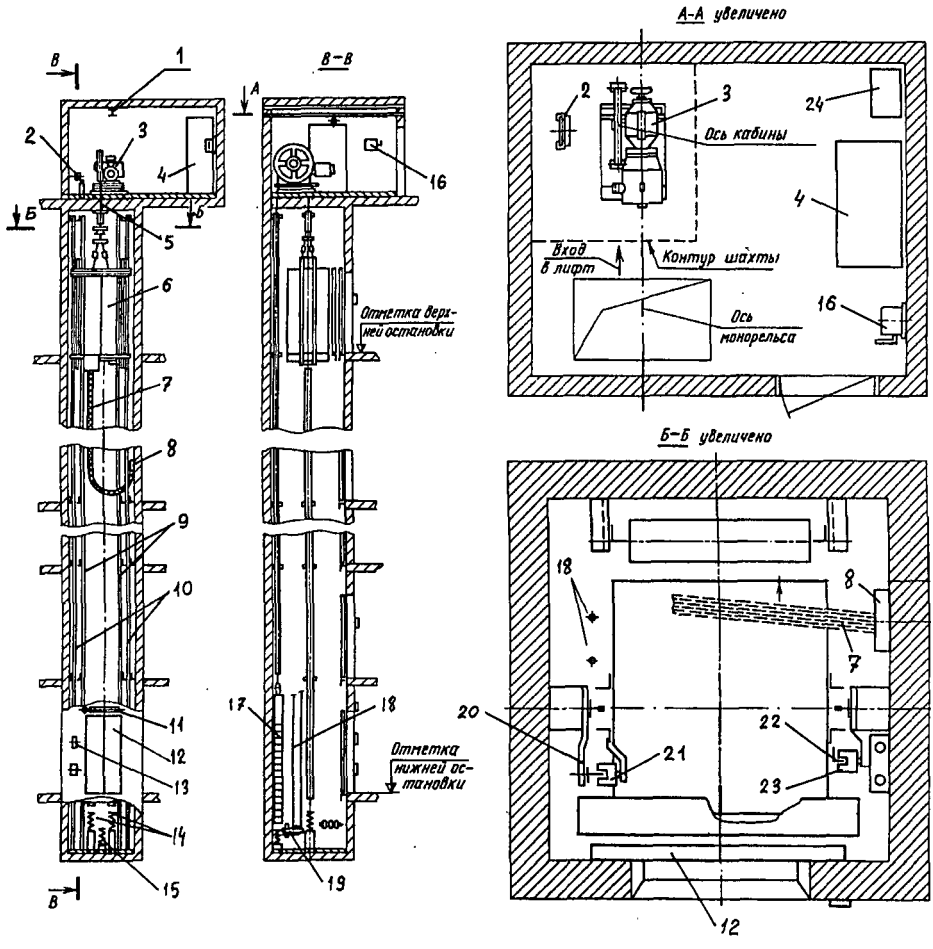


Рис.1.3. Общий вид пассажирского лифта

1 – монорельс; *2* – ограничитель скорости; *3* – лебедка; *4* – станция управления; *5* – тяговые канаты; *6* – кабина; *7* – подвесной кабель; *8* – клемная коробка; *9* – направляющие противовеса; *10* – направляющие кабины; *8* – подвесной кабель; *11* – индикатор положения кабины; *12* – дверь шахты; *13* – вызывной аппарат; *14* – пружинный буфер кабины; *15* – пружинный буфер противовеса; *16* – вводное устройство; *17* – противовес; *18* – канат ограничителя скорости; *19* – натяжное устройство каната ограничителя скорости; *20* – шунт датчика точной остановки; *21* – датчик точной остановки; *22* – шунт датчика замедления; *23* – датчик замедления кабины; *24* – понижающие трансформаторы

Приведенная выше типовая конструкция пассажирского лифта не является единственно возможным решением.

В зависимости от назначения, скорости передвижения кабины и типа привода конструктивные решения могут отличаться большим разнообразием.

Так для скоростных лифтов характерно наличие безредукторного привода КВШ от тихоходного двигателя постоянного тока и применение гидробуферов вместо пружинных.

При больших скоростях в кабине применяется принудительная система вентиляции, создающая в салоне небольшое избыточное давление.

Отличительные особенности имеет конструкция ограничителя скорости и ловителей скоростного лифта.

На конструкции лифта оказывает влияние и расположение машинного помещения.

При нижнем машинном помещении в верхней части шахты оборудуется дополнительное блочное помещение (рис.11.2).

Больничные лифты оборудуются глубокими кабинами и приводом, обеспечивающим повышенную точность остановки и плавность хода кабины.

Жесткая конкуренция ведущих лифтостроительных фирм стимулирует поиск новых прогрессивных решений не только в части совершенствования основных функциональных узлов, но и в решении задач компоновки и размещения лифтового оборудования.

Характерным примером отмеченной тенденции может служить, разработанный финской фирмой KONE выжимной пассажирский лифт MonoSpace без машинного помещения (рис.1.4).

Такое необычное решении компоновки лифта стало возможным благодаря разработанной фирмой KONE компактной безредукторной лебедки с дисковым частотно регулируемым приводом переменного тока EcoDisc (конструкция этой лебедки рассмотрена ниже).

Лебедка закрепляется на направляющей кабины в шахте в зоне верхней этажной площадки. Ее техническое обслуживание может производиться с крыши кабины.

Станция управления смонтирована в передней стенке ограждения шахты рядом с шахтной дверью.

Предложенная фирмой KONE конструкция лифта позволяет получить существенную экономию капитальных затрат за счет отсутствия машинного помещения, снижения трудоемкости производства, монтажа и технического обслуживания.

В малоэтажных жилых зданиях массовой и индивидуальной застройки в США, Японии и в других странах широко применяются гидравлические лифты плунжерного типа (рис.1.5).

Характерной особенностью гидравлического лифта плунжерного типа является отсутствие специального машинного помещения. Для установки насосного гидроагрегата и станции управления достаточно небольшого закрываемого помещения.

Наличие канатного мультипликатора позволяет обеспечить достаточную высоту подъема кабины при относительно небольшом рабочем перемещении плунжера гидроцилиндра. Головка плунжера с блоками мультипликатора перемещается по специальным направляющим для исключения перекосов и заклинивания в плунжерной паре.

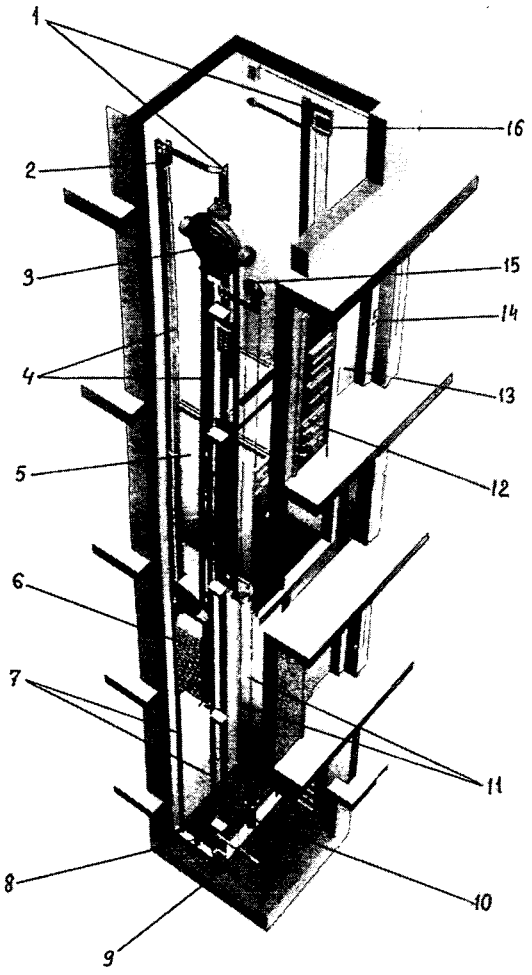


Рис.1.4. Общий вид пассажирского лифта MonoSpace без машинного помещения

1 – направляющие кабины; *2*, *16* – подвеска неподвижной части тяговых канатов; *3* – безредукторная лебедка с дисковым асинхронным двигателем; *4* – тяговые канаты; *5* – кабина; *6* – противовес; *7* – направляющие противовеса; *8* – буфер противовеса;
9 – натяжное устройство каната ограничителя скорости; *10* – буфер кабины; *11* – канат ограничителя скорости; *12* – станция управления; *13* – дверь шахты; *14* – аппарат вызова; *15* – ограничитель скорости

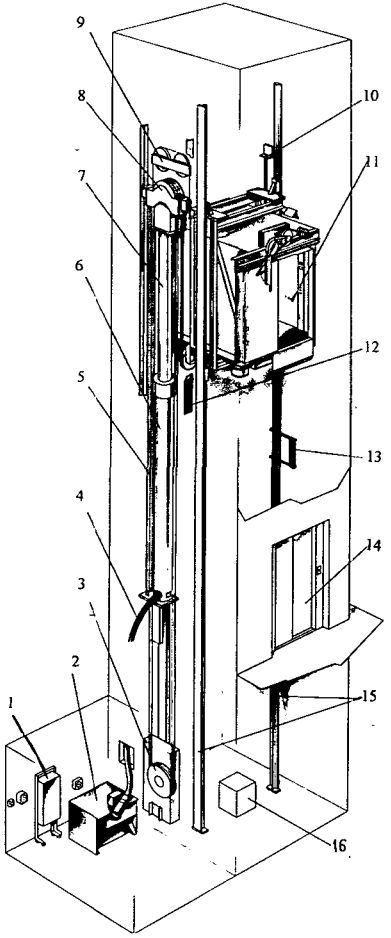


Рис.1.5. Общий вид гидравлического лифта

1 – станция управления; *2* – гидроагрегат; *3*, *8* – неподвижные и подвижные блоки мультипликатора; *4* – напорный гидропровод; *5* – тяговые канаты; *6* – подъемный гидроцилиндр; *7* – плунжер; *9* – неподвижные блоки каната конечного выключателя; *10* – подвеска неподвижной части тяговых канатов; *11* – кабина; *12* – натяжной груз каната конечного выключателя; *13* – шунт датчика замедления кабины; *14* – дверь шахты; *15* – жесткий упор кабины

ГЛАВА 2

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Расчет вертикального транспорта зданий и сооружений производиться с целью определения параметров и необходимого количества лифтов, гарантирующих требуемый уровень качества лифтового обслуживания.

Расчет вертикального транспорта выполняется без учета чрезвычайных ситуаций, связанных с пожарами, землетрясениями и другими стихийными бедствиями.

Качество лифтового обслуживания оценивается по пятибалльной системе в зависимости от величины интервала подхода кабин к этажной площадке.

Проектный вариант системы вертикального транспорта окончательно выбирается на основе комплексного анализа альтернативных решений по технико-экономическим критериям.

Необходимость решения транспортной задачи в высотных зданиях оказывает существенное влияние на архитектурные формы и планировку помещений.

Ниже приводится упрощенная методика расчета, не претендующая на исчерпывающий учет многочисленных факторов.

Расчет производится при следующих исходных данных: высота подъема лифта, число обслуживаемых этажей и заселенность, показатель расчетной интенсивности пассажиропотока; требования к уровню транспортной комфортности; ГОСТы и Нормативно-техническая документация.

Расчет вертикального транспорта использует следующие дополнительные понятия и определения:

- круговой рейс - путь кабины лифта от основной посадочной площадки до возвращения на тот же этаж;
- время кругового рейса - время, затрачиваемое кабиной на совершение кругового рейса с учетом затрат времени, связанных с пуском лифта, остановками, открыванием и закрыванием дверей, входом и выходом пассажиров.
- интервал - промежуток времени между последовательными подходами кабины лифта к этажной площадке при движении в требуемом направлении;
- число возможных остановок - число этажных площадок, на которых лифт может остановиться;
- число вероятных остановок - математическое ожидание случайной величины числа остановок по приказам и вызовам пассажиров;
- вероятная высота подъема - математическое ожидание случайной величины высоты подъема по приказам и вызовам пассажиров.

2.1. Расчет производительности и необходимого числа лифтов

Загрузка лифтового оборудования зданий и сооружений изменяется во времени по случайному закону.

В зависимости от типа и назначения здания загрузка в течении дня может иметь характерные всплески интенсивности.

В зданиях административного назначения и учебных заведениях график работы и расписание учебных занятий предопределяет характерные всплески интенсивности пассажиропотоков в начале и конце рабочего дня (рис.2.1) [10, 29, 49].

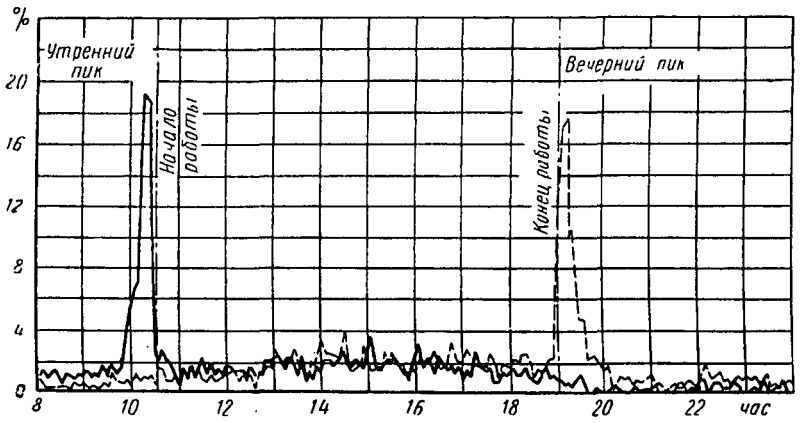


Рис.2.1. Графики изменения пассажиропотоков в административном здании

В жилых домах массовой застройки утренние и вечерние всплески интенсивности пассажиропотоков менее четко выражены.

Величину пассажиропотока принято определять числом пассажиров, следующих в одном направлении в расчетную единицу времени.

Для сравнения интенсивности пассажиропотоков в зданиях различного назначения служит показатель интенсивности 5 минутного потока, выражаемый в % от общего количества людей, пользующегося лифтом.

Принимаются следующие усредненные показатели интенсивности 5 минутного пассажиропотока: жилые дома массовой застройки - 3-6%; гостиницы - 7-15%; административные здания - 14-20%; здания и сооружения общественного назначения - 15-20%; учебные заведения - 20-35%.

Расчет вертикального транспорта в жилых, административных зданиях и гостиницах производится для условия двустороннего пассажиропотока с учетом характера размещения лифтового оборудования и наличия экспрессных зон (часть высоты здания, где кабина движется без остановок) лифтового обслуживания.

Рассмотрим методику расчета вертикального транспорта на примере жилого здания средней этажности при двустороннем пассажиропотоке.

1) Величина расчетного пятиминутного пассажиропотока при неравномерной заселенности этажей

$$A_5 = \sum_{2}^{n} a_i \cdot \frac{I}{100} \text{ чел/5 мин.} \qquad (2.1)$$

где a_i - заселенность i-ого этажа здания; I - расчетная интенсивность пятиминутного пассажиропотока, % ; n - число этажей обслуживаемых лифтом.

Заселенность первого этажа в расчет не принимается.

2) Расчетный часовой пассажиропоток

$$A_p = 12 \cdot K \cdot A_5 \text{ чел/час,} \qquad (2.2)$$

где K - коэффициент, учитывающий нерегулярность пассажиропотока, связанную с заболеванием людей и отпусками (принимается 0,8 - 0,9).

3) Расчетный приведенный часовой пассажиропоток при движении кабины:

на подъем $A_{\text{п}} = 0{,}66 \cdot A_{\text{р}}$ чел/час; на спуск $A_{\text{с}} = 0{,}34 \cdot A_{\text{р}}$ чел/час. (2.3)

4) По исходным данным определяется категория качества лифтового обслуживания (пятибалльная системе оценки) и соответствующее ей значение величины интервала $t_{\text{н}}$. Она принимается по специальным таблицам в диапазоне от 25 до 90 с в зависимости от степени престижности здания и оценки качества лифтового обслуживания.

5) Определяется расчетная скорость кабины лифта в зависимости от высоты подъема

$$V = \frac{H}{20 \div 30} \text{ м/с}. \tag{2.4}$$

Полученное значение скорости округлить до ближайшего, рекомендуемого ГОСТ для соответствующего типа лифта.

6) Расчетная вместимость кабины определяется в зависимости от принятого интервала с учетом интенсивности приведенного потока на подъем и спуск

$$\text{на подъем - } E_{\text{п}} = \frac{A_{\text{п}} \cdot t_{\text{и}}}{3600} \text{ чел.; на спуск - } E_{\text{с}} = \frac{A_{\text{с}} \cdot t_{\text{и}}}{3600} \text{ чел.} \tag{2.5}$$

По каталогу изготовителя лифтов и большей величине расчетной вместимости выбирается фактическое значение вместимости кабины E.

7) Время кругового рейса кабины

$$T = \frac{2 \cdot H_{\text{в}} + h \cdot (N_{\text{п}} + N_{\text{с}} + 1)}{V} + K_t \cdot [t_0 \cdot (N_{\text{п}} + N_{\text{с}} + 1) + t_{\text{п}}] \text{ с}, \tag{2.6}$$

где $H_{\text{в}}$, м - вероятная высота подъема кабины лифта; h, м - путь движения кабины с неустановившейся скоростью при разгоне и замедлении; $N_{\text{п}}$, $N_{\text{с}}$ - число вероятных остановок кабины при подъеме и спуске; V, м/с - расчетная скорость установившегося движения кабины; K_t, - коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени; t_0, сек - затраты времени на ускорение, замедление и пуск лифта, на открытие и закрывание дверей кабины; $t_{\text{п}}$, сек - затраты времени на вход и выход пассажиров.

Расчет входящих в формулу 2.6 величин производится следующим образом.

Величина вероятной высоты подъема

$$H_{\text{в}} = (0{,}7 \div 0{,}9) \cdot H, \text{ м}, \tag{2.7}$$

где большее значение соответствует случаю равномерного заселения этажей.

Величина пути разгона, замедления кабины и технических затрат времени зависит от грузоподъемности и скорости движения кабины: для пассажирского лифта грузоподъемностью 320 - 1000 кГ при скорости от 0,71 до 1 м/с $h = 1{,}5 \div 2{,}0$ м; $t_0 = 10 \div 12$с; для пассажирских лифтов со скоростью 1,4 м/с и 2 м/с $h = 3 \div 3{,}5$ м; $t_0 = 12 \div 14$ сек; при скорости 4 м/с $h = 9 \div 10$ м; $t_0 = 14 \div 16$ с.

Время входа и выхода пассажиров при движении вверх и вниз:

$$t_{\text{п}} = 2 \cdot E \cdot t_1 \cdot (\gamma_{\text{п}} + \gamma_{\text{с}}) \text{ сек}, \tag{2.8}$$

где $\gamma_{\text{п}} = 0{,}66 \div 0{,}8$ коэффициент заполнения кабины при движении на подъем; $\gamma_{\text{с}} = 0{,}34 \div 0{,}5$ коэффициент заполнения при спуске кабины; $t_1 = 0{,}8 + 2$ с время входа и выхода одного пассажира, зависящее от ширины дверного проема (меньшие значения соответствуют ширине проема 1000 и более мм, а большие - соответствуют ширине дверного проема меньше 1000 мм).

Коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени при работе лифта определяется в зависимости от назначения здания: $K_t = 1{,}05 \div 1{,}10$ для жилых зданий; $K_t = 1{,}10 \div 1{,}15$ для гостиниц.

Число вероятных остановок при подъеме и спуске кабины

$$N_n = N - N \cdot \left(\frac{N-1}{N}\right)^{\gamma_n E}, \tag{2.9}$$

$$N_c = N - N \cdot \left(\frac{N-1}{N}\right)^{\gamma_c E}, \tag{2.10}$$

где N – число возможных остановок кабины на этажных площадках; $\gamma_п$, $\gamma_с$ – величина коэффициента заполнения кабины при подъеме и спуске.

8) Производительность лифта при двустороннем пассажиропотоке

$$P = \frac{3600 \cdot (\gamma_п + \gamma_с)}{T} \text{ пас/час}. \tag{2.11}$$

9) Необходимое число лифтов

$$n = \frac{T}{t_и}. \tag{2.12}$$

10) Коэффициент использования производительности лифтов

$$K_р = \frac{A_р}{P \cdot n}. \tag{2.13}$$

Рекомендуемые значения этого коэффициента составляют: $K_р = 0{,}8 \div 1{,}0$.

2.2. Размещение лифтов в зданиях и сооружениях

Производительность лифтового оборудования зданий и сооружений определяется не только параметрами технической характеристики. Многое зависит от характера расположения лифтов в плане здания и системы управления их работой.

Лифты должны располагаться в здании с учетом потребностей людей и технологии его использования.

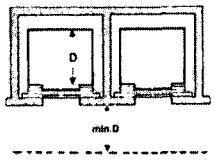
Расположение лифтов на производственных предприятиях должно соответствовать принятой схемы технологического процесса.

В торговых залах крупных супермаркетов лифты следует размещать так, чтобы посетители могли осмотреть торговые залы нижнего уровня на пути к лифтовому холлу.

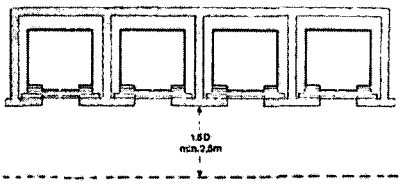
В зданиях с большими пассажиропотоками и повышенной этажности предпочтительно центральное расположение группы лифтов.

На рис.2.2. приведены варианты схем размещения лифтов в плане здания, рекомендованные Финской фирмой КОНЕ для зданий различного назначения.

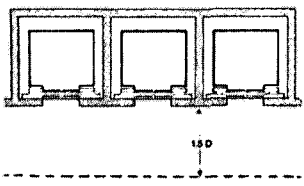
Групповое размещение лифтов позволяет повысить качество лифтового обслуживания при существенной экономии капитальных затрат за счет использования общего машинного помещения. При этом значительно снижаются затраты на проведение ремонтно-восстановительных работ и техническое обслуживание.



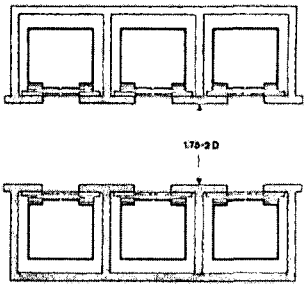
Группа из двух лифтов, рекомендуется



Четыре лифта, рекомендуемая группировка



Группа из трех лифтов



Шесть лифтов

Рис.2.2. Типовые схемы размещения лифтов в плане здания, где B – глубина кабины

При групповом размещении лифтов размеры лифтовых холлов этажных площадок определяются с учетом принятой схемы и глубины кабины лифта.

Общее машинное помещение оборудуется единой системой вспомогательных грузоподъемных устройств с подвесным монорельсом.

В зданиях повышенной этажности с небольшими поперечными размерами, в целях увеличения полезной площади применяется схема наружной установки лифтов в виде конструкции приставных лифтов с ограждением прозрачным экраном либо в виде системы лифтов, кабины которых движутся в специальных углублениях наружных стен здания (рис.2.3).

Применение микропроцессорного управления, наряду с выбором рациональной схемы группового размещения лифтов, позволяет оптимизировать процесс транспортировки пассажиров. При этом обеспечивается минимальный интервал и заметно снижается расход энергии.

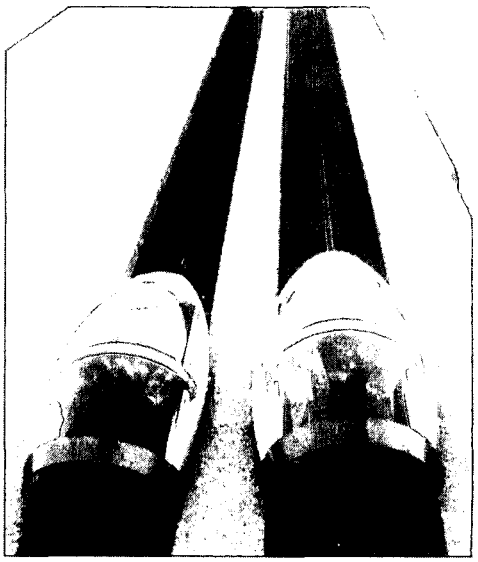


Рис.2.3. Общий вид наружной установки лифтов

ГЛАВА 3

МЕХАНИЗМЫ ПОДЪЕМА ЛИФТОВ

3.1. Требования, предъявляемые к конструкции, и общая характеристика механизмов подъема

Основу механизма подъема современного лифта составляет канатная система передачи движения кабине (противовесу) и устройства привода перемещения канатов в виде лебедки или гидроцилиндра с блоком на концевой части штока (рис.1.5).

Наибольшее распространение в нашей стране и за ее пределами получили электрические лифты с канатными лебедками различного конструктивного исполнения.

В целях обеспечения безопасности применения лифта к лифтовым лебедкам предъявляется ряд специфических требований [44].

Конструкция лебедки должна быть рассчитана на нагрузки, действующие в эксплуатационных, испытательных и аварийных режимах.

В качестве лебедки лифта не допускается использование электрической тали.

Между канатоведущим органом лебедки и тормозом должна быть неразмыкаемая кинематическая связь.

Лебедка должна оборудоваться автоматически действующим нормально-замкнутым колодочным тормозом.

Тормозной момент должен создаваться при помощи пружин или груза.

Не допускается применение ленточных тормозов.

В безредукторных лебедках, при отсутствии в электроприводе системы удержания неподвижной кабины за счет момента электродвигателя, должно устанавливаться два тормоза.

Допускается применение одного двухколодочного тормоза, состоящего из двух независимых систем торможения, каждая из которых состоит из тормозной колодки, пружины (груза) и растормаживающего электромагнита.

Тормозной момент, создаваемый каждой колодкой, должен обеспечивать удержание кабины с расчетным грузом.

Свободные концы вращающихся валов должны быть ограждены от случайного прикосновения.

Лебедка должна оборудоваться системой ручного привода движения кабины с помощью штурвала постоянно закрепленного на валу или съемного.

В конструкции лебедки должно быть установлено устройство ручного отключения тормоза с самовозвратом в заторможенное состояние после прекращения ручного воздействия.

В безредукторной лебедке подключение системы ручного привода должно контролироваться специальным выключателем.

На лебедке должно быть указано направление вращения штурвала для подъема и спуска кабины лифта.

Усилие ручного воздействия на штурвал не должно превышать 235 Н при подъеме кабины с расчетным грузом.

При снятии кабины с ловителей с помощью ручного привода прикладываемое усилие не должно превышать 640 Н.

Лебедка с КВШ должна комплектоваться приспособлением, позволяющим прижимать канаты к ободу с усилием достаточным для подъема кабины с грузом без учета разгружающего действия противовеса. Приспособление должно обеспечивать возможность подъема противовеса без учета разгружающего действия силы тяжести массы кабины.

Достоинством плунжерного гидравлического лифта является возможность его применения без противовеса и использование сил тяжести для опускания кабины с постоянной скоростью с помощью соответствующей системой управления расходом масла, вытекающего из рабочего объема гидроцилиндра.

Такой лифт целесообразно использовать в малоэтажных зданиях массовой застройки и в специальных условиях применения, когда установка противовеса становится невозможной. В США около 50% парка лифтов для малоэтажных зданий имеют такую конструкцию.

В целях обеспечения безопасности применения плунжерного гидравлического лифта конструкция гидропривода должна отвечать следующим требованиям ПУБЭЛ.

Конструкция должна отвечать требованиям прочности и герметичности.

В гидросистеме необходимо наличие обратного клапана, предотвращающего обратный поток рабочей жидкости из гидроцилиндра через насос при отключенном приводном электродвигателе.

Должно быть предусмотрено устройство, обеспечивающее остановку кабины в любом месте шахты при прекращении подачи рабочей жидкости в гидроцилиндр или сливе из него при наличие груза в кабине на 50%, превышающий расчетную грузоподъемность.

В нагнетательном трубопроводе гидросистемы должен устанавливаться предохранительный клапан, открывающийся при нагрузке кабины на 50% и более превышающее расчетную грузоподъемность лифта.

Эксплуатационные характеристики лифта в определяющей степени зависят от конструкции и параметров подъемного механизма.

3.2. Сравнительная характеристика лифтовых лебедок различного конструктивного исполнения

Лебедки лифтов имеют конструкцию в значительной степени аналогичную конструкции электрореверсивных лебедок грузоподъемных машин производственного назначения. Их конструкция традиционно включает канатоведущий орган, редуктор, тормоз и электродвигатель, смонтированные на опорной раме. Однако конкретная реализация конструкции узлов лифтовой лебедки может иметь особенности, связанные со спецификой применения и назначением лифтового оборудования [42, 43].

Конструкция лифтовой лебедки должна обеспечивать: безопасность применения, надежность и безотказность работы; бесшумность и низкую виброактивность; допустимый уровень ускорений и требуемую точность остановки кабины. В целях снижения трудоемкости технического обслуживания и ремонтных работ конструкция лебедки должна иметь минимальную массу и габариты.

Разнообразие условий применения и широкий диапазон параметров эксплуатационных характеристик лифтов предопределяет и значительное разнообразие конструктивных решений лебедок.

Лифтовые лебедки можно классифицировать по следующему ряду характерных признаков.

По типу канатоведущего органа: барабанные и с канатоведущими шкивами (КВШ).

По характеру кинематической связи приводного двигателя с канатоведущим органом: редукторные и безредукторные.

По типу применяемого редуктора: с глобоидными и цилиндрическими червячными передачами; с планетарными и волновыми передачами.

По наличию системы точной остановки: с системой точной остановки; без системы точной остановки.

По типу привода: с электроприводом переменного или постоянного тока; с приводом от гидродвигателя вращательного типа.

Характерные кинематические схемы лифтовых лебедок с КВШ приведены на рис.3.1.

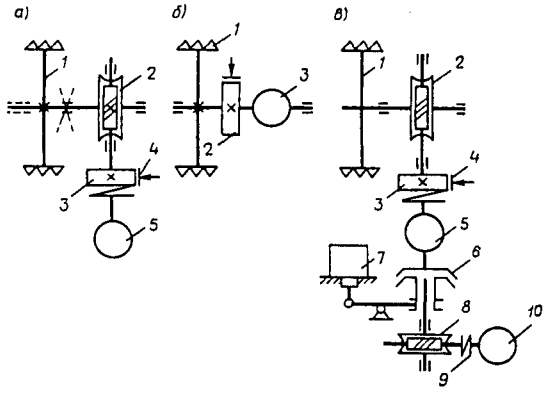


Рис.3.1. Кинематические схемы лифтовых лебедок с КВШ

а) с червячным редуктором; *1* – КВШ, *2* – редуктор червячный, *3* – соединительная муфта с тормозным шкивом, *4* – колодочный тормоз, *5* – электродвигатель; *б*) безредукторная лебедка скоростного лифта; *1* – КВШ, *2* – колодочный тормоз, *3* – тихоходный двигатель постоянного тока; *в*) лебедка с микроприводом; *1* – КВШ, *2* – редуктор червячный, *3* – соединительная муфта с тормозным шкивом, *4* – колодочный тормоз, *5* – основной двигатель привода лебедки, *6* – управляемая фрикционная муфта сцепления, *7* – электромагнит управления муфтой, *8* – редуктор микропривода, *9* – соединительная муфта, *10* – двигатель микропривода

Требования компактности делает целесообразным использование быстроходных электродвигателей в лебедках обыкновенных лифтов массового применения.

Для передачи движения от быстроходных двигателей к канатоведущим органам применяются зубчатые или более компактные червячные передачи.

Зубчатые передачи планетарного типа могут составить конкуренцию червячным по компактности и КПД, несомненно уступая им по уровню шума, виброактивности и стоимости изготовления.

В условиях применения, где не предъявляются жесткие требования по минимизации уровня шума, но необходима повышенная компактность и КПД, успешно используют лебедки с планетарными редукторами, встроенными в КВШ или выполненные в виде отдельного редуктора. Примером такой конструкции может служить лебедка отечественного производства с планетарным редуктором, встроенным в КВШ (рис.3.2). Приводной двигатель и колодочный тормоз на рис.3.2 не показаны.

В мировой и отечественной практике лифтостроения наибольшее распространение получили конструкции лебедок с червячными передачами и КВШ.

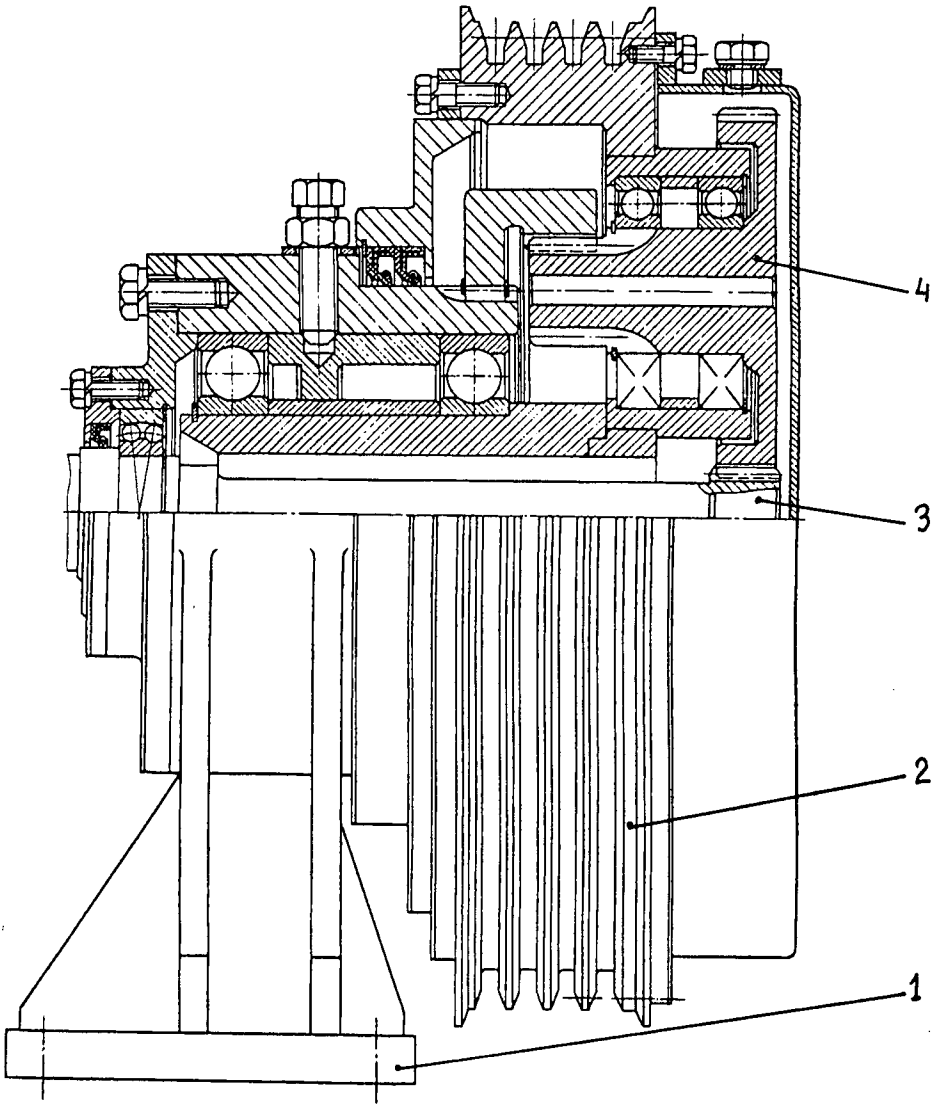


Рис.3.2. Лебедка с планетарным редуктором, встроенным в КВШ
1 – опора, *2* – КВШ, *3* – приводной вал редуктора, *4* – планетарный редуктор

КВШ может устанавливаться на тихоходном валу консольно (рис.3.1), на трехопорном или двухопорном валу с выносной опорной стойкой (вариант установки показан пунктиром на рис.3.1*а*).

Пролетная схема установка КВШ возможна в случае применения цилиндрической зубчатой передачи или червячного редуктора с цилиндрическим червяком.

При применении глобоидного червячного редуктора пролетная установка КВШ практически невозможна из-за чрезвычайно высокой чувствительности этого редуктора к точности сборки.

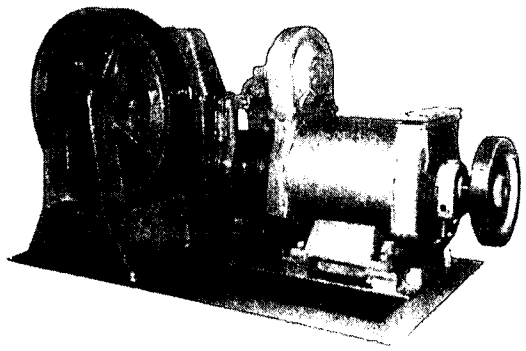


Рис.3.3. Общий вид лебедки с пролетной схемой установки КВШ

Характерным примером конструкции лифтовой лебедки с цилиндрической червячной передачей и пролетной установкой КВШ может служить лебедка фирмы КОНЕ (Финляндия) для грузового лифта грузоподъемностью 2000 кГ (рис.3.3). При трехопорной схеме установки КВШ сборку лебедки целесообразно производить в заводских условиях с соответствующим контролем точности. Практика применения таких лебедок показала, что снижение точности сборки может приводить к преждевременному разрушению тихоходного вала с весьма серьезными последствиями.

Пролетная установка КВШ обеспечивает большую устойчивость конструкции лебедки и позволяет уменьшить габариты подшипниковых узлов тихоходного вала редуктора.

При использовании глобоидных червячных передач, консольная установка КВШ является единственно возможным решением.

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция использования лебедок с отклоняющим блоком, позволяющим существенно уменьшить диаметр и массу КВШ.

Наличие отводного блока позволяет проще приспосабливать лебедку к лифтам с различным соотношением размеров кабины в плане.

Заметному снижению массы и габаритных размеров лебедки способствует применение высокооборотных электродвигателей и системы мотор – червяк.

Примером таких решений могут служить конструкция лебедок отечественного производства (АО КМЗ) (рис.3.4). Лебедки рассчитаны для работы с отводными блоками.

При нижнем расположении червяка обеспечиваются хорошие условия смазки, но возникают проблемы с утечкой масла через уплотнительные узлы червячного вала.

Заметному снижению массы и габаритных размеров лебедки способствует применение высокооборотных электродвигателей и системы мотор – червяк с верхним расположением червяка.

Верхнее расположение червяка исключает возможность утечки масла, но ухудшаются условия смазки в зацеплении при пуске после длительного бездействия лебедки. Этот недостаток частично компенсируется применением двигателя с повышенной частотой вращения ротора (рис.3.4*б*).

Весьма компактную конструкцию имеет лебедка с вертикальным расположением червяка, которая применяется фирмой ОТИС и производится совместным предприятием Щербинка-ОТИС (рис.3.5).

Вертикальная установка червяка обеспечивает хорошие условия смазки и заметно снижает влияние колебаний, обусловленных эксцентриситетом центра масс ротора двигателя, так как они действуют на канатную подвеску кабины в поперечном направлении, а поперечный модуль упругости канатов существенно меньше продольного. Поэтому колебания практически не передаются кабине.

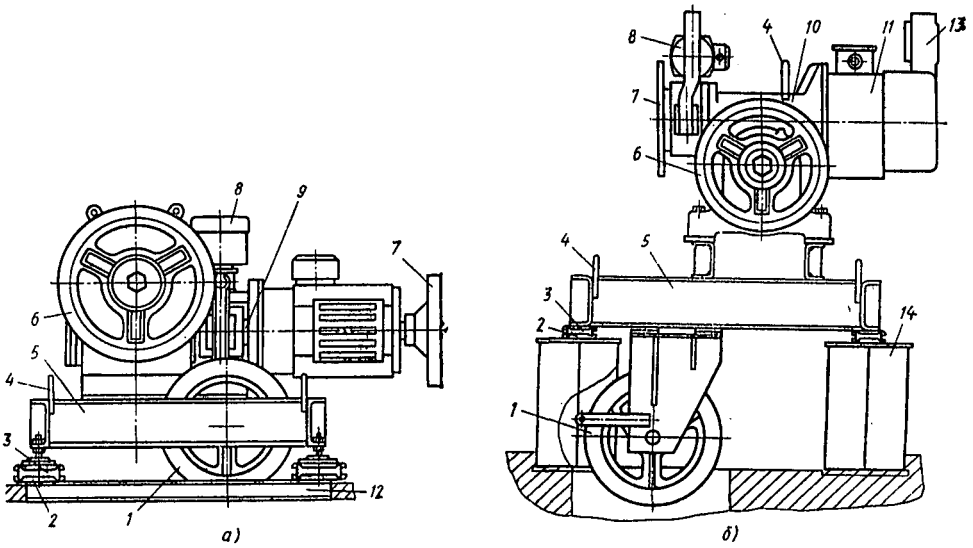


Рис.3.4. Лебедки с отводными блоком
а) с нижним расположением цилиндрического червяка; *б*) с верхним расположением системы мотор-червяк; *1* - отводной блок, *2* - чашка, *3* - амортизатор, *4* - скоба, *5* - рама, *6* - КВШ, *7* - штурвал, *8* - тормоз, *9* - муфта, *10* - редуктор, *11* - электродвигатель, *12* - подрамник, *13* - вентилятор, *14* - опорная стойка

В конструкции скоростных лифтов преимущественно применяются безредукторные лебедки с приводом от тихоходного двигателя постоянного тока (рис.3.6).

КВШ устанавливается непосредственно на валу тихоходного двигателя. Для фиксации неподвижного состояния кабины используется колодочный тормоз нормально-замкнутого типа. Остановка кабины с необходимой точностью и допустимым ускорением замедления обеспечивается работой управляемого двигателя. Недостатком применения подобной конструкции лебедки является ее высокая стоимость при несколько меньшей, чем у привода переменного ток, надежностью; значительная масса и габаритные размеры.

Основное достоинство заключается в возможности обеспечения высокой точности остановки и плавности хода кабины при любых номинальных значениях скорости ее передвижения.

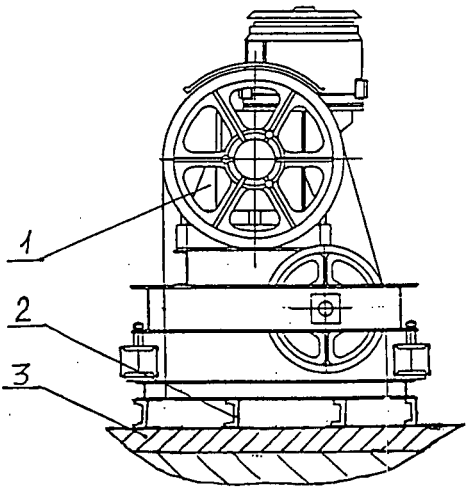


Рис.3.5. Лебедка с вертикальным червяком
1 - КВШ, *2* - подрамник, *3* - пол машинного помещения

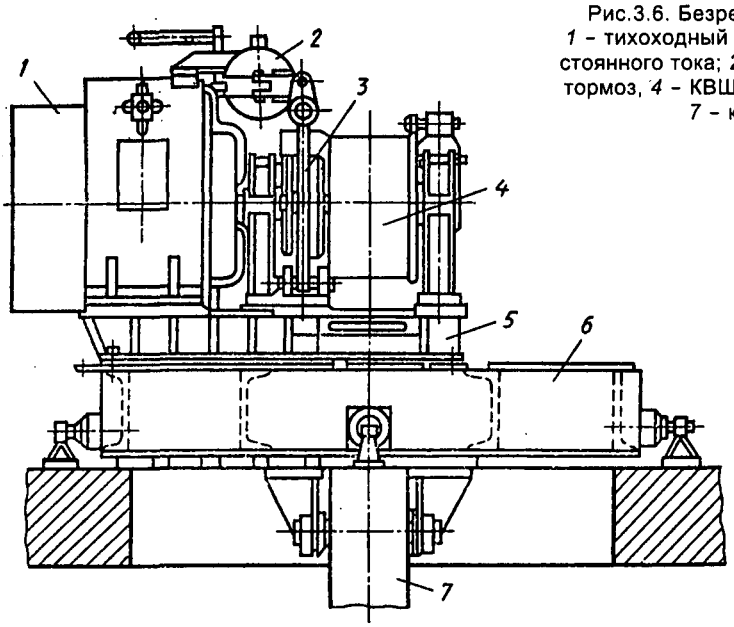


Рис.3.6. Безредукторная лебедка
1 - тихоходный электродвигатель постоянного тока; *2* - электромагнит; *3* - тормоз, *4* - КВШ, *5* - опора, *6* - рама, *7* - контршкив

В последнее время появилась необычная конструкция безредукторного привода лебедки на основе дискового двигателя трехфазного переменного тока типа EcoDisc с постоянным подмагничиванием и регулированием частоты вращения ротора посредством электронной системы управления частотой и амплитудой питающего напряжения.

Эта конструкция разработана фирмой КОНЕ для пассажирского выжимного лифта без машинного помещения грузоподъемностью 630 кГ при скорости движения кабины 1 м/с (рис.1.4). Фирма предлагает аналогичное решение для лифтов со скоростью движения кабины до 2,5 м/с. Лифты этого типа успешно эксплуатируются в Европе.

Параметры новой лебедки выгодно отличаются от традиционного редукторного исполнения: масса лебедки составляет 190 кГ вместо 430 кГ; мощность двигателя - 3,5 kW вместо 5,5 kW. Лебедка нового типа не требует заливки масла.

Крепление лебедки производится на направляющей кабины в верхней части шахты.

КВШ выполнен единым блоком с дисковым ротором двигателя и тормозным шкивом. Применяется колодочный тормоз с автономной системой растормаживания каждой колодки. Номинальная частота вращения КВШ - 95. об/мин. Диаметр КВШ составляет 400 мм. Точность остановки кабины $\Delta = \pm 10$ мм.

Отражением несомненного прогресса в лифтостроении может служить наметившаяся в настоящее время тенденция использования частотно регулируемого привода переменного тока, как в лифтовых лебедках, так и в системах привода автоматических дверей кабины.

Привод переменного тока с тиристорным и частотным регулированием начинают применяться в лифтах со скоростью движения кабины до 2 м/с, вытесняя лебедки с микроприводом, которые успешно применялись в грузовых лифтах с повышенной точностью остановки кабины (рис.3.1*в*).

Работа лебедки с микроприводом при разгоне кабины не имеет каких-либо особенностей.

Пуск кабины происходит при включении основного двигателя с одновременным выключением тормоза *4*. Микропривод при этом выключен.

При подходе кабины к этажной площадке, с помощью специального устройства, установленного в шахте, отключается основной двигатель лебедки и включается двигатель микропривода при одновременном включении муфты сцепления *6*.

В момент отключения, частота вращения ротора двигателя 5 сохраняет по инерции прежние значение, существенно большее, чем частота вращения ведущей полумуфты микропривода. Поэтому основной двигатель вынуждает ротор вспомогательного двигателя *10* вращаться с большей скоростью, переводя его в режим генераторного торможения.

Генераторный момент двигателя *10* через редуктор *8* воздействует на ротор двигателя *5*, снижая частоту его вращения до существенно меньшей расчетной частоты вращения выходного вала редуктора *8*.

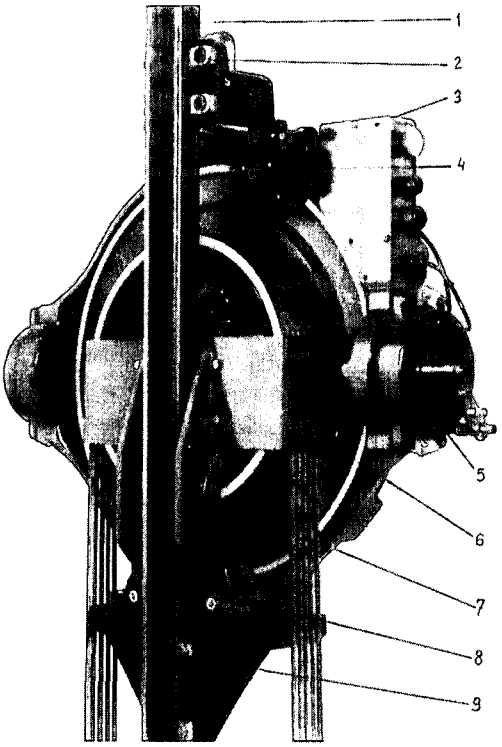


Рис.3.7. Безредукторная лебедка с дисковым электродвигателем переменного тока EcoDisk
1 - направляющая кабины; *2*, *8* - прижимные планки крепления лебедки, *3* - клеммная коробка, *4* - тахогенератор системы управления работой двигателя; *5* - электромагнит растормаживающий; *6* - дисковый ротор с КВШ и тормозным шкивом; *7* - канаты тяговые; *9* - корпус лебедки

Некоторое время кабина движется с малой остановочной скоростью до момента срабатывания датчика точной остановки. Отключается двигатель микропривода и муфта сцепления. Включая тормоз *4*.

Механическое торможение окончательно останавливает кабину с высокой точностью.

3.3. Конструкция и особенности расчетного обоснования параметров канатов и канатоведущих органов лебедок лифтов

Канаты и цепи

Канаты подъёмных механизмов лифтов обеспечивают передачу движения от лебедки к кабине и противовесу с небольшими потерями мощности на канатоведущем органе и отклоняющих блоках [2, 3, 52].

Канаты воспринимают растягивающие нагрузки при движении и неподвижном состоянии кабины, в нормальных эксплуатационных и аварийных режимах.

Наряду со стальными канатами, в лифтах применяются пластинчатые и втулочно-роликовые цепи в качестве тяговых или вспомогательных элементов конструкции.

От надежности работы системы подвески подвижных частей лифта зависит жизнь пассажиров. Поэтому к стальным канатам и тяговым цепям лифтов предъявляются повышенные требования прочности и долговечности. Эти требования нашли отражения в ПУБЭЛ Госгортехнадзора [44].

Канаты, поступающие на монтаж лифтового оборудования должны иметь документ (сертификат), характеризующий их качество и оформленный в полном соответствии с требованиями государственных стандартов. Аналогичные требования предъявляются к тяговым цепям.

Параллельно работающие канаты подвески кабин (противовесов) должны иметь одинаковые диаметры, структурные и прочностные характеристики.

Не допускается сращивание тяговых канатов механизмов подъема и ограничителей скорости.

Номинальный диаметр тяговых канатов лифтов для перевозки людей должен быть не менее 8 мм, а в ограничителях скорости и лифтах не рассчитанных на транспортировку людей, - не менее 6 мм.

Число параллельных ветвей канатов подвески кабины (противовеса) должно быть не менее указанных в таблице 4 ПУБЭЛ [44].

При полиспастной подвеске все ветви одно каната, огибающего отклоняющий блок, рассматриваются как один канат.

При подвешивании кабины (противовеса) на тяговых цепях, число параллельных ветвей цепной подвески должно быть не менее 2.

В лифтах применяются только канаты двойной свивки, которые свиваются из прядей проволок относительно центрального сердечника, в виде пенькового каната, пропитанного канатной смазкой.

Обычно стальной канат состоит из 6 прядей и сердечника.

Условия работы канатов в лифтах с КВШ отличаются наличием изгибающих, растягивающих, скручивающих и сдвигающих нагрузок, поэтому очень важно иметь большую поверхность касания проволочек в отдельных слоях. Этому требованию в наибольшей степени отвечают канаты типа ЛК с линейчатым касанием между проволоками.

В зависимости от структуры поперечного сечения прядей различают канаты ЛК-О - при одинаковых диаметрах проволок по слоям навивки, ЛК-Р с различным диаметром проволок.

Канаты с точечным касанием проволок имеют обозначение ТК.

В обозначении конструкции каната учитывается характер касания проволок, количество прядей и число проволок в каждой пряди: ЛК-О 6×19 или ТК 6×37.

При использовании канатов важно обеспечить не только достаточную их прочность, но и надежное соединение с элементами конструкции лифта (рис.3.8).

Стальные канаты должны рассчитываться на статическое разрывное усилие

$$P => S \cdot K\,, \qquad (3.1)$$

где P - разрывное усилие каната, принимаемое по таблицам ГОСТ или результатам испытания каната на разрыв, кН; K - коэффициент запаса принимаемый по таблице 6 ПУБЭЛ в зависимости от типа канатоведущего органа, назначения и скорости кабины лифта [44]; S - расчетное статическое натяжение ветви каната, кН.

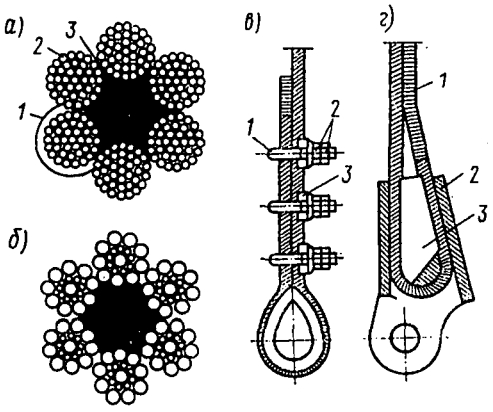


Рис.3.8. Структура поперечного сечения и способы крепления лифтовых канатов *а*) канат типа ТК: *1* – прядь, *2* – проволока пряди, *3* – пеньковый сердечник; *б*) канат типа ЛК; *в*) крепление канатов зажимами: *1* – зажим, *2* – гайка и контргайка, *3* – хомутик; *г*) клиновое крепление каната: *1* – канат, *2* – втулка, *3* – клин

Величина расчетного натяжения ветви канатной подвески должна определяться по следующим зависимостям:

для канатов подвески кабины

$$S = \frac{Q + Q_к + Q_{тк} + 0{,}5 \cdot Q_н}{m \cdot U_п} \cdot g \cdot 0{,}001 \text{, кН;} \qquad (3.2)$$

для канатов подвески противовеса

$$S = \frac{Q_п + Q_{тк} + 0{,}5 \cdot Q_н}{m \cdot U_п} \cdot g \cdot 0{,}001 \text{, кН,} \qquad (3.3)$$

где Q – грузоподъемность лифта, кГ; $Q_к$ – масса кабины, кГ; $Q_п$ – масса противовеса, кГ; $Q_{тк}$ – масса тяговых канатов от точки схода с КВШ до подвески, кГ; $Q_н$ – масса натяжного устройства уравновешивающих канатов, кГ; m, $U_п$ – число параллельных ветвей канатов и кратность полиспаста, кГ; g=9,81 м/с^2 – ускорение свободного падения.

Минимальное число канатов регламентируется данными таблицы 5 ПУБЭЛ в зависимости от типа лифта и вида канатоведущего органа лебедки [44].

Расчетное число канатов определяется на основании опыта проектирования в зависимости от грузоподъемности лифта [52].

Так, для пассажирских лифтов грузоподъемностью 320 - 400 кГ применяют 3 параллельных ветви канатной подвески, а при грузоподъемности 500 - 1000 кГ – от 4 до 6 канатов.

Для грузовых лифтов грузоподъемностью от 500 до 2000 кГ применяют 4 каната; при грузоподъемности 3200 кГ – 6 канатов, а при грузоподъемности 5600 – 8 канатов.

Неуравновешенная часть тяговых канатов при скорости кабины не более 1,4 м/с уравновешивается овальнозвенчатыми цепями, которые не требуют установки натяжного устройства. В этом случае, в формуле 19 принимается значение $Q_н$=0.

При скорости движения кабины лифта, превышающей 1,4 м/с, для уравновешивания тяговых канатов применяются уравновешивающие канаты. В этом случае, в приямке шахты устанавливается специальное натяжное устройство с отклоняющими блоками, масса которого составляет около 200 - 350 кГ.

Масса тяговых канатов определяется по формуле

$$Q_{тк} = m \cdot U_{п} \cdot q^{п}_{тк} \cdot (H + 3 \div 4м), \quad (3.4)$$

где $q^{п}_{тк}$ – приближенное значение массы 1 метра тягового каната, кГ/м (принимается 0,4 – 0,5 кГ/м), H – расчетная высота подъема кабины, м.

В пассажирских и грузопассажирских лифтах применяется прямая подвеска или двукратный полиспаст.

В грузовых лифтах грузоподъемностью от 1000 до 3200 кГ и выжимных лифтах используется двукратный полиспаст, а при грузоподъемности 5000 кГ и более – четырехкратный

По расчетному значению разрывной нагрузки P и таблицам ГОСТ определяется необходимый диаметр каната, так, чтобы табличное значение разрывной нагрузки было равно или больше расчетной величины.

После выбора типа и определения диаметра каната производится проверка фактической величины коэффициента запаса прочности каната подвески кабины или противовеса [3]

$$K^{ф} = \frac{P^{т} \cdot m \cdot U_{п} \cdot 100}{Q + Q_{к} + Q^{ф}_{тк} + 0{,}5 \cdot Q_{н}}, \quad (3.5)$$

где $P^{т}$ – табличное значение разрывной нагрузки выбранного каната, кН; $Q^{ф}_{тк} = m \cdot U_{п} \cdot q^{ф}_{тк} \times (H + 3 \div 4$ м) – фактическое значение массы каната от точки схода с КВШ до подвески кабины (противовеса), кГ; $q^{ф}_{тк}$ – фактическое значение массы 1 метра тягового каната выбранного каната, кГ/м.; H – расчетная высота подъема кабины лифта, м.

Правильному выбору каната должно соответствовать условие

$$K^{ф} \geq K. \quad (3.6)$$

Если условие прочности 3.6 не выполняется, следует выбрать канат с большим значением удельной прочности или увеличить число параллельных ветвей.

Надежность и долговечность канатов лифта определяются не только его прочностными характеристиками.

Для обеспечения долговечности каната важно обеспечить минимальное число их перегибов на отклоняющих блоках и допустимое по ПУБЭЛ соотношение между диаметром каната и огибаемого канатом цилиндрического тела (барабан, КВШ отклоняющий блок). В связи с этим, диаметр барабанов, КВШ и отклоняющих блоков следует определять с учетом условия долговечности

$$D \Rightarrow d \cdot E, \quad (3.7)$$

где D, d – диаметр огибаемого цилиндрического тела и каната, соответственно, м.; E – коэффициент допустимого соотношения диаметров регламентируемый данными таблицы 3 и 4 ПУБЭЛ в пределах от 30 до 45 для тяговых канатов и от 18 до 35 для канатов вспомогательных устройств [44].

Барабаны, канатоведущие шкивы, блоки и контршкивы

В конструкции механизмов подъема лифтов с канатной подвеской кабины (противовеса) барабаны и канатоведущие шкивы используются для преобразования вращательного движения выходного вала механизма привода в поступательное перемещение кабины (противовеса).

В зависимости от кинематической схемы лифта применяются также отклоняющие блоки и контршкивы.

Отличительной особенностью барабанов является жесткое крепление канатов на их ободе. Канаты закрепляются так, что при движении кабины вверх, канаты противовеса сматываются с барабана [29,52].

По конструктивным соображениям подвеска кабины (противовеса) оказывается возможной не более чем на 2-х параллельных ветвях канатов (рис.3.9).

Барабаны изготавливаются из стального или чугунного литья и имеют винтовую нарезку канавок для размещения канатов. Глубина канавок составляет $0{,}2d$, шаг нарезки $t=1{,}1d$, радиус кривизны канавки $r=0{,}55d$, где d – диаметр каната.

При многослойной навивке каната используется канатоукладочный механизм.

Для исключения возможности схода канатов с барабана в торцевой части предусматриваются реборды.

Диаметр барабана и отклоняющих блоков определяется из условия долговечности по формуле 3.7.

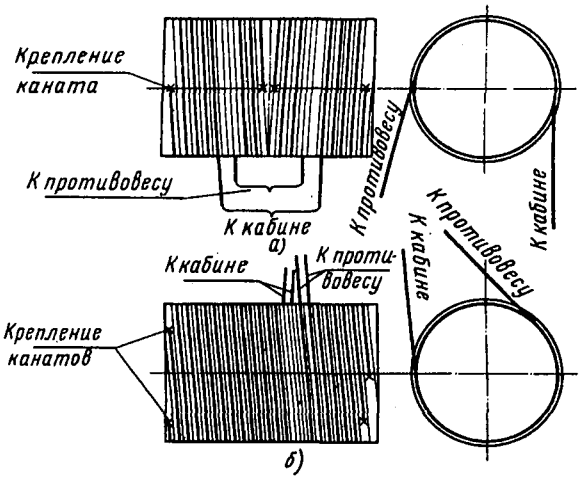


Рис.3.9. Схема размещения канатов на барабане
а) при верхнем машинном помещении; *б*) при нижнем машинном помещении

Способы крепления канатов на барабане должны отвечать требованиям прочности и безопасности применения. С этой же целью, при предельных нижних положениях кабины и противовеса на барабане должно оставаться не менее 1,5 запасных витков.

Шпоночное соединение ступицы с валом барабана должно рассчитываться с учетом действия знакопеременных нагрузок и на одностороннее действия силы тяжести кабины без учета противовеса и одного противовеса.

При использовании барабанной лебедки и неисправности концевых выключателей возможен переподъем кабины (противовеса) с упором в перекрытие и обрывом канатной подвески [2, 3].

Применение КВШ в лифтовых лебедках позволяет существенно повысить безопасность пассажиров, практически исключая опасность обрыва канатов, так как кабина может быть подвешена на нескольких параллельных ветвях канатов, а высота переподъема ограничивается проскальзыванием канатов из-за посадки противовеса на буфер.

Независимость параметров лебедки с КВШ от высоты подъема открывает широкие возможности унификации лебедок с соответствующими технико-экономическими преимуществами.

Внешняя нагрузка КВШ, определяемая разностью натяжения канатов подвески кабины и противовеса, уравновешивается действием сил сцепления канатов с ободом. Эти силы зависят от угла обхвата шкива канатами и формы профиля поперечного сечения канавок [2, 3, 29, 52].

Для обеспечения работы КВШ без проскальзывания канатов применяются канавки специального профиля (рис.3.10).

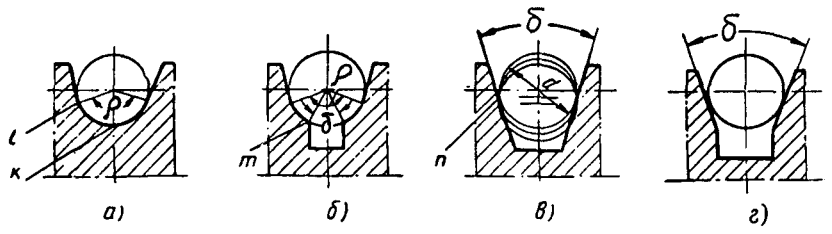


Рис.3.10. Профиль поперечного сечения канавки обода КВШ
а) полукруглая канавка; *б*) полукруглая с подрезом; *в*) клиновая; *г*) клиновая с подрезом; ρ - центральный угол зоны контакта каната и поверхности канавки; δ - угол подреза (угол клина); *k*, *m*, *n* - точки наибольшего напряжения смятия в материале канавки

Канатоведущие шкивы, контршкивы и отклоняющие блоки изготавливаются из чугунного или стального литья. Отливка в зоне обода должна иметь достаточно высокую твердость и однородную структуру.

Расстояние между канавками обода КВШ зависит от диаметра каната

$$t = (1{,}4 \div 2{,}0) \cdot d \,. \qquad (3.8)$$

Ширина обода КВШ определяется числом параллельных ветвей канатов и числом обхватов при наличии контршкива

$$B = (m \cdot t + 2 \cdot d) \cdot z \,, \qquad (3.9)$$

где t, d - шаг канавок и диаметр каната, мм; m - число параллельных ветвей канатов; z - число обхватов канатами КВШ.

Диаметр КВШ определяется в зависимости от кинематической схемы лифта и условия долговечности.

Для лифтов с прямой подвеской кабины и противовеса диаметр КВШ определяется величиной расстояния между точками подвески кабины и противовеса в плане шахты

$$D_к = L_{кп} \,, \qquad (3.10)$$

где $L_{кп}$ - кратчайшее расстояние между точками подвески кабины и противовеса по горизонтали, м.; $D_к$ - диаметр КВШ по условию компоновки оборудования лифта в плане шахты, м. Эта величина обычно больше, полученной по условию долговечности.

При любой другой кинематической схеме лифта диаметр КВШ определяется только условием долговечности канатов по формуле 3.7.

После выбора редуктора лебедки производится уточнение диаметра барабана (КВШ) по кинематическому условию, гарантирующему обеспечение номинальной скорости движения кабины с погрешностью не превышающей 15%.

$$D = \frac{60 \cdot V_р \cdot U_р \cdot U_п}{\pi \cdot n_н}, \text{ м}, \qquad (3.11)$$

где $V_р$ – рабочая скорость кабины, равная номинальной или отличающейся на 15%, м/с; $U_р$ – табличное значение передаточного числа редуктора лебедки; $U_п$ – кратность полиспаста подвески кабины; $n_н$ – номинальное значение частоты вращения вала двигателя, об/мин.

В конструкции отклоняющих блоков и контршкивов, не предназначенных для передачи тягового усилия канатам, применяется полукруглая канавка, обеспечивающая минимальную величину контактных давлений, что способствует увеличению долговечности канатов.

В КВШ используются канавки полукруглые с подрезом, клиновые и клиновые с подрезом.

Выбор конкретной формы канавки производится с учетом требуемой силы сцепления и технологических ограничений.

Наибольшую силу сцепления обеспечивают канавки клинового профиля, однако их существенным недостатком является зависимость силы сцепления от степени износа опорной поверхности.

В результате износа клиновая канавка преобразуется в полукруглую с подрезом с заметно меньшей силой сцепления.

Канавка полукруглая с подрезом, при несколько более сложной технологии изготовления, обеспечивает более стабильную величину силы сцепления независимо от степени износа канавки. Однако величина силы сцепления меньше чем при клиновой форме профиля канавки.

Расчетное обоснование характеристик профиля поперечного сечения канавок КВШ производится по аналитическим зависимостям, полученным на основе рассмотрения особенности взаимодействия растяжимых канатов с ободом шкива.

Ниже приводятся основы теории расчета геометрических характеристик поперечного профиля канавки шкива, обеспечивающей необходимую тяговую способность КВШ с учетом факторов долговечности.

Теория работы фрикционной передачи тягового усилия в лебедках с КВШ

Движение кабины и противовеса в лифтах, оборудованных лебедками с КВШ, осуществляется за счет фрикционных сил сцепления, возникающих между тяговыми канатами и канавками шкива. При этом между канатами и ободом должно отсутствовать проскальзывание.

Силы сцепления не должны уменьшаться до уровня, при котором взаимное перемещение канатов и обода становиться возможным и движение кабины становится практически не управляемым.

Благодаря фрикционному взаимодействию канатов и шкива натяжение в набегающих на шкив канатах может быть существенно большим натяжения канатов, сбегающих с обода КВШ.

Натяжение канатов подвески кабины и противовеса в процессе работы лифта непрерывно изменяется под влиянием изменения положения кабины по высоте и под действием сил инерции в неустановившихся режимах движения кабины.

Возможны соотношения натяжения канатов, при которых начнется проскальзывание канатов.

Очень важно установить от чего зависит способность шкива передавать тяговое усилие и как ее обеспечить, не допуская проскальзывания канатов.

Задача теории взаимодействия канатов и шкива состоит в том, чтобы аналитически оценить тяговые возможности КВШ и выбрать профиль поперечного сечения ручья обода, при котором гарантируется работа без проскальзывания, а также достаточная долговечность шкива и канатов [2, 24].

Коэффициент тяговой способности является интегральным показателем работоспособности фрикционной передачи тягового усилия с обода КВШ тяговым канатам.

Для вывода аналитического выражения величины коэффициента тяговой способности рассмотрим случай предельного равновесия сил трения и разности натяжения канатов, охватывающих КВШ.

Решение этой задачи впервые было получено академиком Эйлером и формула, которую мы собираемся вывести, получила название формулы Эйлера.

Будем исходить из предположения, что соотношение натяжения набегающей и сбегающей ветви канатов на ободе КВШ достигло предельной величины, при которой началось проскальзывание канатов и возникли соответствующие силы трения.

Предположим, что КВШ представляет собой гладкий цилиндр без направляющих канавок, вращающийся по часовой стрелке [2].

Для определенности, предположим, что натяжение набегающей ветви тягового каната больше натяжения сбегающей ветви: $S_2 > S_1$ (рис.3.11).

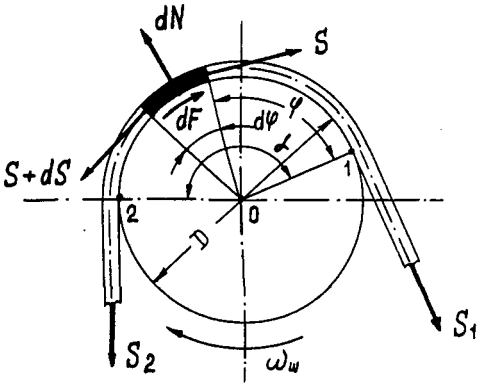


Рис.3.11. Схема взаимодействия каната с ободом КВШ

Выделим элементарный участок каната на ободе КВШ в пределах центрального угла $d\varphi$, занимающий угловое положение φ относительно точки схода каната с обода *1*.

Слева и справа, на элементарный отрезок каната действуют силы $S+dS$ и S, соответственно, которые вызывают силу нормальной реакции обода dN.

По касательной к опорной поверхности, на выделенный отрезок каната действует элементарная сила трения dF, уравновешивающая разность сил натяжения набегающей и сбегающей ветви каната dS.

Составим уравнение равновесия элементарного отрезка каната, спроектировав, действующие силы на нормаль к поверхности шкива

$$dN = S \cdot \frac{d\varphi}{2} \cdot \sin\frac{d\varphi}{2} + (S + dS) \cdot \sin\frac{d\varphi}{2}. \qquad (3.12)$$

Так как, $d\varphi$ – величина бесконечно малая $\sin\frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}$.

Преобразуем уравнение (3.12) с учетом этого упрощения и получим

$$dN = S \cdot \frac{d\varphi}{2} + (S + dS) \cdot \frac{d\varphi}{2}. \qquad (3.13)$$

Отбросив бесконечно малую величину более высокого порядка, получим зависимость дифференциала нормального давления как функцию текущего значения натяжения каната S на дуге обхвата КВШ в точке, расположенной на расстоянии угловой координаты φ

$$dN = S \cdot d\varphi . \tag{3.14}$$

Из уравнения моментов относительно точки O оси вращения шкива получим

$$(S + dS) \cdot \frac{D}{2} = S \cdot \frac{D}{2} + \mu \cdot dN \cdot \frac{D}{2} . \tag{3.15}$$

Преобразуем это выражение с учетом соотношения (3.16) и, после разделения переменных, придем к дифференциальному уравнению

$$\frac{dS}{S} = e^{\mu\varphi} , \tag{3.16}$$

где e - основание натурального логарифма; μ - коэффициент трения между канатом и ободом канатоведущего шкива; φ - угловая координата положения точки каната с текущим значением натяжения S, отсчитываемая от точки *1* схода каната с КВШ.

Проинтегрируем левую и правую часть выражения (3.16)

$$\int \frac{dS}{S} = \mu \cdot \int d\varphi \tag{3.17}$$

и получим соотношение

$$S = C \cdot e^{\mu\varphi} , \tag{3.18}$$

где C - постоянная интегрирования, определяемая из начальных условий.

При $\varphi = 0$, натяжение каната $S = S_1$. Следовательно $C = S_1$.

После подстановки значения величины постоянной интегрирования получим уравнение, характеризующее закон изменения натяжения каната по дуге контакта со шкивом от точки *1* до точки *2*, в пределах центрального угла α (альфа)

$$S = S_1 \cdot e^{\mu\varphi} . \tag{3.19}$$

Натяжение в набегающей ветви каната, в точке *2* определяется при $\varphi = \alpha$

$$S_2 = S_1 \cdot e^{\mu\alpha} . \tag{3.20}$$

Предельная величина тяговой способности КВШ определяется соотношением

$$S_2 / S_1 = e^{\mu\alpha} . \tag{3.21}$$

Уравнение (3.22) характеризует наибольшую величину отношения натяжение набегающей и сбегающей ветви каната, при предельном равновесии с углом обхвата $\boldsymbol{\alpha}$ равном углу дуги трения.

Канаты начинают скользить по ободу канатоведущего шкива при условии

$$S_2 / S_1 > e^{\mu\alpha} . \tag{3.22}$$

Таким образом, возможность передачи тягового усилия без проскальзывания канатов по ободу можно характеризовать величиной коэффициента тяговой способности КВШ (формула Эйлера)

$$\gamma = e^{\mu \cdot \alpha} > \frac{S_2}{S_1} . \tag{3.23}$$

Для исключения проскальзывания канатов необходимо иметь некоторый запас тяговой способности, так, чтобы в наиболее неблагоприятной ситуации нагружения канатов, величина коэффициента тяговой способности несколько превышала предельную величину соотношения натяжения канатов.

Величина коэффициента запаса тяговой способности КВШ определяется соотношением

$$n_\gamma = \frac{\gamma}{\gamma_{max}}, \tag{3.24}$$

где γ_{max} - наибольшая величина соотношения натяжения канатов в эксплуатационных и испытательных режимах; γ - величина коэффициента тяговой способности при расчетных значениях угла обхвата шкива α и коэффициента трения μ.

При проектировании лифта величина коэффициента запаса тяговой способности КВШ принимается в достаточно узких пределах с учетом формы профиля поперечного сечения ручья (канавки) обода: полукруглая с подрезом $n = 1{,}05 \div 1{,}15$; клиновая $n_\gamma = 1{,}08 \div 1{,}2$.

Увеличение коэффициента запаса тяговой способности нецелесообразно по следующим причинам: возросшая сила сцепления канатов с ободом шкива делает возможным аварийный переподъем кабины (противовеса); увеличивается интенсивность упругого скольжения канатов на дуге трения, что вызывает повышенный износ ручьев КВШ.

Явление упругого скольжения каната связано с изменением упругого удлинения на дуге трения при изменяющейся величине силы натяжения.

Величину интенсивности упругого скольжения можно представить следующим обобщенным соотношением

$$\delta_y = \frac{\Delta l(S,E,F)}{l_т} \cdot 100\%, \tag{3.25}$$

где $\Delta l(S,E,F)$ - изменение величины упругого удлинения на дуге трения, зависящее от силы натяжения каната S, модуля упругости E и площади поперечного сечения F; $l_т = D \cdot \varphi_т / 2$ - длина дуги трения.

При одной и той же величине разности натяжения набегающей и сбегающей ветви каната длина дуги трения может быть различной в зависимости от величины коэффициента запаса тяговой способности, так как угол трения $\varphi_т$ становится существенно меньше величины угла обхвата α. Это следует из ранее полученной зависимости (3.22).

Угол трения, при наличии запаса тяговой способности, определяется так

$$\varphi_т = \frac{1}{\mu} \cdot \ln \frac{e^{\mu\alpha}}{n_\gamma}. \tag{3.26}$$

Характер изменения силы натяжения на дуге обхвата с центральным углом α при $n_т > 1$ представлен графически на рис.3.12.

Эпюры изменения натяжения каната, приведенные на рис.3.12, строятся на основе зависимости 3.19 и представляют собой спираль Архимеда. Текущее значение величины натяжения откладывается по нормали к поверхности шкива в точке с угловой координатой φ. Отсчет угла ведется от точки схода каната с обода. При подъеме и опускании груженой кабины угол трения $\varphi_т = \varphi_1$.

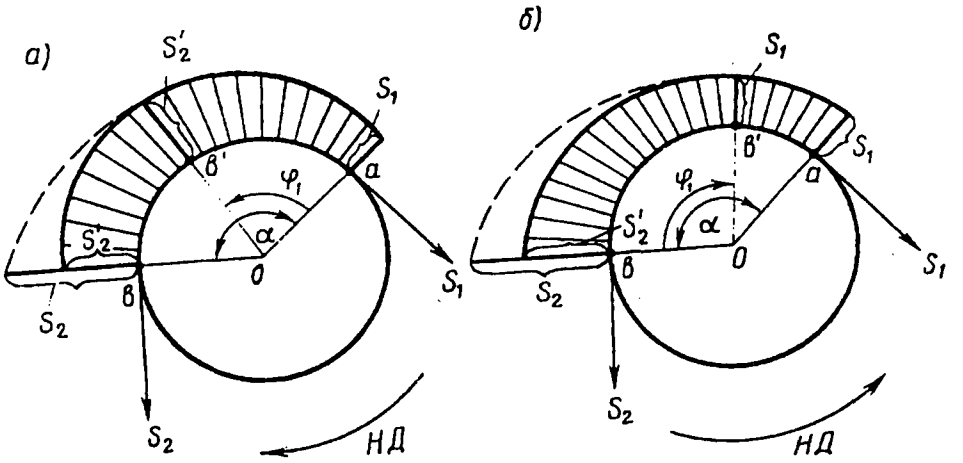


Рис.3.12. Характер изменения силы растяжения каната на дуге обхвата
а) при подъеме груженой кабины, *б*) при опускании

Изменение натяжения каната происходит только в пределах дуги трения на участках bb' (а) и ab' (б), тогда как на остальной части дуги охвата натяжение каната не изменяется.

На рис.3.12*а,б* величина усилия S_2 соответствует случаю отсутствия запаса тяговой способности, когда $\varphi_T = \alpha$ и взаимодействие каната со шкивом соответствует состоянию предельного равновесия.

Фактическое значение коэффициента тяговой способности КВШ можно определить экспериментально при статических испытаниях лифта без загрузки кабины по методике, разработанной АО МОСЛИФТ. Предложенный метод базируется на экспериментально получаемом условии предельного равновесия тяговых канатов на ободе КВШ, что очень хорошо согласуется с рассмотренной выше теорией работы фрикционной передачи усилия тяговым канатам (рис.3.13).

Инструкцией АО МОСЛИФТ предусматривается следующий порядок проведения статических испытаний лифта без загрузки кабины, который позволяет экспериментально определить фактическое значение величины коэффициента тяговой способности КВШ.

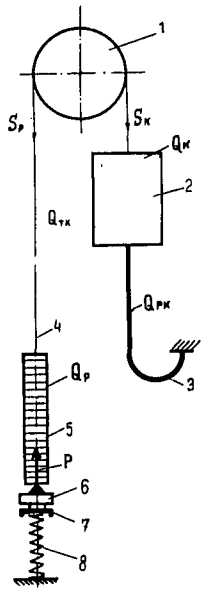


Рис.3.13. Схема статических испытаний без загрузки кабины
1 – КВШ, *2* – кабина, *3* – подвесной кабель, *4* – тяговый канат, *5* – противовес, *6* – динамометр, *7* – опорная плита, *8* – буфер противовеса

Перед началом испытаний путем взвешивания и по технической документации уточняется масса подвижных частей лифта.

Кабина останавливается на площадке последнего этажа и отключается вводное устройство электрической цепи питания лифтового оборудования.

Один электромеханик остается в машинном помещении, а второй специальным ключом открывает шахтную дверь нижней этажной площадки и с помощью вспомогательной опорной плиты устанавливает на буфер кабины динамометр сжатия.

После установки динамометра электромеханик выходит из приямка на площадку нижнего этажа так, чтобы хорошо просматривалась шкала динамометра, и дает команду в машинное помещение начать опускание противовеса на буфер посредством ручного привода.

Опускание противовеса производится до момента начала проскальзывания канатов по ободу КВШ, когда показания динамометра прекращают увеличиваться при продолжающемся вращении штурвала ручного привода.

Электромеханик, находящийся в машинном помещении, сообщает на нижний этаж о начале проскальзывания канатов. В этот момент снимаются показания динамометра *P*. Электромеханик в машинном помещении получает команду поднять противовес. Динамометр снимается с буфера, закрывается шахтная дверь. Лифт переводится в рабочее положение.

После соответствующей обработки результатов испытаний делается заключение о возможности дальнейшей эксплуатации лифта.

Результаты испытаний могут использоваться для расчета фактического значения коэффициента тяговой способности и сопоставления его с расчетной величиной.

Экспериментальное значение величины коэффициента тяговой способности определяется на основе показаний динамометра

$$\gamma_э = \frac{S_к}{S_п} = \frac{(Q_к + Q_{пк}) \cdot 10^{-2}}{(Q_п + Q_{тк}) \cdot 10^{-2} - P}, \; 10 \qquad (3.27)$$

где $S_к$, $S_п$ - сила натяжения канатов подвески кабины и противовеса, кН; $Q_к$, $Q_п$, $Q_{пк}$, $Q_{тк}$ - масса кабины, противовеса, подвесного кабеля и тяговых канатов, соответственно, кГ; P - показание динамометра, соответствующее моменту начала скольжения канатов, кН.

Рассмотренный метод экспериментального определения величины коэффициента тяговой способности соответствует конструкции лифта без уравновешивающих цепей (канатов). В других случаях, потребуется корректировка формулы (3.27).

При проектировании лифта важно не только обеспечить необходимую тяговую способность шкива, но и достаточно высокий срок службы КВШ и канатов.

Интенсивность износа ручьев обода КВШ определяется величиной упругого скольжения и уровнем контактных давлений между канатами и поверхностью ручьев обода.

Контактные давления (напряжения смятия) не должны превышать допускаемых значений, которые определяются по экспериментально полученным зависимостям, учитывающим назначение, режим работы и скорость кабины лифта (рис.3.14) [3].

Графики экспериментальных зависимостей построены для канатов крестовой свивки и КВШ, изготовленного из модифицированного серого чугуна. Для канатов односторонней свивки и КВШ изготовленного из стального литья, полученные по графикам значения следует увеличить на 25%.

Вывод аналитического выражения величины контактного давления основан на ряде предварительных допущений: поперечное сечение каната не деформируется и имеет круглую форму; вертикальная составляющая износа ручья КВШ по всей опорной поверхности является величиной постоянной; поперечный профиль ручья КВШ - полукруглый с подрезом.

Соответствующие расчетные схемы представлены на рис.3.15.

Экспериментально установленный факт постоянства вертикальной составляющей износа опорной поверхности ручья предопределяет постоянство вертикальной составляющей контактного давления

$$p_в = \frac{p}{\cos\psi} = const\,. \qquad (3.28)$$

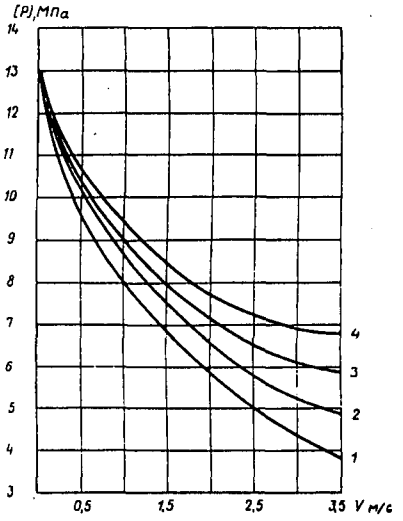
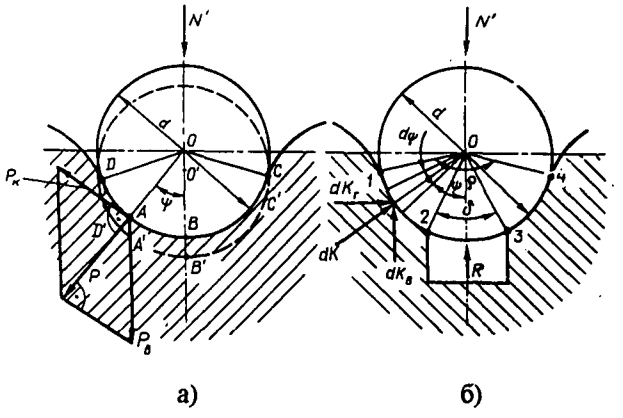


Рис.3.14. Допускаемые напряжения смятия между канатом и поверхностью обода КВШ *1, 2* - *интенсивный и легкий режим нагрузки пассажирского лифта; 2, 3* - интенсивный и легкий режим работы грузового лифта

Это соотношение получено при разложении вектора текущего значения контактного давления в произвольной точке A, положение которой определяется угловой координатой ψ. Угол отсчитывается от вертикальной оси симметрии поперечного профиля ручья (рис.3.15*а*).



а) б)

Рис.3.15. Расчетная схема поперечного профиля канавки КВШ *а*) к расчету вертикальной составляющей давления; *б*) к расчету контактных давлений и приведенного значения коэффициента трения

Для последующего вывода интерес представляет только вертикальная составляющая давления $p_в$, так как горизонтальные составляющие взаимно уравновешены.

Рассмотрим условия равновесия отрезка каната единичной длины, который испытывает действие единичной силы N' и результирующей опорной реакции ручья R.

Этому условию соответствует равенство

$$N' = R. \tag{3.29}$$

Величина единичной силы определяется на основе ранее полученной зависимости $dN = S \cdot d\varphi$ (рис.3.11)

$$N' = \frac{2 \cdot dN}{D \cdot d\varphi} = \frac{2 \cdot S}{D}, \tag{3.30}$$

где S - текущее значение натяжения каната в точке обода с угловой координатой φ.

Для определения величины результирующей опорной реакции R рассмотрим элементарную площадку опорной поверхности ручья и действующие на нее силы.

На элемент опорной поверхности, с центральным углом $d\psi$ и единичной длины в продольном направлении, действует элементарная опорная реакция

$$dK = p \cdot \frac{d}{2} \cdot d\psi = p_{в} \cdot \frac{d}{2} \cdot \cos\psi \cdot d\psi. \tag{3.31}$$

Вертикальная составляющая элементарной реакции

$$dK_{в} = dK \cdot \cos\psi. \tag{3.32}$$

Равнодействующая вертикальных составляющих элементарных опорных реакций определяется интегрированием по всей опорной поверхности ручья

$$R = 2 \cdot \int_{\delta/2}^{\rho/2} dK_{в} = p_{в} \cdot d \cdot \int_{\delta/2}^{\rho/2} \cos^2\psi \cdot d\psi. \tag{3.33}$$

Упростим подынтегральное выражение, используя известное тригонометрическое соотношение:

$$\cos^2\psi = \frac{1}{2} \cdot (1 + \cos 2\psi). \tag{3.34}$$

После алгебраических преобразований получим

$$R = \frac{p_{в} \cdot d}{2} \cdot \int_{\delta/2}^{\rho/2} (1 + \cos 2\psi) \cdot d\psi. \tag{3.35}$$

После интегрирования получим аналитическое выражение величины опорной реакции поверхности ручья КВШ для полукруглой канавки с подрезом

$$R = \frac{p_{в} \cdot d}{4} \cdot (\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta). \tag{3.36}$$

Выразим величину вертикальной составляющей контактного давления $p_{в}$ через текущее значение давления p из уравнения (3.28) и получим зависимость опорной реакции от контактного давления

$$R = \frac{p \cdot d}{4 \cdot \cos\psi} \cdot (\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta). \tag{3.37}$$

Так как, по условию равновесия (3.31) $N' = R$

$$N' = \frac{p \cdot d}{4 \cdot \cos\psi} \cdot (\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta). \qquad (3.38)$$

Преобразуем уравнение (3.38) с учетом равенства (3.30) и решим его относительно искомой величины контактного давления

$$p = \frac{8 \cdot \cos\psi}{\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta} \cdot \frac{S}{d \cdot D}. \qquad (3.39)$$

Полученное аналитическое выражение характеризует закон изменения величины контактного давления (напряжения) по контуру поперечного сечения опорной поверхности ручья КВШ и позволяет оценить максимальное давление в наиболее нагруженной точке с угловой координатой $\psi = \delta/2$

$$p_{max} = \frac{8 \cdot \cos\delta/2}{\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta} \cdot \frac{S}{d \cdot D}. \qquad (3.40)$$

Для изношенного ручья при $\rho = \pi$ расчетная формула упрощается

$$p_{max} = \frac{8 \cdot \cos\delta/2}{\pi - \delta - \sin\delta} \cdot \frac{S}{d \cdot D}. \qquad (3.41)$$

Максимальная величина контактного давления при полукруглом профиле ручья определяется для изношенного ручья при $\delta = 0$ на основе зависимости (3.41)

$$p_{max} = \frac{8 \cdot S}{\pi \cdot d \cdot D}. \qquad (3.42)$$

Максимальная величина контактного давления для клиновой канавки может рассчитываться по формуле, полученной на основе преобразования соотношения (3.41) при условии $\rho = \delta = \pi - \beta$

$$p_{max} = \frac{8 \cdot \sin\beta/2}{\beta - \sin\beta/2} \cdot \frac{S}{d \cdot D}, \qquad (3.43)$$

где β - угол клиновой канавки, рад.

Расчетное значение максимальной величины контактного давления должно отвечать условию контактной прочности

$$p_{max} < [p], \qquad (3.44)$$

где $[p]$ - допускаемое значение величины контактного давления (напряжения смятия), определяемое по графику на рис.3.14.

Геометрические параметры профиля поперечного сечения ручья существенно влияют на величину контактных напряжений смятия.

Однако не уровень контактных давлений определяет геометрию профиля, а расчетное значение коэффициента тяговой способности канатоведущего шкива, которое через коэффициент трения связано с характеристиками профиля ручья.

Контактное давление определяется на завершающем этапе обоснования параметров КВШ с целью проверки выполнения условия контактной прочности.

Приведенное значение коэффициента трения между тяговым канатом и поверхностью ручья КВШ определяется свойством контактирующих материалов и геометрическими характеристиками профиля ручья. От величины этого коэффициента в определяющей степени зависит тяговая способность канатоведущего шкива.

Вывод аналитического выражения величины приведенного значения коэффициента трения производится на основе рассмотрения взаимодействия отрезка каната единичной длины с поверхностью ручья КВШ (см. рис.3.15*б*).

Предварительно, определим силу трения, действующую на отрезок каната единичной длины, обусловленную единичной силой нормального давления N'

$$F' = \mu \cdot N', \tag{3.45}$$

где μ - искомая величина приведенного коэффициента трения.

Для количественной оценки характера влияния геометрии профиля ручья на величину μ рассмотрим взаимодействие отрезка каната единичной длины с поверхностью ручья с учетом изменения величины контактного давления на опорной поверхности ручья КВШ.

Выделим элементарную площадку опорной поверхности с длиной дуги, определяемой углом $d\psi$, и определим дифференциал действующей вдоль каната силы трения (рис.3.15*б*).

$$dF = \mu_0 \cdot dK = \mu_0 \cdot p \cdot \frac{d}{2} \cdot d\psi \ , \tag{3.46}$$

где μ_0 - величина коэффициента трения, определяемая свойствами контактирующих материалов.

Преобразуем выражение (3.46) с учетом формулы для расчета контактного давления (3.39) и получим зависимость элементарной силы трения от угла подреза поперечного профиля ручья

$$dF = \mu_0 \cdot \frac{4 \cdot S \cdot \cos\psi \cdot d\psi}{(\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta) \cdot D}. \tag{3.47}$$

Силу трения, действующую на отрезок каната единичной длины, определим интегрированием dF по двум симметрично расположенным опорным поверхностям

$$F = \frac{8 \cdot \mu_0 \cdot S}{D \cdot (\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta)} \cdot \int_{\delta/2}^{\rho/2} \cos\psi \cdot d\psi \ . \tag{3.48}$$

В результате интегрирования и алгебраических преобразований получим

$$F = \mu_0 \cdot \frac{8 \cdot S \cdot (\sin\rho/2 - \sin\delta/2)}{D \cdot (\rho - \delta + \sin\rho - \sin\delta)}. \tag{3.49}$$

Исходя из очевидного равенства: $F' = F$, с учетом соотношения (3.49) получим формулу расчета приведенного значения величины коэффициента трения

$$\mu = \mu_0 \cdot K_\mu \ , \tag{3.50}$$

где K_μ - коэффициент приведения величины коэффициента трения.

Для неизношенного полукруглого с подрезом ручья

$$K_\mu = \frac{4 \cdot \left(\sin \rho/2 - \sin \delta/2\right)}{\rho - \delta + \sin \rho - \sin \delta}. \qquad (3.51)$$

Для изношенного ручья полукруглого с подрезом ($\rho = \pi$)

$$K_\mu = \frac{4 \cdot \left(1 - \sin \delta/2\right)}{\pi - \delta - \sin \delta}. \qquad (3.52)$$

Для полукруглого ручья без подреза ($\delta = 0, \rho = \pi$)

$$K_\mu = \frac{4}{\pi}. \qquad (3.53)$$

Для ручья клиновой формы ($\delta = \rho = \pi - \beta$)

$$K_\mu = \frac{1}{\sin \beta/2}. \qquad (3.54)$$

Расчетное обоснование геометрических характеристик ручья КВШ

Этот расчет выполняется на завершающем этапе тягового расчета лифта при следующих исходных данных: форма профиля ручья КВШ и, соответствующее ей, рекомендуемое значение коэффициента запаса тяговой способности n_γ; γ_{max} - максимальное значение величины коэффициента тяговой способности; d,D - расчетное значение диаметра каната и КВШ, м; S - максимальное значение величины натяжения ветви каната, кН; $[p]$ - допускаемое значение величины контактного давления, МПа (рис.3.14).

Порядок расчетного обоснования геометрических характеристик ручья КВШ.

1) Расчет приведенного значения коэффициента трения

$$\mu_p = \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\left(\gamma_{max} \cdot n_\gamma\right). \qquad (3.55)$$

2) Расчет коэффициента приведения коэффициента трения

$$K_{\mu \cdot p} = \mu_p / \mu_0 , \qquad (3.56)$$

где μ_0 - величина коэффициента трения, определяемая в зависимости от вида материала КВШ и режима работы лифта, соответствующего величине γ_{max}:

режим эксплуатационный (Э) - $\mu_0 = 0{,}09$ чугун, $\mu_0 = 0{,}1$ сталь;

статические испытания (ИС) - $\mu_0 = 0{,}1$ чугун, $\mu_0 = 0{,}11$ сталь.

3) Рассчитать величину угла подреза δ или угол клина β по соответствующей аналитической зависимости (3.51), (3.52) или (3.53) и по величине $K_{\mu p}$. Необходимо иметь в виду, что при использовании зависимостей (3.51) нужно применить графоаналитический метод: по соответствующей формуле построить график зависимости $K_\mu = f(\delta)$ и на графике по известной величине $K_{\mu p}$ найти соответствующую величину угла. При построении графиков, по оси абсцисс откладываются значения угловых величин ($\delta = 50 \div 105^\circ, \beta = 35 \div 70$), а по оси ординат - величина $K_{\mu p}$.

4) Определить максимальное значение величины контактного давления по соответствующей зависимости (3.39, 3.40 или 3.42) и расчетному значению угла δ или β.

5) Проверить выполнение условия контактной прочности поверхности ручья КВШ

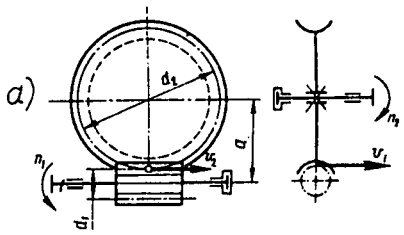
$$p_{max} \le [p]. \tag{3.57}$$

Если условия прочности не выполняются, целесообразно увеличить число параллельных ветвей канатов m.

3.4. Редукторы лифтовых лебедок

В редукторах лифтовых лебедках преимущественное распространение получили червячные передачи (рис.3.16) в силу ряда очевидных преимуществ: возможность получения больших передаточных чисел в одной паре, плавность и бесшумность работы [3, 11, 24, 29].

Недостатком червячной передачи является сравнительно низкий КПД, повышенный износ в связи с большими скоростями скольжения в зацеплении, склонность к задирам и заеданию контактирующих поверхностей.



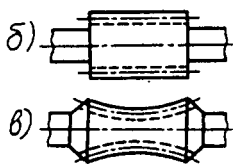


Рис.3.16. Схема червячной передачи лифтового редуктора
а) червячная передача;
б) червяк цилиндрический;
в) червяк глобоидный

Как и в зубчатых передачах, червячная передача характеризуется величиной диаметра делительной окружности червяка d_1 и колеса d_2, межцентровым расстоянием a. Однако в отличие от цилиндрических зубчатых передач, передаточное число червячного редуктора не определяется соотношением диаметров делительных окружностей, так как начальные окружности (цилиндры) не обкатываются, а скользят.

Скорость скольжения V_s, при относительно не больших углах подъема винтовой линии червяка, соизмерима с его окружной скоростью V_1

$$V_S = \sqrt{V_1^2 + V_2^2}\,, \tag{3.58}$$

$$V_S = V_1 / \cos\gamma\,, \tag{3.59}$$

где $V_1 = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / 60$ – окружная скорость червяка, м/с; $V_2 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2 / 60$ – окружная скорость червячного колеса, м/с; γ – угол подъема винтовой линии червяка, рад.; $\mathrm{tg} = V_2 / V_1$; n_1, n_2 – число оборотов червяка и червячного колеса, об/мин.

При $\gamma < 30°$ скорость скольжения $V_s > V_1$. Значительные скорости скольжения делают передачу весьма чувствительной к качеству смазки и склонной к повышенному износу.

Передаточное число червячного редуктора определяется соотношением

$$U = n_1 / n_2 = Z_2 / Z_1, \qquad (3.60)$$

где Z_1, Z_2 – число заходов червяка и число зубьев червячного колеса.

В зарубежных конструкциях лифтов преимущественно применяются редуктора с цилиндрическим червяком.

В нашей стране до недавнего времени отдавалось предпочтение глобоидным передачам.

Глобоидные червячные передачи обладают повышенной нагрузочной способностью, так как в зацеплении с зубом червяка одновременно находится несколько зубьев, и линии контакта зубьев с червяком располагаются практически перпендикулярно вектору скорости скольжения, что способствует образованию непрерывной масляной пленки на трущихся поверхностях.

Благоприятные условия смазки способствуют устранению заедания в червячном зацеплении.

Увеличение площади контактной поверхности позволяет использовать более дешевые сорта бронзы и дает некоторую экономию цветных металлов. Именно это обстоятельство предопределило предпочтительное применение глобоидных передач в лифтовых лебедках отечественного производства в послевоенный период. Наряду с очевидными достоинствами, глобоидные передачи имеют весьма существенные недостатки.

Значительно сложнее технология изготовления глобоидных передач. Практическое отсутствие оборудования для шлифовки глобоидного червяка исключило возможность его термической обработки, что в свою очередь, привело к снижению усталостной прочности, уменьшению КПД и повышенному износу зубьев колеса в связи с наличием существенных микронеровностей на поверхности червяка.

Отсутствие аналитической теории и использование экспериментальных зависимостей существенно усложняет процесс проектирования.

Глобоидные передачи весьма критичны к точности сборки и регулировке осевого положения червяка и колеса.

Снижение точности сборки и регулировки глобоидной передачи влечет за собой резкое снижение КПД и может вызвать заклинивание червячного зацепления. В связи с этим, исключалась возможность применения пролетной схемы установки КВШ с выносной опорой. Доминирующим решением стала консольная установка КВШ и, связанное с этим, увеличение габаритов подшипников выходного вала редуктора.

К недостатку глобоидной передачи следует отнести и наличие небольших кинематических колебаний окружной скорости червячного колеса, которые могут служить одной из причин вибрации кабины.

Длительный опыт эксплуатации отечественных лебедок с глобоидными передачами, а также опыт иностранных фирм убедительно свидетельствует о целесообразности возврата к цилиндрическим червячным передачам.

Поэтому в последнее время в практике отечественного лифтостроения наметилась устойчивая тенденция применения цилиндрических червячных передач как при производстве лифтов, так и при модернизации действующего лифтового оборудования.

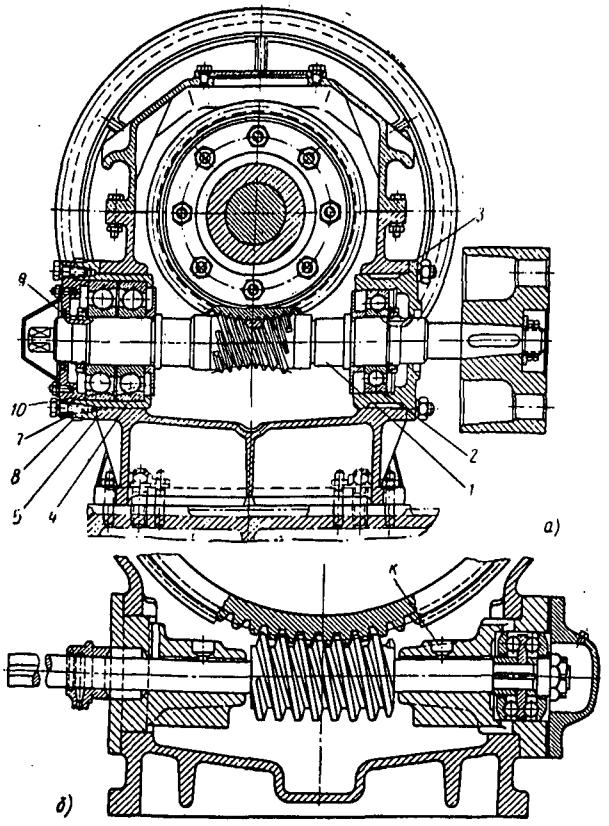


Рис.3.17. Конструкция червячной передачи
а) с глобоидным червяком; *б*) с цилиндрическим червяком; *1* – червяк, *2* – радиальный подшипник, *3* и *4* – стаканы, *5* – набор регулировочных прокладок из фольги для регулировки осевого положения червяка, *6* – прокладки под фланцем стакана подшипников червячного колеса, *7* – крышка, *8* – прокладки регулировочные, *9* – манжетное резиновое уплотнение, *10* – маслоотбойное кольцо

Червячные передачи с эвольвентным цилиндрическим червяком более технологичны и менее критичны к точности сборки. Хорошо отработана технология изготовления и термической обработки червяка.

Наличие аналитической теории расчета может служить основой оптимизации параметров этих передач.

К недостаткам цилиндрических передач следует отнести более высокий уровень контактных давлений, что делает необходимым использовать более дорогостоящие сорта бронзы для зубчатого венца червячного колеса. Несколько ухудшаются условия смазки в зацеплении (рис.3.17).

На рис.3.17*б* показано применение радиальных подшипников скольжения в цилиндрической червячной передаче с целью снижения уровня шума. В качестве упорного подшипника применяется более компактный шариковый [29].

В лифтовых лебедках применяют три способа расположения червяка редуктора: нижнее горизонтальное, верхнее горизонтальное и вертикальное.

Нижнее расположение червяка широко применяется в отечественной и зарубежной практике. Такое конструктивное решение имеет ряд преимуществ.

Прежде всего, обеспечиваются хорошие условия смазки червячного зацепления.

Низкое расположение центра тяжести делает лебедку более устойчивой и компактной.

Основным недостатком является утечка масла через уплотнения червячного вала. Это требует постоянного внимания обслуживающего персонала и увеличивает расход масла. Возникают дополнительные гидродинамические сопротивления, связанные с перемешиванием масла вращающимся червяком.

Утечка масла полностью устраняется в лебедках с верхним и вертикальным расположением червяка.

Лебедки с верхним расположением цилиндрического червяка успешно применяются в лифтах зарубежного и отечественного производства. На рис.3.18 представлен фрагмент конструкции редуктора отечественного производства с верхним расположением червячного вала, который одновременно является валом ротора двигателя.

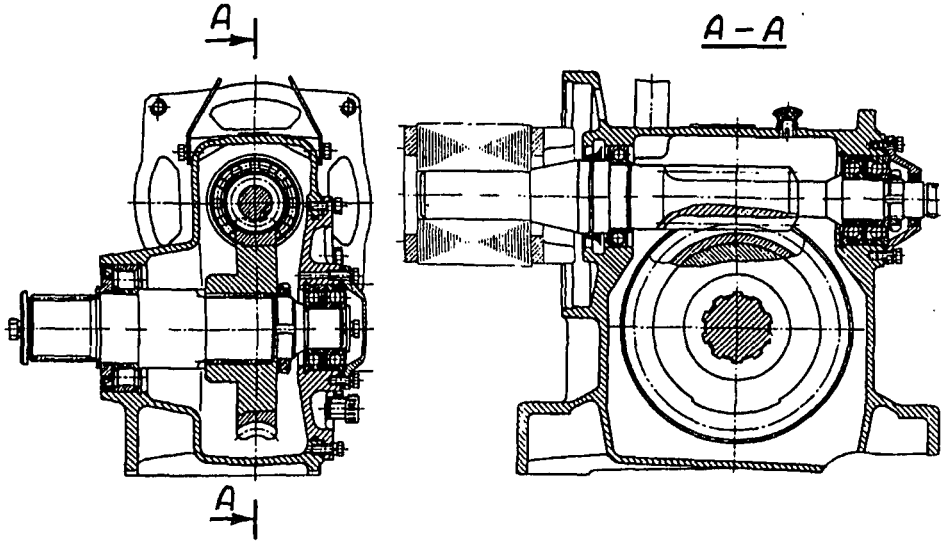


Рис.3.18. Редуктор с верхним расположением цилиндрического червяка

Применение системы мотор - червяк позволяет отказаться от использования соединительной муфты. При этом, снижается виброактивность редуктора, масса и габариты лебедки. Уменьшается трудоемкость ремонтных работ и технического обслуживания.

В редукторе с цилиндрической червячной передачей отсутствует регулировка осевого положения червяка, принципиально важная для глобоидной передачи.

Недостатком редуктора с верхним расположением червяка является ухудшение условий смазки зацепления после длительного простоя лифта.

Остаточная масляная пленка не гарантирует жидкостное трение в момент пуска двигателя.

Для компенсации этого недостатка и повышения несущей способности масляной пленки целесообразно увеличивать скорость скольжения контактирующих поверхностей червячного зацепления за счет применения двигателя с повышенной частотой вращения ротора.

Вертикальное расположение червяка позволяет заметно улучшить условия смазки червячного зацепления и исключит утечку масла так же, как и при верхнем горизонтальном расположении червяка (рис.3.5). При такой конструкции редуктора несколько увеличиваются потери энергии за счет перемешивания масла червяком, частично погруженным в масляную ванну.

В грузовых лифтах и в тех случаях, когда уровень шума не лимитирован, могут использоваться червячно-зубчатые передачи. При этом может использоваться открытая зубчатая передача с внутренним зацеплением колеса, встроенного в КВШ.

Специальные условия применения лифтов могут делать целесообразным применение более компактных планетарных передач. Однако, все альтернативные ре-

шения являются всего лишь исключением из сложившейся практики преимущественного использования червячных передач.

Отечественные и зарубежные производители лифтового оборудования обычно располагают хорошо отработанным рядом лифтовых лебедок, поэтому проектирование механизмов подъема сводится к расчетному обоснованию параметров и выбору узлов из существующего набора конструкций [3].

Расчет червячных редукторов лифтовых лебедок не имеет особой специфики за исключением необходимости учета значительной консольной нагрузки на выходной вал при консольной установке КВШ. Специфичен и характер нагрузок, определяемый назначением и режимом работы лифта.

Выбор редуктора с глобоидным и цилиндрическим червяком при консольной установке КВШ может производиться аналогичным образом и должен обеспечивать выполнение следующих необходимых условий:

$$U_р \geq U_0;\ \ [M] \geq M_э\ ;\ \ [P] \geq P_к\ ;\ \ ПВ_р \geq ПВ_л;\ \ N_р \geq N_д, \qquad (3.61)$$

где $U_р$, U_0 – табличное и расчетное значение передаточного числа редуктора; $[M]$, $M_э$ – табличное значение допускаемого момента на тихоходном валу и величина расчетного эквивалентного момента, Нм; $[P]$, $P_к$ – табличное значение допускаемой консольной нагрузки на тихоходном валу и расчетная консольная нагрузка, кН; $ПВ_р$, $ПВ_л$ – табличное значение продолжительности включения редуктора и проектируемого лифта; $N_р$, $N_д$ – расчетное значение мощности редуктора и двигателя лебедки, кВт.

Передаточное число редуктора определяется с учетом кинематической схемы лифта по следующей формуле

$$U_0 = \frac{\pi \cdot D \cdot n_н}{V \cdot U_п \cdot 60}, \qquad (3.62)$$

где D – расчетная величина диаметра КВШ (барабана), м; $n_н$ – номинальное значение частоты вращения вала двигателя, об/мин; V – расчетное значение величины скорости кабины, м/с; $U_п$ – величина кратности полиспаста подвески кабины.

Расчет величины эквивалентного крутящего момента вала КВШ производится с учетом вероятностного характера изменения нагрузки

$$M_э = P_{max} \cdot \frac{D}{2} \cdot K_э \cdot 10^{-3},\ \text{Нм}, \qquad (3.63)$$

где P_{max} – максимальная окружная нагрузка КВШ в режиме подъема неуравновешенного груза, кН; $K_э$ – коэффициент эквивалентности реальной диаграмме нагрузки.

Для лифтов с противовесом $K_э$ принимается в диапазоне от 0,7 до 0,9 [3].

Для лифтов с барабанной лебедкой без противовеса $K_э = 0{,}85 \div 0{,}95$ в зависимости от интенсивности работы лифта.

Величина расчетной консольной нагрузки $P_к$ определяется для режима, в котором окружная нагрузка КВШ принимает наибольшее значение P_{max}.

Расчетная мощность двигателя обычно определяется величиной P_{max} по формуле

$$N_д = \frac{P_{max} \cdot V \cdot U_п}{\eta_м},\ \text{кВт}, \qquad (3.64)$$

где $\eta_м$ – среднее значение КПД механизма лебедки, принимается в зависимости от типа и параметров редуктора в диапазоне от 0,7 до 0,8 [3].

Поверочный расчет редуктора, в случае необходимости, может производиться традиционными методами.

3.5. Тормоза

Тормоз предназначен для замедления движения машины или механизма, полной остановки и надежной фиксации неподвижного состояния.

Тормоза лифтовых лебедок должны удовлетворять следующим требованиям: высокая надежность и безопасность работы; наличие механизма ручного выключения тормоза с самовозвратом в исходное состояние; высокое быстродействие; низкая виброактивность и уровень шума; технологичность изготовления и малая трудоемкость технического обслуживания; обеспечение необходимой точности остановки кабины в лифтах с нерегулируемым приводом.

В лифтовых лебедках используются колодочные тормоза нормально-замкнутого типа с электромагнитной растормаживающей системой.

Правила ПУБЭЛ исключают возможность применения ленточных тормозов в связи с их недостаточной надежностью.

Роль тормоза лифтовой лебедки зависит от типа привода.

В лебедках с нерегулируемым приводом тормоз используется для обеспечения необходимой точности остановки и надежного удержания кабины на уровне этажной площадки, тогда как в лебедках с регулируемым приводом - только для фиксации неподвижного состояния кабины.

Для наиболее распространенных конструкций колодочных тормозов лифтовых лебедок характерно наличие независимых тормозных пружин каждой колодки, а в некоторых случаях, и независимых растормаживающих электромагнитов.

Тормозные накладки закрепляются на колодках посредством винтов, заклепок или приклеиванием термостойким клеем и обеспечивают угол обхвата шкива от 70° до 90°.

Материал накладок должен обеспечивать высокое и стабильное значение коэффициента трения в широком диапазоне температур, хорошую теплопроводность для исключения местного перегрева поверхности трения и высокую износостойкость.

Кинематические схемы колодочных тормозов весьма разнообразны (рис.3.19). Они отличаются способом создания тормозного усилия и особенностями конструкции механизма растормаживания.

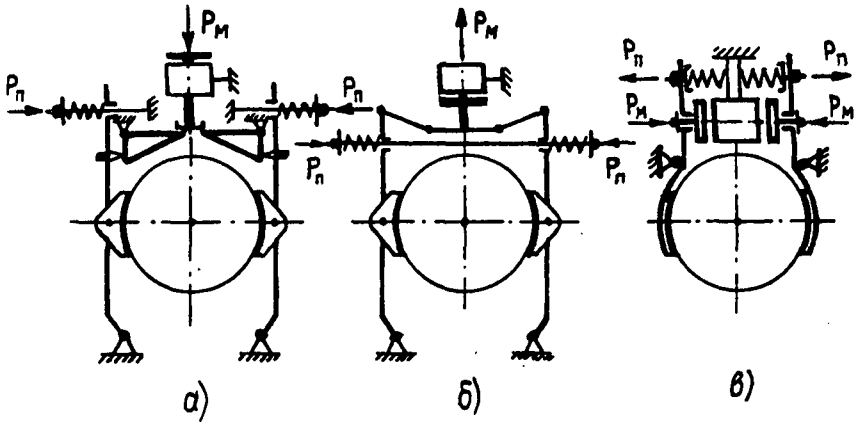


Рис.3.19. Схемы колодочных тормозов лифтовых лебедок
а) с короткоходовым электромагнитом; *б*) с длинноходовым электромагнитом;
в) с короткоходовым горизонтально расположенным электромагнитом

Схема тормоза, представленная на рис.3.19*а* характерна для лебедок пассажирских и грузопассажирских лифтов с нижним расположением вала червяка и для безредукторных лебедок скоростных лифтов. Тормоз грузовых лифтов обычно выполняется по схеме, приведенной на рис.3.19*б*. Лебедки с верхним горизонтальным и вертикальным расположением червяка оборудуются колодочными тормозами, изготовленными по схеме рис.3.19*в*.

Тормозное усилие в этих тормозах создается цилиндрическими пружинами, тогда как выключение тормоза осуществляется электромагнитами постоянного или переменного тока, получающими электропитание в момент включения двигателя лебедки.

Тормозные электромагниты различаются величиной хода подвижного сердечника (якоря) и подразделяются на короткоходовые и длинноходовые.

Тяговое усилие, развиваемое длинноходовым электромагнитом переменного тока, зависит от зазора между неподвижным магнитопроводом и подвижным сердечником (якорем). В момент включения катушки магнита зазор максимальный, а тяговое усилие имеет наименьшую величину, которая достигает максимального значения только в конце хода якоря, когда для удержания тормозных колодок в выключенном состоянии требуется меньшая сила тяги [52].

Увеличение тягового усилия магнита в конце хода сердечника вызывает повышенную силу удара у длинноходовых электромагнитов, что может приводить к расшихтовке магнитопровода катушки и к заклиниванию рычажной системы.

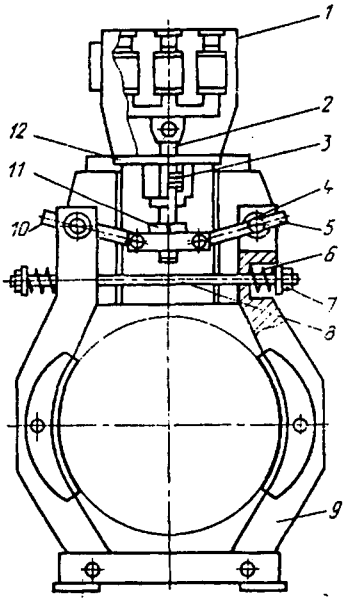


Рис.3.20. Колодочный тормоз с динноходовым электромагнитом переменного тока
1 - корпус электромагнита; *2* - шток электромагнита; *3* - демпфер; *4* - шарниры ; *5*, *10* - тяги; *6* - тормозные пружины; *7* - гайки регулировочные; *8* - тяга ; *9* - рычаг; *11* - серьга; *12* - кронштейн

У короткоходовых электромагнитов диапазон изменения тягового усилия не велик и потребляемый ток катушки, при перемещении сердечника, изменяется незначительно.

Электромагниты переменного тока отличаются повышенным быстродействием и более высоким уровнем шума. В связи с этим, они находят применение в грузовых лифтах промышленного применения (рис.3.20).

При включении электромагнита шток *2* и через тяги *4* и *10* разводит рычаги *9* с тормозными колодками в сторону от тормозного шкива.

При отключении магнита, одновременно с выключением двигателя, шток 2 под действием силы тяжести якоря и силы сжатия пружин 6 опускается вниз, колодки сжимают тормозной шкив, прекращая его вращение. Для уменьшения уровня шума в момент включения тормоза используется демпфер *3*.

Существенным недостатком колодочного тормоза с электромагнитом переменного тока является высокая вероятность выхода из строя катушки магнита в момент включения при аварийном заклинивании рычажной системы. Связано это с тем, что при максимальном зазоре между магнитопроводом и сердечником в момент включения сопротивление катушки переменного тока мало и ток в 10 - 20 раз превышает ток установившегося режима, а катушки этих электромагнитов рассчитывают на кратковременную токовую перегрузку.

Одним из недостатков электромагнитов переменного тока является повышенный уровень шума в связи с вибрацией набора пластин стали магнитопровода при перемагничивании.

В конструкциях колодочных тормозов зарубежного и отечественного производства чаще применяются короткоходовые электромагниты постоянного тока, так как они меньше шумят и имеют лучшие тяговые характеристики (рис.3.21).

Недостатком электромагнитов постоянного тока является их электромагнитная инерция, связанная с большой индуктивностью катушки. Поэтому возникает возможность запуска двигателя под тормозом.

Для исключения такой возможности необходимо форсировать нарастание тока в катушке магнита в момент включения или обеспечить опережающее включение питания магнита.

Тормозные колодки прижимаются к шкиву предварительно сжатыми калиброванными, по свободной длине и жесткости, пружинами *11*. Регулировка сжатия пружин производится гайками на шпильках *1*.

Винты *13* служат для регулировки радиального зазора между тормозным шкивом и поверхностью колодок при выключенном тормозе.

При включении электромагнита или при нажатии на рычаг ручного выключения *4*, якорь *7* электромагнита опускается вниз и через шток *9* воздействует на рычаги *12* так, что колодки отходят от тормозного шкива.

Рассмотренная конструкция тормоза достаточно хорошо зарекомендовала себя в лебедках отечественного производства с глобоидными червячными передачами. Основным ее недостатком является повышенная материалоемкость и низкая технологичность конструкции. На смену этой конструкции пришла более технологичная облегченная модель колодочного тормоза выпускаемого КМЗ (г.Москва) (рис.3.22).

Отличительной особенностью данного тормоза является жесткая установка более простых по конструкции колодок *11*, *12* на рычагах *10* и меньшая металлоемкость всех остальных элементов конструкции за счет использования легких сплавов. Принцип действия и регулировки тормоза полностью аналогичны рассмотренной выше конструкции.

На лебедках с горизонтальным и вертикальным червяком применяется тормоз с горизонтальным расположением электромагнитов постоянного тока (рис.3.23).

Как и в ранее рассмотренной конструкции (рис.3.22), колодки *2* жестко закреплены на рычагах *4*. Электромагнит расположен горизонтально. Зазор между якорем 11и торцевой поверхностью электромагнита *10* регулируется гаечным ключом *5* путем вращения винтов *13* с предварительным ослаблением затяжки гаек *12*. В целях снижения уровня шума этот зазор рекомендуется устанавливать на уровне 0,3 - 0,4 мм.

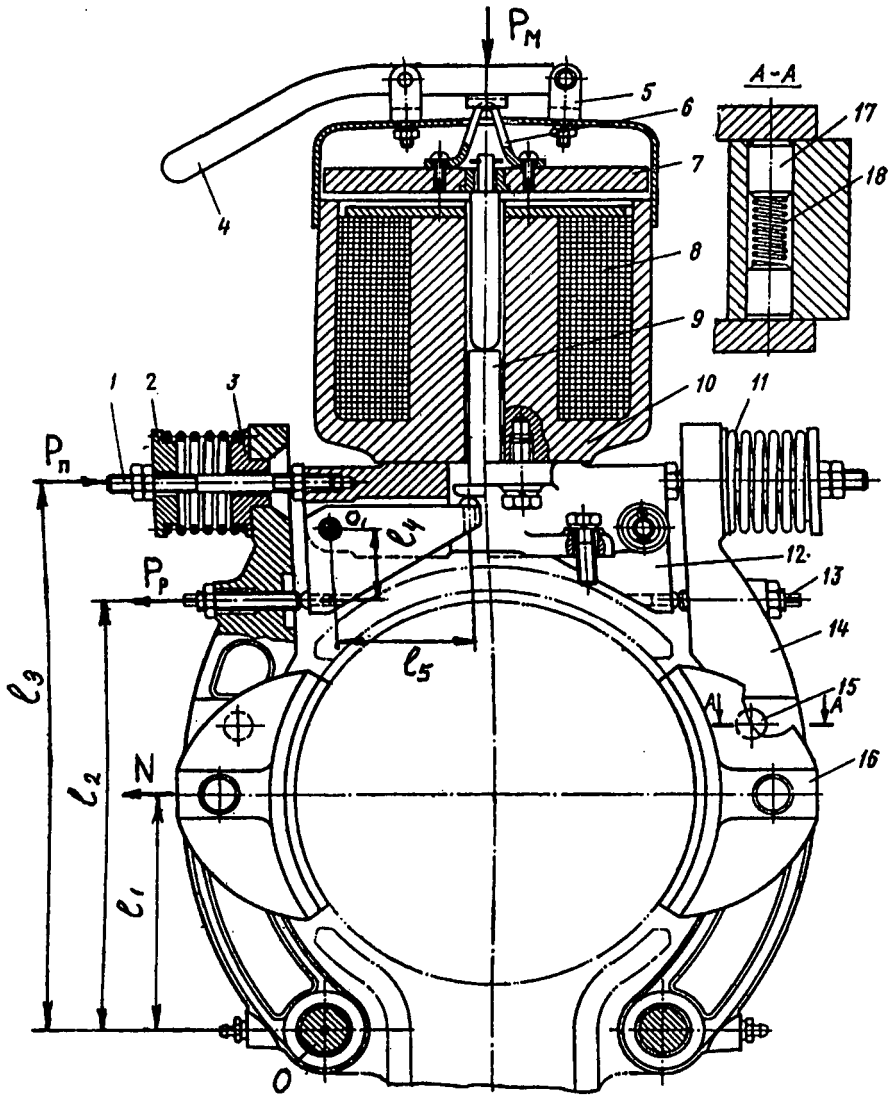


Рис.3.21. Тормоз с вертикальным расположением электромагнита постоянного тока

1 – шпилька; *2* – фасонная шайба; *3* – втулка опорная; *4* – рычаг; 5 – вилка; *6* – подставка; *7* – якорь; *8* – катушка магнита; *9* – шток; *10* – корпус магнита; *11* – пружина; *12* – двуплечий рычаг; *13* – винт регулировочный; *14* – рычаг; *15* – фиксатор колодки; *16* – колодка

Регулировка тормозного момента производится посредством ключа 5 путем вращения шпильки *6* и гаек *8*, *9*.

Ручное выключение тормоза производится не показанном на схеме рычагом.

Жесткая установка колодок (рис.3.22 и рис.3.23) не гарантирует 100% контакта тормозной колодки с тормозным шкивом после сборки лебедки. Площадь контакта составляет 60-70% рабочей поверхности тормозной накладки. Приблизительно через месяц эксплуатации лифта она достигает 90-99%. Тормоз начинает работать более жестко и требуется немного ослабить силу предварительного сжатия тормозных пружин. Такова плата за упрощение конструкции тормоза.

Расчетная величина тормозного момента определяется на основании рассмотрения двух режимов работы лебедки: наиболее тяжелый эксплуатационный режим с максимальной окружной нагрузкой КВШ и режим статических испытаний.

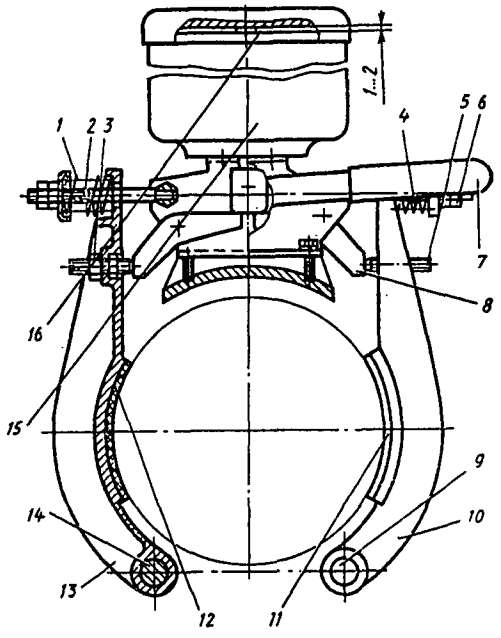


Рис.3.22. Колодочный тормоз с вертикальным электромагнитом и жесткой установкой колодок
1, *4* – пружина, *2* – шпилька, *3*, *6* – гайка, *5* – винт, *7* – рычаг выключения тормоза, *8* – двуплечий рычаг, *9*, *14* – шарнир, *10*, *13* – рычаг, *11* – колодка, *12* – тормозная накладка, *15* – электромагнит, *16* – якорь электромагнита

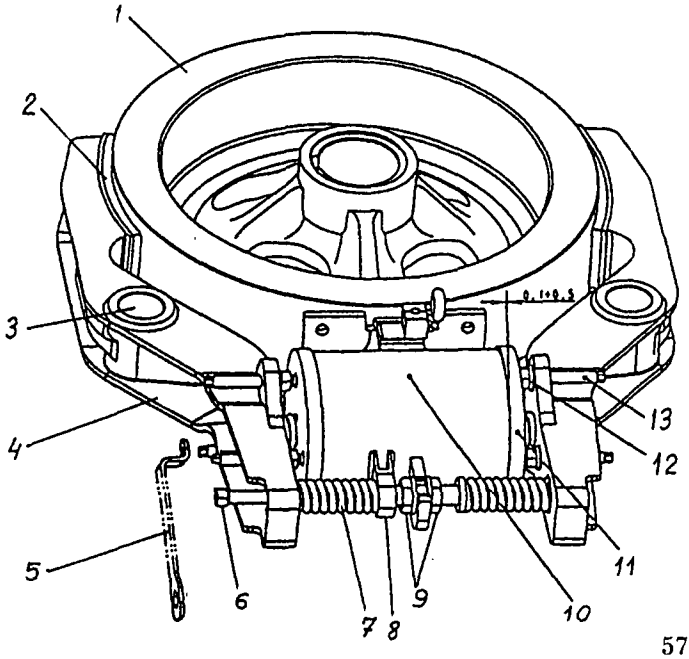


Рис.3.23. Колодочный тормоз фирмы ОТИС с горизонтальным расположением растормаживающих магнитов
1 – тормозной шкив; *2* – тормозная колодка; *3* – шарнир; *4* – рычаг; *5* – гаечный ключ; *6* – шпилька регулировки предварительного сжатия пружин; *7* – тормозная пружина; *8*, *9*, *12* – гайка; *10* – электромагнит тормоза; *11* – якорь электромагнита; *13* – винт регулировки радиального отхода колодки

Тормозной момент в расчетном эксплуатационном режиме

$$M_{\text{тэ}} = \frac{P_{\max} \cdot D \cdot \eta_{\text{п}}}{2 \cdot U_{\text{р}}} \cdot K_{\text{тэ}} . \tag{3.65}$$

Тормозной момент в режиме статических испытаний

$$M_{\text{тис}} = \frac{P_{\text{ис}} \cdot D \cdot \eta_{\text{о}}}{2 \cdot U_{\text{р}}} \cdot K_{\text{тис}} , \tag{3.66}$$

где $P_{\max}$ - максимальное значение величины окружного усилия КВШ в наиболее тяжелом эксплуатационном режиме, включая режим динамических испытаний, кНм; $P_{\text{ис}}$ - окружное усилие КВШ в режиме статических испытаний, кНм; $\eta_{\text{п}}$, $\eta_{\text{о}}$ - прямой КПД при номинальных оборотах двигателя и обратный КПД при 200 об/мин; D - расчетное значение величины диаметра КВШ, м ; $U_{\text{р}}$ - передаточное число редуктора; $K_{\text{тэ}}$, $K_{\text{тис}}$ - коэффициент запаса тормозного момента для эксплуатационного режима и режима статических испытаний, соответственно (для пассажирского лифта: $K_{\text{тэ}}$= 2, $K_{\text{тис}}$ = 1,4; грузовой с проводником: $K_{\text{тэ}}$= 1,8, $K_{\text{тис}}$ = 1,3) [3].

По наибольшей величине тормозного момента $M_{\text{т}}$ и соответствующему каталогу выбирается тип колодочного тормоза.

Расчет работоспособности колодочного тормоза рассмотрим на примере конструкции, приведенной на рис.3.21 (необходимые размеры и обозначения указаны на схеме).

Исходные данные: $M_{\text{т}}$ - расчетный тормозной момент, Нм; μ - коэффициент трения между колодкой и шкивом; l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 - величина соответствующего плеча приложения усилий, м; $D_{\text{т}}$ - диаметр тормозного шкива, м.

Величина нормальной реакции тормозного шкива на давление колодки

$$N = \frac{M_{\text{т}}}{\mu \cdot D_{\text{т}}}, \text{ Н.} \tag{3.67}$$

Усилия сжатия тормозной пружины при включенном тормозе найдем из уравнения равновесия рычага *14* относительно центра шарнира О

$$P_{\text{п}} = \frac{N \cdot l_1}{l_2}, \text{ Н.} \tag{3.68}$$

Давление рычага *12* на регулировочный винт *13* определяем из условия равновесия рычага относительно точки *О*

$$P_{\text{р}} = \frac{P_{\text{п}} \cdot l_3}{l_2}, \text{ Н.} \tag{3.69}$$

Тяговое усилие электромагнита при выключенном тормозе определим из условия равновесия рычага *12* относительно точки O_1

$$P_{\text{м}} = \frac{2 \cdot P_4 \cdot l_4}{l_5}, \text{ Н.} \tag{3.70}$$

Хода якоря (подвижного сердечника) электромагнита рассчитываем по заданному значению радиального зазора между колодкой и шкивом ε

$$h_{\text{м}} = \varepsilon \cdot \frac{l_2 \cdot l_5}{l_1 \cdot l_4}, \text{ мм.} \tag{3.71}$$

Контактное давление между колодкой и тормозным шкивом

$$p = \frac{2 \cdot N}{D_т \cdot B \cdot \beta} \le [p], \qquad (3.72)$$

где B – ширина накладки тормозной колодки, м; β – угол дуги охвата шкива колодкой, рад; $[p]$ – допускаемая величина контактного давления, зависящая от материала накладки, Н/м^2.

3.6. Определение массы и уравновешивание подвижных частей механизма подъема

Работа механизма подъема лифта связана с перемещением массы кабины, противовеса, тяговых канатов и подвесного кабеля.

Работа по преодолению сил тяжести подвижных частей может быть существенно снижена, если добиться равновесия сил тяжести, действующих на канатоведущий орган лебедки со стороны кабины и противовеса.

Так как полезный груз в кабине не остается величиной постоянной, полное уравновешивание кабины с грузом практически исключается. Если силу тяжести конструкции кабины можно полностью уравновесить с помощью противовеса, то груз в кабине – только частично.

В крайних положениях кабины оказывается неуравновешенной и сила тяжести тяговых канатов [2, 3, 52].

Влияние неуравновешенности канатов становится весьма ощутимым при значительной высоте подъема лифта.

Основную роль в системе уравновешивания играет противовес. При небольшой высоте подъема масса противовеса выбирается из условия уравновешивания кабины и среднестатистического значения массы полезного груза. Это обеспечивает существенное снижение окружной нагрузки КВШ и необходимой мощности привода лебедки.

При высоте подъема кабины более 45 м приходится учитывать влияние силы тяжести неуравновешенной части тяговых канатов и применять для их уравновешивания дополнительные гибкие уравновешивающие элементы в виде цепей или уравновешивающих канатов.

Определение массы противовеса требует предварительного определения массы кабины лифта по исходным данным или по приближенным соотношениям, устанавливающим зависимость между площадью пола и массой кабины [3].

Масса кабин лифтов отечественного производства приближенно определяться по следующим зависимостям: (3.73)

больничный лифт $Q_к = 350 \cdot A \cdot B$, кГ;

пассажирский и грузопассажирский $Q_к = (500 \div 550) \cdot A \cdot B$, кГ;

грузовой $Q_к = 200 \cdot A \cdot B$, кГ; с монорельсом $Q_к = 400 \cdot A \cdot B$, кГ,

где A, B – ширина и глубина кабины, соответственно, м.

Масса противовеса определяется по формуле

$$Q_п = Q_к + \varphi \cdot Q, \qquad (3.74)$$

где φ – коэффициент уравновешивания номинального груза кабины; Q – масса груза, кГ.

Величина коэффициента уравновешивания определяется из условия равенства окружной нагрузки КВШ при подъеме груженой кабины с первого этажа и при опускании порожней кабины с последнего.

Окружная нагрузка КВШ:

при подъеме груженой кабины с нижнего этажа

$$P_1 = (Q + Q_к + Q_{тк} - Q_п) \cdot g \cdot 10^{-3}, \qquad (3.75)$$

при спуске порожней кабины с верхнего этажа

$$P_2 = (Q_п + Q_{тк} - Q_к) \cdot g \cdot 10^{-3}. \qquad (3.76)$$

Приравняв окружные нагрузки $P_1 = P_2$ и выразив массу противовеса через соотношение (3.73) получим величину коэффициента уравновешивания

$$\varphi = 0{,}5. \qquad (3.77)$$

При использовании в качестве гибких уравновешивающих элементов стальных канатов, в приямке на вертикальных направляющих устанавливается натяжное устройство, исключающее скручивание канатов. Натяжное устройство контролируется конечным выключателем, отключающем лебедку при чрезмерной вытяжке канатов или выходе его из направляющих.

Уравновешивающие цепи не требуют натяжного устройства. Для снижения уровня шума через звенья цепи пропускается пеньковый канат.

Уравновешивающие цепи применяются при скорости движения кабины не более 1,4 м/с. При больших скоростях применяются уравновешивающие канаты.

На рис.3.24 приведены схемы уравновешивания тяговых канатов, которые применяются при прямой и полиспастной подвеске кабин (противовесов). На схемах приняты следующие обозначения: ; *К* - кабина; *П* - противовес; *ПК* - подвесной кабель; *УЦ* - уравновешивающая цепь; *УК* - уравновешивающие канаты; *НУ* - натяжное устройство; *Ш* - шахта.

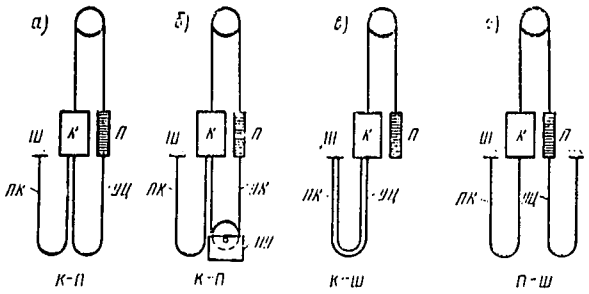


Рис.3.24. Схемы уравновешивания тяговых канатов
а) кабина - противовес с цепями; *б*) кабина - противовес с канатами устройством; *в*) кабина - шахта; *г*) противовес - шахта

Предварительно определяется масса 1 метра тягового каната и подвесного кабеля с учетом числа параллельных ветвей:

масса 1 метра тягового каната $q_{тк} = q_к \cdot m$, кГ/м; (3.78)

масса 1 метра подвесного кабеля $q_{пк} = q_{пк1} \cdot m_{пк}$,

где $q_к$ - масса 1 метра ветви тягового каната, кГ/м; $q_{пк1}$ - масса 1 метра одного подвесного кабеля, кГ/м; m, $m_{пк}$ - число параллельных ветвей тягового каната и число подвесных кабелей.

Рассмотрим схему уравновешивания по системе **кабина-противовес** с уравновешивающими цепями (рис.3.24*а*).

Рассмотрим условие равновесия, когда кабина и противовес находятся в середине шахты. В кабине находится груз, полностью уравновешиваемый противовесом. Для упрощения высоту кабины и противовеса принимаем одинаковой величины.

Из условия равновесия относительно оси КВШ, с учетом длины подвесного кабеля кабины, получим равенство

$$Q_{\text{п}} \cdot g \cdot 10^{-3} = g \cdot 10^{-3} \cdot \left(Q_{\text{к}} + \varphi \cdot Q + q_{\text{пк}} \cdot \frac{H}{4} \right) \tag{3.79}$$

или, после преобразования

$$Q_{\text{п}} = Q_{\text{к}} + \varphi \cdot Q + q_{\text{пк}} \cdot \frac{H}{4}, \tag{3.80}$$

где H/4 - часть длины подвесного кабеля, сила тяжести которого приложена к кабине.

Если кабина поднимется на высоту h, на противовес начнет действовать сила тяжести массы тяговых канатов, которая равна $2 \cdot h \cdot q_{\text{тк}}$. На кабину, в этом случае, будет действовать сила тяжести уравновешивающих цепей (канатов) общей массой $2 \cdot h \cdot q_{\text{у}}$, где $q_{\text{у}}$ - масса 1 метра уравновешивающих цепей. Дополнительно на кабину будет действовать сила тяжести соответствующей части подвесного кабеля массой $h \cdot q_{\text{пк}}/2$.

По аналогии с предыдущим, из условия равновесия, получим

$$Q_{\text{п}} + 2 \cdot h \cdot q_{\text{тк}} = Q_{\text{к}} + \varphi \cdot Q + \left(\frac{H}{4} + \frac{h}{2} \right) \cdot q_{\text{пк}} + 2 \cdot h \cdot q_{\text{у}}, \tag{3.81}$$

Выразим массу противовеса через массу кабины, часть уравновешенного груза и, после алгебраических преобразований выражения (3.83), получим

$$q_{\text{у}} = q_{\text{тк}} - 0{,}25 \cdot q_{\text{пк}}, \tag{3.82}$$

Если лифт имеет полиспастную подвеску, то при подъеме кабины на высоту h на стороне кабины будет дополнительно действовать сила тяжести массы, равной величине $(2 \cdot h \cdot q_{\text{у}} + h \cdot q_{\text{пк}}/2)/U_{\text{п}}$, так как другая часть будет восприниматься неподвижно закрепленной ветвью полиспаста.

В этом случае, условие равновесия запишется так

$$Q_{\text{п}} + 2 \cdot h \cdot q_{\text{тк}} = Q_{\text{к}} + \varphi \cdot Q + \frac{H}{4} \cdot q_{\text{пк}} + 0{,}5 \cdot \left(2 \cdot h \cdot q_{\text{у}} + \frac{h \cdot q_{\text{пк}}}{2} \right). \tag{3.83}$$

После, аналогичных предыдущим, преобразований получим

$$q_{\text{у}} = q_{\text{тк}} \cdot U_{\text{п}} - 0{,}25 \cdot q_{\text{пк}}. \tag{3.84}$$

Используя аналогичные рассуждения нетрудно определить массу 1 метра уравновешивающих цепей (канатов) для других схем уравновешивания:

схема «кабина-шахта» и «противовес-шахта»

при прямой подвеске $q_{\text{у}} = 4 \cdot q_{\text{тк}} - q_{\text{пк}}$; (3.85)

при полиспастной подвеске $q_{\text{у}} = 4 \cdot q_{\text{тк}} \cdot U_{\text{п}} - q_{\text{пк}}$. (3.86)

Масса гибких подвижных частей определяется так:

- масса неуравновешенной части тяговых канатов

$$Q_{\text{тк}} = q_{\text{тк}} \cdot (H + 3), \text{ кГ}. \tag{3.87}$$

- масса подвесного кабеля

$$Q_{пк} = q_{пк} \cdot \left(H/2 + 5\right), \text{ кГ}. \quad (3.88)$$

- масса уравновешивающих цепей (канатов)

для схемы «кабина–противовес»

$$Q_{у} = q_{у} \cdot H, \text{ кГ}. \quad (3.89)$$

для схемы «кабина–шахта» и «противовес–шахта»

$$Q_{у} = q_{у} \cdot \left(H/2 + 2\right). \quad (3.90)$$

Выбор типа подвесного кабеля и определение массы 1 метра его длины производится в зависимости от числа проводящих жил и вида изоляции.

3.7. Расчет механизма подъема лифта

По принятой в лифтостроении терминологии расчет механизма подъема называется тяговым расчетом [3].

Тяговый расчет включает три характерные части: статический и кинематический расчет; динамический расчет; расчетное обоснование формы профиля канавки обода КВШ.

Исходные данные тягового расчета: назначение и кинематическая схема лифта; грузоподъемность, основные размеры и скорость кабины; масса кабины, конструкция дверей; масса одного метра подвесного кабеля; расположение противовеса в плане шахты; расположение машинного помещения; число остановок и высота подъема кабины; режим работы лифта (ПВ%).

Статический и кинематический расчет

Цель расчета: обоснование параметров и выбор узлов и деталей механизма подъема лифта без учета действия инерционных сил и по этому требует последующей корректировки по результатам динамического расчета.

Характерные варианты расчетных схем лифта приведены на рис.3.25. Приняты следующие обозначения: Q, $Q_{к}$, $Q_{п}$, $Q_{у}$, $Q_{тк}$, $Q_{пк}$ – масса груза, кабины, противовеса, уравновешивающих цепей, тяговых канатов и подвесного кабеля; $F_{к}$, $F_{г}$, $F_{п}$ – сила сопротивления движению кабины, груза и противовеса; V – скорость движения кабины; H, $h_{б}$, D – высота подъема кабины, расстояние между башмаками кабины по высоте и диаметр КВШ.

Расчет включает следующие основные позиции: расчетное обоснование параметров тяговых канатов (раздел 3.3); расчет массы и уравновешивание подвижных частей лифта (раздел 3.6); расчет сопротивлений перемещению подвижных частей лифта.

При движении противовеса и кабины с грузом по направляющим возникают силы трения башмаков по направляющим под действием нормальных сил, вызываемых эксцентричностью положения центра масс кабины и груза, смещением точки канатной подвески.

В скоростных лифтах возникают существенные по величине силы аэродинамического сопротивления, зависящие от аэродинамического качества и скорости движущихся частей.

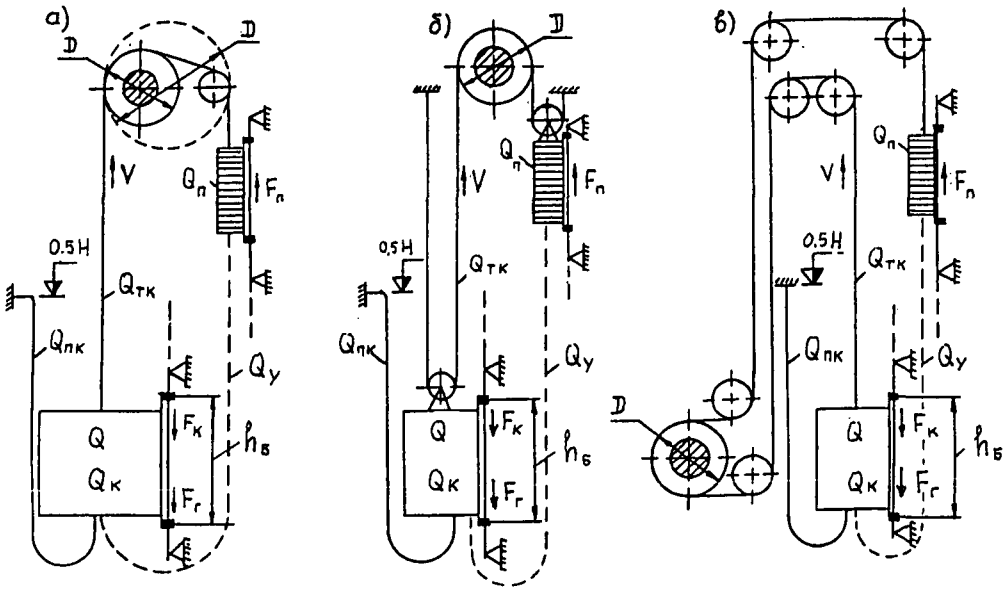


Рис.3.25. Расчетные схемы лифтов
а) с верхним машинным помещением и прямой подвеской (с отводным блоком); *б*) с верхним машинным помещением и полиспастной подвеской; *в*) с нижним машинным помещением

Сила аэродинамического сопротивления движению кабины и противовеса

$$F_A = c \cdot A \cdot B \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \text{ кН} \qquad (3.91)$$

где c – коэффициент аэродинамического сопротивления обтеканию движущегося объекта ($c = 0{,}8 \div 1{,}2$) в зависимости от конструкции объекта и наличия обтекателя для улучшения аэродинамического качества кабины [2]); A, B – поперечные размеры кабины (противовеса), м; V – скорость установившегося движения, м/с; ρ – плотность воздушного потока, кГ/м^3 ($\rho = 1{,}1 \div 1{,}125$) кГ/м^3 [24].

Сопротивление движению от сил трения может достаточно точно рассчитываться по аналитическим зависимостям.

Для удобства дальнейших вычислений, отдельно производится расчет сопротивления движению порожней кабины и сопротивления движению груза, движущегося в условно невесомой кабине. Дополнительные сопротивления, связанные с нарушениями прямолинейности направляющих и влиянием других случайных факторов, учитываются экспериментально полученными коэффициентами.

Так, при расчете противовеса предполагается, что сила трения в башмаках скольжения составляет около 0,75% от силы тяжести противовеса. При наличии роликовых башмаков этот коэффициент составляет около 0,3%.

Дополнительные неучтенные сопротивления движению кабины с башмаками скольжения принимаются равными 1,5% от силы тяжести порожней кабины и 0,7% – при роликовых башмаках [3].

При наличии роликовых башмаков следует дополнительно учитывать сопротивления, связанные с силой предварительного прижатия боковых и торцевых роликов к направляющим, которые необходимы для предотвращения скольжения роликов по направляющим при разгоне и торможении кабины под действием моментов инерционных сил (см. раздел.4).

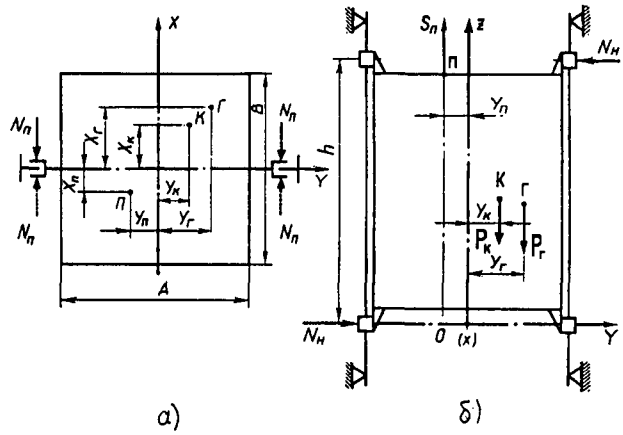


Рис.3.26. Схемы к расчету опорных реакций башмаков кабины: *а*) схема горизонтальной проекции кабины; *б*) схема вертикальной проекции кабины

Рассмотрим расчет сопротивлений более подробно с учетом расчетных схем, приведенных на рис.3.26. Приняты следующие обозначения: ; A, B – ширина и глубина кабины, м; h – расстояние между башмаками по вертикали, м; $П$ – обозначение точка подвески кабины; $X_п$, $Y_п$ – продольное и поперечное смещение точки подвески кабины относительно центра пола, м; $S_п$ – натяжение тяговых канатов, кН; K – положение центра масс кабины; $Г$ – положение центра масс расчетного груза; $X_к$, $Y_к$ – продольное и поперечное смещение центра масс кабины относительно центра пола, м; $X_г$, $Y_г$ – продольное и поперечное смещение центра масс расчетного груза, м; $N_п$, $N_н$ – нормальные реакции в зоне контакта башмаков с направляющими, которые действуют перпендикулярно и параллельно плоскости направляющих; $P_к$, $P_г$ – сила тяжести кабины и груза, соответственно, кН.

Силы нормального давления, действующие на башмаки в плоскости направляющих и в перпендикулярном к ним направлении, определим из уравнений равновесия кабины:

$$\sum M_x = 0, \quad \sum M_y = 0. \tag{3.92}$$

Из уравнений равновесия определим соответствующие нормальные реакции

$$N_н = \frac{P_г \cdot (Y_г + Y_п) + P_к \cdot (Y_к + Y_п)}{h}, \text{ кН}, \tag{3.93}$$

$$N_п = \frac{P_г \cdot (X_г + X_п) + P_к \cdot (X_к + X_п)}{2 \cdot h}, \text{ кН}, \tag{3.94}$$

где $P_г = Q_р \cdot 10^{-2}$ – величина силы тяжести массы расчетного груза, кН (для пассажирского лифта $Q_р = 0{,}5 \cdot Q_с$, где $Q_с$ – грузоподъемность из условия свободного заполнения кабины; для остальных типов лифтов $Q_р = 1{,}1 \cdot Q$); $P_к$ – сила тяжести массы кабины, кН; $X_п$, $Y_п$ – координаты смещения точки подвески кабины принимаются по конструктивным соображениям от 0,03 до 0,1 м; $X_к$, $Y_к$ – величина продольного и поперечного смещения центра масс кабины, зависящая от конструкции дверей кабины и может приниматься в пределах от 0,02 до 0,1 м; $X_г = B/6$; $Y_г = A/6$ – определяются в предположении, что расчетный груз равномерно распределен по треугольной площадке, составляющей 50 % площади пола кабины, отделенной диагональю прямоугольного контура.

Нормальные давления для кабины без груза

$$N_{нк} = \frac{P_к \cdot (Y_к + Y_п)}{h}, \text{ кН}, \tag{3.95}$$

$$N_{пк} = \frac{P_к \cdot (X_к + X_п)}{2h}, \text{ кН}. \tag{3.96}$$

Нормальные давления для расчетного груза без учета массы кабины

$$N_{нг} = \frac{P_г \cdot (Y_г + Y_п)}{h}, \text{ кН}, \tag{3.97}$$

$$N_{пг} = \frac{P_г \cdot (X_г + X_п)}{2h}, \text{ кН}. \tag{3.98}$$

Сопротивление движению кабины без груза:

- при башмаках скольжения

$$F_к = (2N_{нк} + 4N_{пк}) \cdot \omega_с + 0{,}015 \cdot Q_к \cdot 10^{-3}, \text{ кН}; \tag{3.99}$$

- при роликовых башмаках

$$F_к = (2N_{нк} + 4N_{пк}) \cdot \omega_р + 0{,}007 \cdot Q_к \cdot 10^{-3} + 12 \cdot P_р \cdot \omega_р, \text{ кН}, \tag{3.100}$$

где $\omega_с$=0,12 - коэффициент сопротивления движению башмаков скольжения; $\omega_р$=0,04÷0,06 - коэффициент сопротивления движения роликов; $P_р \le 0{,}01$, кН - сила предварительного прижатия ролика к направляющей (определяемая из условия отсутствия проскальзывания ролика относительно направляющей при разгоне и торможении кабины) [2, 3, 29].

Сила сопротивления движению расчетного груза

- при башмаках скольжения $F_г = \omega_с \cdot (2N_{нг} + 4N_{пг})$, кН (3.101)
- при роликовых башмаках $F_г = \omega_р \cdot (2 \cdot N_{нг} + 4N_{пг})$, кН (3.102)

Сила сопротивления движению противовеса

- при башмаках скольжения $F_п = 7.5 \cdot Q_п \cdot 10^{-5}$, кН (3.103)
- при роликовых башмаках $F_п = 3Q_п \cdot 10^{-5}$, кН (3.104)

4) Расчет натяжения канатов подвески кабины $S_к$ и противовеса $S_п$ в рабочих и испытательных режимах.

Рассмотрим более общий случай лифта с верхним машинным помещением и полиспастной подвеской кабины (рис.3.25*б*). В приведенных ниже формулах приняты следующие дополнительные обозначения: $U_п$, $\eta_б$ - кратность полиспаста и КПД блока канатной системы [3].

Режим подъема неуравновешенного груза.

Груженая кабина внизу, подъем

$$S_{к1} = \left[(Q + Q_к) \cdot 10^{-2} + F_к + F_г\right] \cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}; \tag{3.105}$$

$$S_{п1} = \left[(Q_п + Q_у) \cdot 10^{-2} - F_п\right] \cdot \frac{\eta_б}{U_п}.$$

Груженая кабина вверху, подъем

$$S_{к2} = \left[\left(Q + Q_к + Q_{пк} + Q_у\right)\cdot 10^{-2} + F_к + F_г\right]\cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2}; \quad (3.106)$$

$$S_{п2} = \left(Q_п \cdot 10^{-2} - F_п\right)\cdot \frac{\eta_б}{U_п} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}.$$

Порожняя кабина внизу, спуск

$$S_{к3} = \left(Q_к \cdot 10^{-2} - F_к\right)\cdot \frac{\eta_б^2}{U_п} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}; \quad (3.107)$$

$$S_{п3} = \left[\left(Q_п + Q_у\right)\cdot 10^{-2} + F_п\right]\cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б}.$$

Порожняя кабина вверху, спуск

$$S_{к4} = \left[\left(Q_к + Q_{пк} + Q_у\right)\cdot 10^{-2} - F_к\right]\cdot \frac{\eta_б^2}{U_п}; \quad (3.108)$$

$$S_{п4} = \left(Q_п \cdot 10^{-2} + F_п\right)\cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}.$$

Перегруженная на 10% кабина внизу, подъем; динамические испытания

$$S_{к5} = S_{к1} + 0{,}1 \cdot Q \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2}; \quad S_{п5} = S_{п1}. \quad (3.109)$$

Перегруженная на 10% кабина вверху, подъем; динамические испытания

$$S_{к6} = S_{к2} + 0{,}1 \cdot Q \cdot 10^{-2} \cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2}; \quad S_{п6} = S_{п2}. \quad (3.110)$$

Режим опускания неуравновешенного груза

Груженая кабина внизу, спуск

$$S_{к7} = \left[\left(Q + Q_к\right)\cdot 10^{-2} - F_к - F_г\right]\cdot \frac{\eta_б^2}{U_п} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}; \quad S_{п7} = S_{п3}. \quad (3.111)$$

Груженая кабина вверху, спуск

$$S_{к8} = \left[\left(Q + Q_к + Q_{пк} + Q_у\right)\cdot 10^{-2} - F_к - F_г\right]\cdot \frac{\eta_б^2}{U_п}; \quad S_{п8} = S_{п4}. \quad (3.112)$$

Порожняя кабина внизу, подъем

$$S_{к9} = \left(Q_к \cdot 10^{-2} + F_к\right)\cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}; \quad S_{п9} = S_{п1}. \quad (3.113)$$

Порожняя кабина вверху, подъем

$$S_{к10} = \left[\left(Q_к + Q_{пк} + Q_у\right)\cdot 10^{-2}\right]\cdot \frac{1}{U_п \cdot \eta_б^2}; \quad S_{п10} = S_{п2}. \quad (3.114)$$

Статические испытания лифта, перегруженная на 100% кабина внизу

$$S_{к11} = (2Q + Q_к) \cdot \frac{10^{-2}}{U_п} + Q_{тк} \cdot 10^{-2}; \quad S_{п11} = Q_п \cdot \frac{10^{-2}}{U_п}. \tag{3.115}$$

Приведенные выше расчетные зависимости легко трансформируются для лифта с верхним машинным помещением и прямой подвеской кабины, если принять $U_п = 1$ и $\eta_Б = 1$. Входящий в формулы коэффициент $10^{-2} \cong g/1000$.

5) Расчет соотношения натяжения канатов, консольной и окружной нагрузки канатоведущего шкива (КВШ).

Соотношение натяжения канатов подвески кабины и противовеса определяется для 11 рабочих и испытательных режимов по формуле

$$\psi_i = \frac{S_{i\text{макс}}}{S_{i\text{мин}}}, \tag{3.116}$$

где $S_{i\text{макс}}$, $S_{i\text{мин}}$ - наибольшее и наименьшее значение величины натяжения канатов подвески кабины и противовеса в i-ом режиме.

Консольная нагрузка КВШ определяется для каждого из 11 режимов

$$P_{кi} = S_{кi} + S_{пi}, \tag{3.117}$$

где $i = 1 \div 11$ - порядковый номер режима.

Окружная нагрузка КВШ определяется для 11 режимов:
в режиме подъема неуравновешенного груза

$$P_i = S_{макс} - S_{мин} + 0{,}02 \cdot S_{макс}; \tag{3.118}$$

в режиме опускания неуравновешенного груза

$$P_i = S_{макс} - S_{мин} - 0{,}02 \cdot S_{макс}. \tag{3.119}$$

6) Расчетное обоснование параметров и выбор узлов лебедки

а) Разработка схемы взаимного расположения кабины и противовеса в шахте лифта.

Этот этап работы необходим для определения диаметра КВШ по условию компоновки лифтового оборудования при прямой подвеске кабины и для определения поперечных размеров шахты. Решение этой задачи базируется на предварительном определении поперечных размеров противовеса и кабины с учетом допустимых величин зазоров между подвижными и неподвижными частями лифта в шахте. Величина зазоров определяется по таблице 2 ПУБЭЛ [44].

Предварительно определяется положение противовеса в плане шахты (рис.3.27).

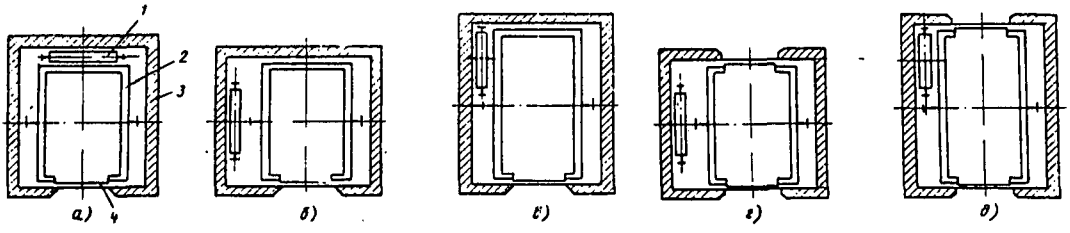


Рис.3.27. Схемы размещения кабины и противовеса в плане шахты
а) противовес сзади кабины; *б*) противовес сбоку; *в*) противовес сбоку сзади;
г), *д*) варианты размещения противовеса при проходной кабине;
1 - противовес, *2* - кабина, *3* - ограждение шахты, *4* - дверной проем

По схеме компоновки, вычерченной в определенном масштабе, определяет кратчайшее расстояние между точкой канатной подвески кабины и противове Это расстояние определяет величину диаметра КВШ для схемы лифта с прям подвеской.

При наличии отводного блока или полиспастной подвески диаметр КВ определяется только из условия долговечности канатов (п.3.3).

б) Расчет необходимой мощности привода лебедки

$$N_д = \frac{P_{макс} \cdot V \cdot U_п}{\eta_м}, \text{ кВт,} \qquad (3.12$$

где $P_{макс}$ - максимальное значение величины окружной нагрузки КВШ в режи подъема неуравновешенного груза (режимы с 1 по 4); $\eta_м$=0,7÷0,75 - КПД мех низма лебедки.

в) Выбор двигателя по каталогу и определение его основных параметров.

г) Расчетное обоснование параметров и выбор типа редуктора (п. 3.3).

д) Расчетное обоснование и выбор тормоза (п.3.3).

Динамический расчет

Цель динамического расчета - определения инерционных и силовых характ ристик механизма подъема, гарантирующих обеспечение допустимого уровня у корений и точности остановки, долговечность и надежности работы механизм подъема.

Порядок динамического расчета рассмотрим применительно к наиболее ра пространенной системе привода с двухскоростным двигателем трехфазного пер менного тока.

При применении регулируемого привода основные этапы тягового расчета о танутся неизменными. Различие будет заключаться в характере изменения ускор ний при пуске и замедлении кабины и в роли тормоза, который в этом случае и пользуется только для удержания кабины на этаже (п.12).

Механические характеристики двухскоростного электродвигателя

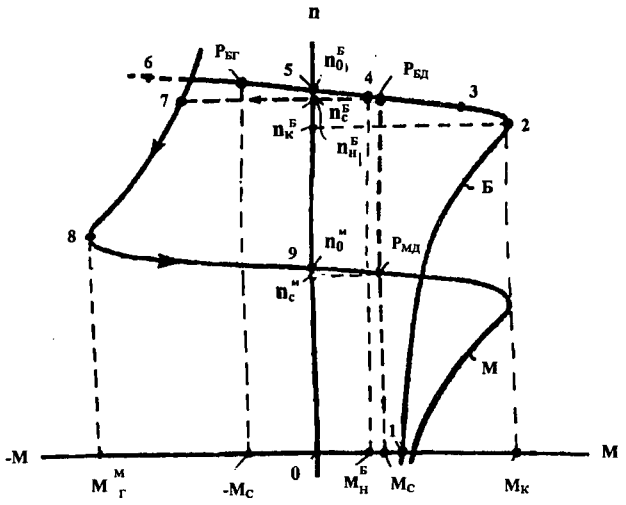
Под механической характеристикой подразумевается зависимость между частото вращения и величиной крутящего момента вала двигателя (рис.3.28). На рис.3.2 приняты следующие дополнительные обозначения: $M_н$, $M_к$, $M_с$ - номинальный критический момент вала двигателя на большой скорости, приведенный момен внешних сопротивлений; $M_Г$ - генераторный момент двигателя на малой скорост $P_{БД}$, $P_{БГ}$, $P_{МД}$ - рабочая точка механической характеристики в двигательном и генера торном режиме на большой и малой скорости; $n_с^б$, $n_с^м$ - частота вращения вал двигателя на большой и малой скорости при действии приведенного момента внеш них сил $M_с$; $n_0^б$, $n_0^м$ - синхронная частота вращения вала двигателя при работе н большой и малой скорости, $n_к^б$ - критическая частота вращения при работе двигате ля на большой скорости; *1-9* - характерные точки механических характеристи большой и малой скорости.

Рассмотрим статические механические характеристики двухскоростного привод применительно к задаче динамического расчета. Более подробная информация бу дет дана в разделах, посвященных электроприводу и автоматике лифта (п.12).

График механической характеристики асинхронного двигателя трехфазного переменного тока строится по аналитической зависимости или экспериментальным данным стендовых испытаний.

По оси ординат отсчитываются величина частоты вращения ротора двигателя, а по оси абсцисс – величина крутящего момента.

В первом квадранте располагается двигательная часть механической характеристики, во втором – генераторная, а в 4-м – тормозная характеристика, соответствующая режиму противовключения статорной обмотки. Последняя в работе привода лифтовых лебедок не используется.



Работа в двигательном режиме соответствует подъему неуравновешенного груза, когда приведенный момент внешних сопротивлений действует против направления вращения ротора. В этом случае ротор вращается медленнее магнитного поля статора.

Генераторный режим работы двигателя возникает при опускании неуравновешенного груза, когда приведенный к валу момент внешних сопротивлений действует в направлении вращения магнитного поля и ротор обгоняет поле.

Механические характеристики двигателя при работе на большой (Б) и малой (М) скорости подобны и отличаются главным образом величиной синхронной частоты вращения ротора.

При работе двигателя на статорной обмотке малой скорости синхронная частота вращения в несколько раз меньше, чем при включении обмотки большой скорости, так как величина частоты вращения определяется соотношением числа пар полюсов соответствующих статорных обмоток.

Величина синхронной частоты вращения ротора зависит от частоты питающего двигатель переменного тока и числа пар полюсов статорной обмотки

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ об/мин}, \qquad (3.121)$$

где f – частота переменного тока питания двигателя, Гц; p – число пар полюсов (в каталогах двигателей указывается величина $2p$).

Рассмотрим характерные точки и участки механической характеристики при работе двигателя на большой скорости (Б): *1* – точка начального пускового момен-

та; *2* - критическая точка, которой соответствует наибольший развиваемый двигателем критический крутящий момент $M_К$ в стопорном режиме; точка *4* - точка номинального режима работы двигателя, которой соответствует номинальное, по условию нагрева статорной обмотки, значение крутящего момента вала двигателя; точка *5* называется точкой холостого хода, которой соответствует синхронная частота вращения ротора, равная частоте вращения магнитного поля статора.

Участок двигательной ветви характеристики *1-2* называется неустойчивой ветвью механической характеристики. Участок *2-3* представляет собой криволинейную часть перегрузочной ветви механической характеристики. Часть характеристики от точки *2* до точки *4* называется перегрузочной ветвью, где двигатель развивает момент больше номинальной величины. Часть характеристики, лежащая во втором квадранте на участке *5-6*, называется генераторной ветвью механической характеристики.

Рассмотрим работу привода лебедки в характерных режимах.

При пуске двигателя на подъем груженой кабины его ротор развивает начальный пусковой момент $M_{пн}$, соответствующий точке *1*. Так как, движущий момент ротора больше величины приведенного момента внешних сопротивлений $M_с$, частота его вращения возрастает в соответствии с ходом графика на участках *1-2*, *2-3*, до рабочей точки $P_{БД}$, соответствующей достижению равенства движущего момента и момента внешних сопротивлений. Далее кабина будет двигаться с установившейся большой скоростью.

При пуске двигателя на опускание груженой кабины разгон ротора происходит аналогичным образом, но заканчивается в рабочей точке $P_{БГ}$ генераторной ветви механической характеристики большой скорости. Ротор будет обгонять вращающееся магнитное поле статора. Двигатель будет работать в генераторном режиме, отдавая энергию в силовую электросеть за вычетом потерь, определяемых КПД двигателя и достаточно низким значением обратного КПД червячного редуктора.

Работу привода при замедлении кабины перед остановкой на этажной площадке рассмотрим для подъема груженой кабины.

При подходе кабины к этажной площадке сработает датчик замедления, система управления выключит статорную обмотку большой скорости и одновременно включит обмотку малой скорости.

Благодаря инерции динамической системы привода, частота вращения ротора в момент переключения обмоток останется на прежнем уровне (точка $P_{БД}$).

Так как работа двигателя с этого момента определяется характеристикой малой скорости (М), его обороты будут соответствовать точке *7* генераторной ветви и начнут падать под действием тормозного генераторного момента $M_Г$ в направлении, обозначенному на графике стрелками.

Процесс снижения частоты вращения закончится в точке $P_{МД}$, которой соответствует равенство движущего момента и момента внешних сопротивлений.

Аналогичный процесс будет происходить при замедлении опускающейся кабины. Диаграмма изменения скорости кабины лифта с двухскоростным приводом приведена на рис.3.29. На диаграмме приняты следующие обозначения: $V_{УБ}$, $V_{УМ}$ - установившиеся значения скорости кабины при работе привода на большой и малой скорости; $t_р$, $t_в$, $t_т$ - время разгона, выбега и механического торможения; $t_{УБ}$, $t_{УМ}$, $t_{Б/М}$, - время движения кабины с установившейся большой и малой скоростью, время перехода с большой на малую скорость; *1-7* - характерные точки диаграммы скорости.

Период разгона $t_р$ характеризуется практически постоянной величиной ускорения несмотря на криволинейный характер механической характеристики на участке разгона. Это объясняется инерцией ротора двигателя, тормозного шкива, других вращающихся частей и электромагнитными переходными процессами. Постоянство ускорений предполагает постоянство момента на валу. Это позволяет существенно упростить аналитическое выражение уравнения движения привода механизма подъема.

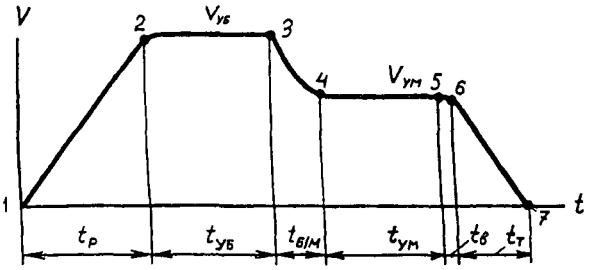


Рис.3.29. Диаграмма изменения скорости кабины при разгоне и замедлении

Остальные участки диаграммы изменения скорости отражают процесс движения кабины с установившейся большой скоростью ($t_{уБ}$), режим генераторного торможения при переходе с большой на малую скорость ($t_{Б/М}$), движение с остановочной малой скорости ($t_{уМ}$), период выбега ($t_В$) и торможение ($t_Т$).

С целью вывода аналитических зависимостей, необходимых для динамического расчета, рассмотрим уравнение движения привода механизма подъема.

Уравнение движения электропривода

В установившемся режиме, при постоянной скорости вращения ротора, электродвигатель развивает крутящий момент, равный приведенному к валу моменту внешних сопротивлений.

Изменение момента внешних сил на валу, согласно механической характеристике, приведет к установившемуся режиму с другой величиной частоты вращения вала.

Переход от одного установившегося режима к другому сопровождается изменением крутящего момента и скорости. Такой процесс является переходным.

Характер протекания переходного процесса оказывает существенное влияние на производительность лифта, плавность хода и точность остановки кабины; на расход энергии при пуске и торможении.

В переходном режиме работы привода, наряду со статическими нагрузками, действуют значительные по величине инерционные нагрузки.

Согласно принципу Д'Аламбера, при рассмотрении динамической задачи справедливы законы равновесия статики, при условии, если учесть действие сил инерции.

Для составления уравнения движения привода рассмотрим расчетные схемы, приведенные на рис.3.30 без учета податливости его элементов. На рис.3.30 приняты следующие обозначения: $I_р$, $I_м$, $I_{шт}$ – величина момента инерции ротора двигателя, муфты и штурвала, кГм^2; $F_г$, $F_к$, $F_п$ – силы сопротивления движения груза, кабины и противовеса по направляющим, кН; D, $D_{шт}$, $\delta_{шт}$ – соответственно, диаметр КВШ, диаметр и ширина обода штурвала, м; $\omega_с$ – угловая частота вращения вала двигателя (вала приведения к эквивалентной модели привода), р/с; $I_с$ – суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции динамической системы, кГ·м^2; $M_д$, $M_т$, $M_с$ – крутящий момент двигателя, тормоза и приведенный момент внешних сопротивлений, Нм.

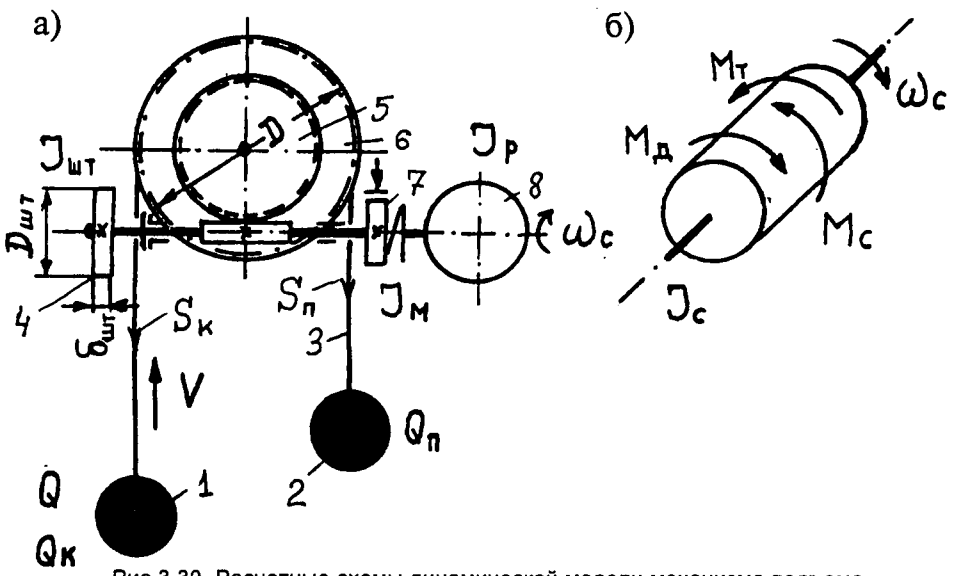


Рис.3.30. Расчетные схемы динамической модели механизма подъема
а) схема реального механизма; *б*) схема эквивалентной динамической модели; *1*, *2* – движущиеся массы груза, кабины и противовеса, *3* – тяговый канат, *4* – штурвал ручного привода, *5* – редуктор, *6* – колодочный тормоз, *7* – соединительная муфта с тормозным шкивом, *8* – электродвигатель

Для рассмотрения динамических характеристик переходного процесса привода целесообразно реальный механизм заменить его эквивалентной динамической моделью.

За основу эквивалентности принимается равенство кинетической энергии всех движущихся частей механизма и кинетической энергии модели.

Динамическую модель механизма можно представить в виде вращающегося маховика с моментом инерции $I_с$ и угловой скоростью вала приведения (вал ротора двигателя) $\omega_с$, к которому приложены моменты $M_Д$, $M_с$ в двигательном и генераторном режиме или $M_т$, $M_с$ в режиме механического торможения.

Приведенный момент инерции эквивалентной динамической системы определяется из уравнения кинетической энергии без учета влияния вращающихся масс редуктора и КВШ, которым в лифтовых лебедках можно пренебречь

$$I_с \cdot \frac{\omega_с^2}{2} = I_р \cdot \frac{\omega_с^2}{2} + I_м \cdot \frac{\omega_с^2}{2} + I_{шт} \cdot \frac{\omega_с^2}{2} + G_п \cdot \frac{V^2}{2}. \qquad (3.122)$$

Разделим левую и правую части уравнения (141) на величину $\frac{\omega_с^2}{2}$ и получим

$$I_с = I_р + I_м + I_{шт} + G_п \cdot \frac{V^2}{\omega_с^2}. \qquad (3.123)$$

Выразим линейную скорость кабины через угловую скорость $\omega_с$ и получим более удобную форму предыдущего уравнения

$$I_с = I_р + I_м + I_{шт} + G_п \cdot \frac{D^2}{4U_р^2} = I_с + I_м + I_{шт} + I_п, \qquad (3.124)$$

где $G_п$ – приведенная к ободу КВШ масса поступательно движущихся частей, кГ; $I_п$ – приведенный к валу двигателя момент инерции поступательно движущихся масс, кГ м^2.

При наличии полиспастной подвески КПД полиспаста учитывается в расчете величины $G_п$, а приведенный момент инерции поступательно движущихся масс определяется по формуле

$$I_п = G_п \cdot \frac{D^2}{4U_р^2}. \qquad (3.125)$$

Уравнение движения без учета жесткости деталей механизма и канатной подвески будет иметь следующий вид

$$M_и = I_с \cdot \varepsilon_с = \frac{d\omega_с}{dt}, \qquad (3.126)$$

где $\varepsilon_с$ – угловое ускорение вала приведения динамической системы, р/с^2 ; $M_и$ – избыточный момент при пуске и торможении кабины, Нм.

При пуске груженой кабины на спуск (подъем)

$$M_и = M_{пр} \pm M_с^п, \qquad (3.127)$$

где $M_{пр}=(0{,}75\div0{,}8)\cdot M_к$ – величина расчетного пускового момента двигателя с учетом нелинейности графика механической характеристики, Нм; $M_к$ – величина критического момента двигателя (рис.3.28), Нм; $M_с^п$ – приведенный момент внешних сопротивлений при пуске, Нм.; « + » – при спуске; « – » – при подъеме.

Величина приведенного момента внешних сопротивлений

при спуске $$M_с^п = \frac{P_с \cdot D}{2U_р}\cdot\eta_0, \text{ Нм} ; \qquad (3.128)$$

при подъеме $$M_с^п = \frac{P_п \cdot D}{2\cdot U_р \cdot \eta_п}, \text{ Нм},$$

где η_0 – обратный КПД редуктора при 200 об/мин.; $\eta_п$ – прямой КПД при номинальной частоте вращения вала двигателя; $P_с$, $P_п$ – окружная сила КВШ при спуске и подъеме неуравновешенного груза, Н.

При генераторном торможении при подъеме (спуске) неуравновешенного груза

$$M_и = M_г \pm M_с^г, \qquad (3.129)$$

где $M_г$ – генераторный момент характеристики малой скорости (рис.3.28, график М); $M_с^г$ – приведенный момент внешних сопротивлений при генераторном торможении; «+» – подъем; « – » – спуск.

Приведенный момент внешних сопротивлений при генераторном торможении

при подъеме $$M_с^г = \frac{P_п \cdot D \cdot \eta_п}{2U_р}, \text{ Нм}; \qquad (3.130)$$

при спуске $$M_с^г = \frac{P_с \cdot D \cdot \eta_0}{2U_р}, \text{ Нм},$$

где $\eta_п$, η_0 – прямой и обратный КПД редуктора при номинальной частоте вращения вала двигателя на большой скорости; $P_п$, $P_с$ – окружное усилие КВШ при подъеме и спуске неуравновешенного груза, Н.

При механическом торможении поднимающейся кабины, движущейся с малой остановочной скоростью

$$M_{и} = M_{т} \pm M_{с}^{т}, \tag{3.131}$$

где $M_{т}$ - величина расчетного тормозного момента, Нм; $M_{с}^{т}$ - приведенный момент внешних сопротивлений при механическом торможении, Нм; «+» - подъем; «–» - спуск.

Величина приведенного момента внешних сопротивлений при торможении

при подъеме $$M_{с}^{т} = \frac{P_{п} \cdot D \cdot \eta_{мп}}{2U_{р}}, \text{ Нм;} \tag{3.132}$$

при спуске $$M_{с}^{т} = \frac{P_{с} \cdot D \cdot \eta_{мо}}{2U_{р}}, \text{ Нм,}$$

где $\eta_{мп}$, $\eta_{мо}$ - прямой и обратный КПД редуктора на малой скорости.

Уравнение движения (3.125) позволяет определить величину ускорений в переходных режимах движения кабины.

Выразим угловую частоту вращения вала двигателя через линейную скорость кабины

$$\omega_{с} = \frac{2 \cdot V \cdot U_{р}}{D}. \tag{3.133}$$

После подстановки выражения (3.132) в уравнение движения (3.125) и алгебраических преобразований получим величину линейного ускорения кабины

при прямой подвеске $$a = \frac{D}{2 \cdot I_{с} \cdot U_{р}} \cdot M_{и}, \text{ м/с}^2; \tag{3.134}$$

при полиспастной подвеске $$a = \frac{D}{2 \cdot I_{с} \cdot U_{р} \cdot U_{п}} \cdot M_{и}, \text{ м/с}^2,$$

где $M_{и}$ - избыточный момент на валу двигателя в соответствующем режиме, Нм.

На полученных выше зависимостях и результатах статического расчета построена методика динамического расчета.

Порядок динамического расчета

1) Определение значения величины приведенного момента инерции привода

$$I_{с}' = \frac{D}{2 \cdot a_{р} \cdot U_{р} \cdot U_{п}} \cdot M_{ир} \le [I_{с}], \text{ кГм}^2, \tag{3.135}$$

где $a_{р} \le [a]$ - расчетное значение ускорения кабины, которое должно гарантироваться принятым значением момента инерции системы для наиболее тяжелого переходного режима, м/с^2 ; $M_{ир}$ - расчетное значение избыточного момента, которое определяется как наибольшее из сопоставления наиболее тяжелых режима пуска и генераторного торможения, м/с^2 ; $[I_{с}]$ - допускаемый момент инерции динамической системы, определяемый по каталогу параметров электродвигателя, кГм^2 [3].

2) Расчет необходимого значения момента инерции штурвала ручного привода лебедки

$$I_{шт} = \frac{I'_c}{(1{,}03 \div 1{,}1)} - I_р - I_м \text{, кГм}^2, \tag{3.136}$$

где 1,03÷1,1 - коэффициент, учитывающий влияние поступательно, движущихся масс (большее значение коэффициента соответствует меньшему значению передаточного числа редуктора).

3) Расчет геометрических характеристик штурвала.

Диаметр штурвала можно принять по конструктивным соображениям в диапазоне от 220 мм до 300 мм. Ширина обода штурвала определяется расчетом по известной величине его момента инерции.

$$\delta_{шт} = \frac{32 \cdot I_{шт}}{\pi \cdot \gamma_м \cdot D_{шт}^4} \text{, м}, \tag{3.137}$$

где $\gamma_м$ - плотность материала штурвала ручного привода, кГ/м^3.

4) Расчет приведенной к ободу КВШ массы поступательно двигающихся частей лифта (для 10 эксплуатационных и испытательных режимов).

Подъем неуравновешенного груза

Груженая кабина внизу, подъем

$$G_1 = \left[\frac{Q + Q_к}{\eta_б^2} + (Q_п + Q_у) \cdot \eta_б\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.138}$$

Груженая кабина вверху, подъем

$$G_2 = \left[\frac{Q + Q_к + Q_{пк} + Q_у}{\eta_б^2} + Q_п \cdot \eta_б\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.139}$$

Порожняя кабина внизу, спуск

$$G_3 = \left[Q_к \cdot \eta_б^2 + \frac{Q_п + Q_у}{\eta_б}\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.140}$$

Порожняя кабина вверху, спуск

$$G_4 = \left[(Q_к + Q_{пк} + Q_у) \cdot \eta_б^2 + Q_п \cdot \eta_б\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.141}$$

Перегруженная на 10% кабина внизу, подъем

$$G_5 = \left[\frac{1{,}1 \cdot Q + Q_к}{\eta_б^2} + (Q_п + Q_у) \cdot \eta_б\right] \cdot \frac{1}{U_б^2} + Q_{тк}. \tag{3.142}$$

Перегруженная на 10% кабина вверху, подъем

$$G_6 = \left[\frac{1{,}1 \cdot Q + Q_к + Q_{пк} + Q_у}{\eta_б^2}\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.143}$$

Груженая кабина внизу, спуск

$$G_7 = \left[(Q + Q_к) \cdot \eta_б^2 + \frac{Q_п + Q_у}{\eta_б}\right] \cdot \frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}. \tag{3.144}$$

Груженая кабина вверху, спуск

$$G_8 = \left[(Q + Q_к + Q_{пк} + Q_у)\cdot\eta_б^2 + Q_п\cdot\eta_б\right]\cdot\frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}\,. \qquad (3.145)$$

Порожняя кабина внизу, подъем

$$G_9 = \left[\frac{Q_к}{\eta_б^2} + (Q_п + Q_у)\cdot\eta_б\right]\cdot\frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}\,. \qquad (3.146)$$

Порожняя кабина вверху, подъем

$$G_{10} = \left[\frac{Q_к + Q_{пк} + Q_у}{\eta_б^2} + Q_п\cdot\eta_б\right]\cdot\frac{1}{U_п^2} + Q_{тк}\,. \qquad (3.147)$$

5) Расчет приведенного момента инерции поступательно движущихся масс

$$I_{пi} = \frac{G_i\cdot D^2}{4\cdot U_р^2}\cdot K_\eta\,, \qquad (3.148)$$

где $i = 1\div10$ - порядковый номер расчетного режима работы лифта; $K_\eta = 1/\eta$ - коэффициент учета КПД редуктора для режимов с 1 по 6; $K_\eta = \eta_о$ - аналогичный коэффициент для режимов с 7 по 10; η, $\eta_о$ - прямой и обратный КПД редуктора при работе на большой скорости.

6) Расчет уточненного значения приведенного момента инерции динамической системы привода в каждом из 10 режимов

$$I_{сi} = I_р + I_м + I_{шт} + I_{пi}\,, \qquad (3.149)$$

где $I_р$, $I_м$, $I_{шт}$, $I_{пi}$ - момент инерции ротора двигателя, муфты, штурвала и приведенный момент инерции поступательно движущихся масс в i-м режиме; $i = 1\div10$ порядковый номер расчетного режима работы лифта.

7) Расчет ускорений при пуске, генераторном торможения, выбеге и механическом торможение.

- Ускорение пуска при подъеме (режимы с 1 по 6) и опускании (с 7 по 10) неуравновешенного груза

$$a_{пi} = \frac{D\cdot M_{ипi}}{2\cdot I_{сi}\cdot U_п\cdot U_р};\ \text{м/с}^2\,, \qquad (3.150)$$

где $M_{ипi}$ - момент избыточный при пуске, Нм.

- Ускорение генераторного торможения при подъеме (режимы с 1 по 6) и опускании (с 7 по 10) неуравновешенного груза

$$a_{гi} = \frac{D\cdot M_{игi}}{2\cdot I_{сi}\cdot U_п\cdot U_р}\,,\ \text{м/с}^2, \qquad (3.151)$$

где $M_{игi}$ - момент избыточный при генераторном торможении, Нм

- Ускорение выбега после отключения статорной обмотки малой скорости при подъеме и опускании неуравновешенного груза (режим с 1 по 10)

$$a_{вi} = \frac{D\cdot M_{сi}^{в}}{2\cdot I_{сi}\cdot U_п\cdot U_р}\,,\ \text{м/с}^2, \qquad (3.152)$$

где $M_{ci}^{в}$ - приведенный к валу двигателя моменту сил внешних сопротивлений в i-м режиме выбега (двигатель выключен, а тормоз не успел включиться), Нм.

Величина приведенного момента при выбеге определяется по формуле

при подъеме $$M_{ci}^{в} = P_{пi} \cdot \frac{D}{2U_{р}} \cdot \eta_{мп}\,; \qquad (3.153)$$

при спуске $$M_{ci}^{в} = P_{ci} \cdot \frac{D}{2U_{р}} \cdot \eta_{мп}\,,$$

где $P_{пi}$, P_{ci} - окружное усилие в i-м режиме подъема и опускания кабины, кН; $\eta_{мп}$, $\eta_{мо}$ - прямой и обратный КПД на малой скорости.

- Ускорение механического торможения при подъеме (режимы с 1 по 6) и опускании (с 7 по 10) неуравновешенного груза

$$a_{тi} = \frac{D \cdot \left(M_{т} \pm M_{ci}^{в}\right)}{2 \cdot I_{ci} \cdot U_{п} \cdot U_{р}}, \qquad (3.154)$$

где $M_{т}$ - расчетный тормозной момент, Нм; приведенный момент внешних сопротивлений принимается той же величины, что и при выбеге.

8) Расчет величины коэффициента динамичности соотношения натяжения канатов подвески кабины и противовеса

$$\lambda_{i} = \frac{g + a_{i\max}}{g - a_{i\max}}, \qquad (3.155)$$

где $a_{i\max}$ - максимальное значение ускорения из 4-х значений для i режима, м/с^2; g=9,81 м/с^2 - ускорение свободного падения. Величина λ_{i} необходима для расчета коэффициента тяговой способности и параметров профиля канавки обода КВШ.

9) Расчет точности остановки кабины

Точность остановки, как было показано выше, определяется полуразностью тормозных путей при движении в одном направлении груженой и порожней кабины.

Тормозной путь определяется с момента срабатывания датчика точной остановки и включает путь выбега и путь механического торможения. Расчет ведется при малой остановочной скорости кабины.

Малая остановочная скорость кабины в *i* режиме определяется по линейному участку механической характеристики малой скорости

$$V_{мi} = \frac{\pi \cdot D}{60 \cdot U_{п} \cdot U_{р}} \cdot \left[n_{0м} - \left(n_{0м} - n_{нм}\right) \cdot \frac{M_{ci}^{в}}{M_{нм}} \right], \qquad (3.156)$$

где $n_{0м}$, $n_{нм}$ - синхронная и номинальная частота вращения ротора на малой скорости, об/мин; $M_{нм}$ - номинальный момент на валу двигателя при малой скорости, Нм; $M_{ci}^{в}$ - приведенный момент внешних сопротивлений в i-м режиме выбега, Нм.

Полный тормозной путь кабины в *i* режиме с учетом пути выбега

$$h_i = \left(V_{мi} \cdot t_в \mp \frac{a_{вi} \cdot t_в^2}{2} \right) + \frac{(V_{мi} \mp a_{вi} \cdot t_в)^2}{2 \cdot a_{тi}}, \qquad (3.157)$$

где $t_в$ – время выбега, равное времени включения тормоза, определяемое по каталогу тормозов лифтовых лебедок, с.; « + » – спуск; « – » подъем.

Точность остановки кабины для всех 10 режимов работы лифта определяется с учетом направления движения и загрузки кабины. При подъеме кабины из тормозного пути порожней кабины вычитается тормозной путь груженой при том же положении по высоте. При опускании кабины из тормозного пути груженой кабины вычитается путь порожней. Эти соображения нашли отражение в следующих расчетных зависимостях для определения точности остановки:

Режимы подъема неуравновешенного груза (3.158)

$$\Delta_1 = \pm\frac{h_9 - h_1}{2}; \quad \Delta_2 = \pm\frac{h_{10} - h_2}{2}; \quad \Delta_3 = \pm\frac{h_7 - h_3}{2};$$

$$\Delta_4 = \pm\frac{h_8 - h_4}{2}; \quad \Delta_5 = \pm\frac{h_9 - h_5}{2}; \quad \Delta_6 = \pm\frac{h_{10} - h_6}{2}.$$

Режимы опускания неуравновешенного груза (3.159)

$$\Delta_7 = \pm\frac{h_7 - h_3}{2}; \ \Delta_8 = \pm\frac{h_8 - h_4}{2}; \ \Delta_9 = \pm\frac{h_9 - h_1}{2}; \ \Delta_{10} = \pm\frac{h_{10} - h_2}{2}.$$

10) Расчет тяговой способности и обоснование формы поперечного профиля канавок обода КВШ.

Подробная методика этого этапа расчета рассмотрена выше, в разделе, посвященном теории работы КВШ (п.3.3).

ГЛАВА 4
КАБИНЫ

4.1. Назначение и устройство кабины лифта

Кабиной лифта называется закрытое грузонесущее устройство, предназначенное для транспортировки пассажиров и грузов.

Лифты могут оборудоваться непроходными и проходными кабинами в зависимости от планировки и назначения соответствующего здания или сооружения.

Проходная кабина отличается наличием двух закрываемых дверей, расположенных на ее противоположных сторонах или под некоторым углом.

Непроходная кабина оборудуется только одной дверью (не считая аварийной двери для перехода из кабины одного лифта в другой, которые размещаются в одной шахте).

Конструкция кабины и установленные в ней устройства и оборудование должны отвечать требованиям безопасности, комфортности условий транспортировки пассажиров и пожаростойкости.

Оборудование кабины должно иметь низкую виброактивность в широком диапазоне частот.

Между канатной подвеской и каркасом, между каркасом и купе кабины необходимо устанавливать амортизаторы для снижения шума и вибрации, распространяемого от лебедки по канатам в салон кабины.

Неблагоприятное воздействие вибрации на организм человека зависит от частоты и амплитуды колебаний.

Допустимая величина амплитуды колебаний в кабине лифта не должен превышать следующих значений [2]:

амплитуда колебаний, мм	частота колебаний, Гц
0,1 - 0,2	3 - 5
0,005	16
0,003	32

Основные требования к конструкции кабин лифтов отражены в разделе 5.5 ПУБЭЛ [44].

Основу конструкции кабины составляют металлоконструкции несущего каркаса, который с помощью устройства называемого подвеской, надежно соединяется тяговыми канатами подъемной лебедки.

Каркас с помощью скользящих или роликовых башмаков центрируется на жестких направляющих, которые исключают заметные поперечные колебания кабины и гарантирует постоянство расстояний между движущимися и неподвижными частями лифта в шахте.

В нижней или верхней части каркаса, в непосредственной близости от башмаков, смонтированы ловители, по одному с каждой стороны кабины.

Ловители включаются автоматически и затормаживают кабину относительно направляющих при аварийном превышении скорости движения, надежно удерживая ее на направляющих после остановки.

В нижней части каркаса кабины должны предусматриваться прочные опорные поверхности, необходимые для взаимодействия с упорами или буферами в приямке при аварийном проходе кабиной нижней посадочной площадки.

На каркаса жестко или через амортизаторы устанавливается купе кабины.

Пол кабины жестко связан с конструкцией купе или служит грузовой платформой устройства контроля нагрузки, смонтированного на раме каркаса.

Передняя часть купе оборудуется закрываемыми дверями той или иной конструкции с устройствами, исключающими возможность движения кабины при открытых створках.

При наличии автоматических дверей их привод устанавливается на специальной раме, связанной с потолочной конструкций купе (колпаком купе) в которой обычно монтируются светильники.

Внутри кабины находится аппарат приказов пассажиров, индикаторные устройства и система связи с диспетчерской службой.

Внутренняя отделка купе должна учитывать назначение лифта и специфические особенности контингента пользователей. Так, в жилых зданиях массовой застройки предпочтение следует отдавать антивандальным решениям и более практичной внутренней отделке.

На рис.4.1 приведена конструкция кабины пассажирского лифта с полиспастной подвеской и металлической конструкцией купе, боковые стенки которого собираются из тонкостенных профилированных стальных листов.

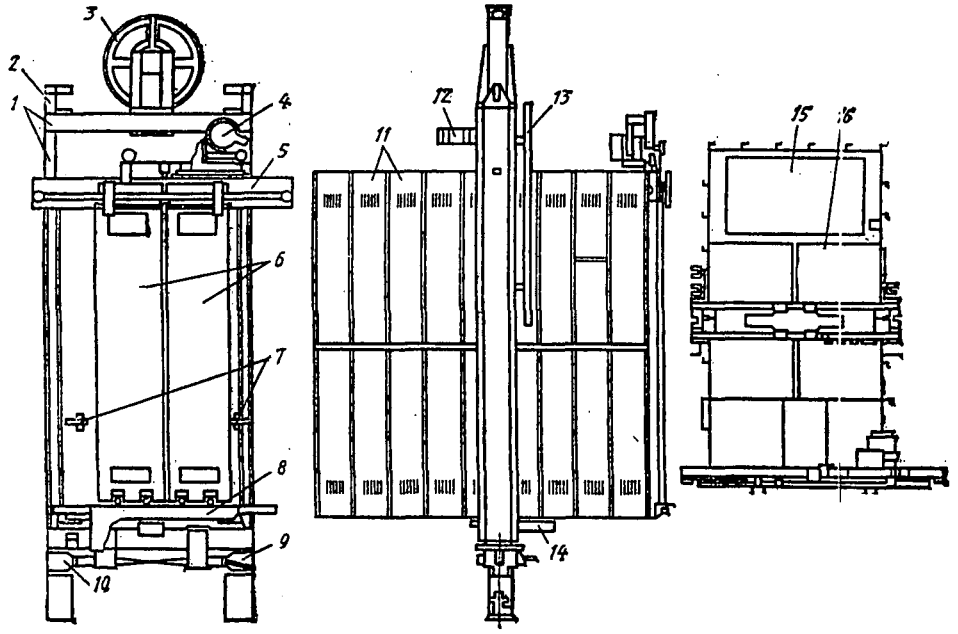


Рис.4.1. Кабина пассажирского лифта с металлической конструкцией купе

1 – металлоконструкции каркаса кабины, *2* – башмак , *3* – блок полиспастной подвески, *4* – привод автоматических дверей, *5* – балка дверей кабины, *6* – створки, *7* – фотоэлектрическая система контроля наличия пассажира в дверном проеме, *8* – порог дверей , *9, 10* – ловители, *10* – профилированные стальные листы стенки купе, *12* – датчик точной остановки кабины, *13* – шунт датчиков замедления, *14* – устройство контроля загрузки кабины, *15* – люк, *16* – потолок (колпак) купе

Каркас кабины *1* состоят из вертикальной и горизонтальной рамы, на которой устанавливается конструкция купе.

Сборная металлическая конструкция купе является перспективным решением, отражающим отечественный и зарубежный опыт. Применение тонкостенных панелей из профилированной стали повышает технологичность, пожаростойкость конструкции купе при некотором снижении материалоемкости.

Повышению пожаростойкости способствует применение дверей специальной конструкции с пожароустойчивым наполнителем и окраска стен купе термостойким лаком.

Конкурентная борьба на рынке лифтовой продукции, стремление к снижению стоимости и повышению технологичности конструкции приводит к появлению различных вариантов конструкции кабин.

Изменения коснулись не только внешнего вида и характера отделки. Существенно изменилась конструкция несущего каркаса .

В некоторых случаях вместо традиционной нижней балки используется грузовая платформа коробчатой конструкции, связанная с верхней балкой вертикальными или наклонными стойками. Наклонная установка стоек и наличие жесткой конструкции платформы исключает необходимость применения подкосов для глубоких кабин.

Облицовка купе выполняется из профилированных тонкостенных стальных панелей с прочным и вандалостойким покрытием, отвечающим требованиям пожарной безопасности. Примером такого решения может служить конструкция кабины фирмы ОТИС, схематично представленная на рис.4.2. Схема дает представление об особенностях конструкции несущего каркаса и порядке сборки купе кабины из профилированных тонкостенных панелей. Отличительной особенностью данного решения является отсутствие традиционной нижней балки каркаса кабины и замена ее грузовой платформой коробчатой сварной конструкции.

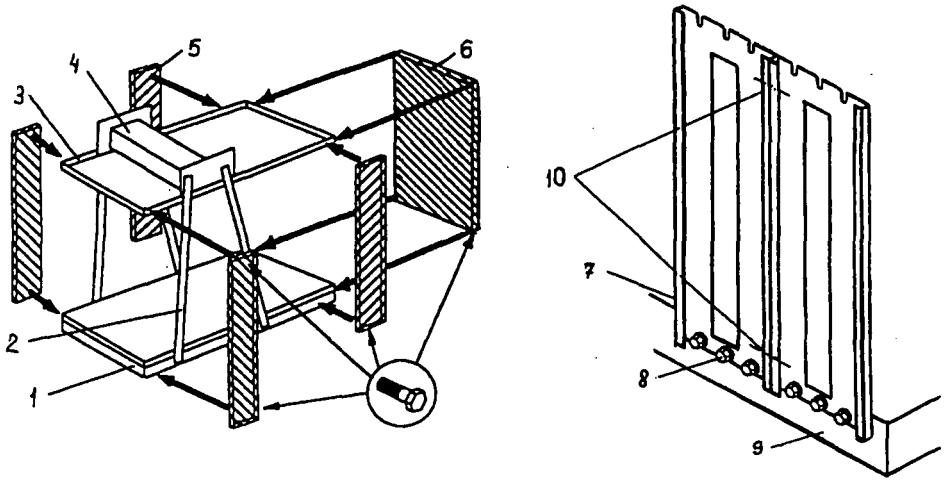


Рис.4.2. Схема конструкции и сборки купе кабины фирмы ОТИС
1, *9* - грузовая платформа, *2* - наклонные стойки каркаса кабины, *3* - потолок, *4* - верхняя балка каркаса, *5* - панели боковые, *6* - задняя стенка купе, *7* - конструкция тонкостенной панели, *8* - болтовое соединение панели с платформой

Для соединения потолка *3* купе с платформой *1* устанавливаются угловые боковые панели *5* и задняя стенка *6*. После этого продолжается установка и болтовое крепление остальных панелей ограждения купе. Панели соединяются между собой болтами *10*, а в трудно доступных местах - специальными пружинящими зажимами, которые вставляются в овальные отверстия панелей. Конструкция панелей *7* существенно облегчает процесс сборки купе и обеспечивает его достаточную жесткость при небольшой массе.

Щитовые конструкции купе кабин с панелями из ДСП, широко используемые до недавнего времени, не отвечали требованиям пожаростойкости и вандалостойкости, имели бóльшую массу и не отличались высокой технологичностью сборки [11].

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция перехода к сборным конструкциям из тонкостенных профилированных панелей и комбинированным решениям с использованием высокопрочного стекла для кабин обзорного типа, используемых в лифтах с установкой в углублениях наружных стен зданий (рис.2.3).

4.2. Каркас кабины

Каркас кабины должен обладать достаточной прочностью и жесткостью, гарантируя безопасную работу лифта в рабочих, испытательных и аварийных режимах.

Конструкция каркаса собирается из стального проката или, в последнее время, из специально изготовленных гнутых профилей. Применяются сварные и болтовые соединения.

В нижней части каркаса предусматриваются опорные поверхности для взаимодействия с буферами в приямке шахты. С боковых сторон каркаса, в верхней и нижней его части, устанавливаются башмаки.

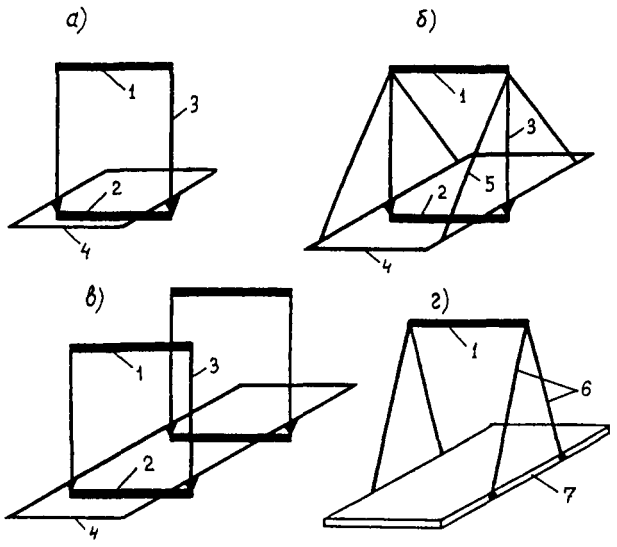


Рис.4.3. Схема каркаса кабины
а) с вертикальной и горизонтальной рамой; б) с подкосами; в) с двумя вертикальными рамами; г) с грузовой платформой и наклонными стойками

Характерные конструктивные схемы каркасов кабин представлены на рис.4.3.

Традиционно, каркас кабины состоит из вертикальной и горизонтальной рамы (рис.4.3*а*). Вертикальная рама обычно состоит из верхней и нижней горизонтальной балки, соединенных стойками.

Для глубоких кабин и кабин лифтов, загружаемых напольным транспортом, характерно наличие подкосов, закрепляемых на расстоянии 1/8-1/10 глубины кабины, считая от передней части горизонтальной рамы (рис.4.3*б*).

В грузовых лифтах повышенной грузоподъемности, предназначенных для транспортировки длинномерных грузов, каркас кабины может иметь две вертикальные рамы, подвешенные к тяговым канатам двух отдельных лебедок (рис.4.3*в*). Для исключения перекоса, в канатной системе предусматриваются уравнительные блоки.

В последнее время наметилась тенденция к отказу от применения традиционной нижней балки вертикальной рамы каркаса. Ее роль стала играть жесткая коробчатая конструкция грузовой платформы. Ловители устанавливаются по бокам верхней балки, а вертикальные стойки, в ряде случаев, заменяются наклонными, что позволяет исключить подкосы и получить достаточно жесткую связь стоек с платформой (рис.4.5*г*).

Роль верхней балки каркаса в конструкции каркасов выжимных лифтов и лифтов с цилиндрической формой кабины может играть усиленная конструкция колпака купе.

Наиболее нагруженной частью каркаса кабины является вертикальная рама. К ней крепятся тяговые и уравновешивающие канаты. На ней устанавливается горизонтальная рама с подвижным полом и купе.

Вертикальная рама воспринимает динамические нагрузки при посадке кабины на буфер и ловители.

Верхняя и нижняя балка каркаса обычно имеют одинаковую конструкцию и собирается из швеллеров или гнутого стального профиля.

Стойки вертикальной рамы крепятся к балкам посредством болтов и выполняются из прокатного или гнутого стального профиля. С целью увеличения жесткости болтовых соединений используются косынки из стального листа.

Момент сопротивления изгибу стоек обычно в 8–12 раз меньше соответствующего момента сопротивления балок. В связи с этим, при рабочих деформациях вертикальной рамы, изгибающие моменты заделки стоек имеют незначительную величину, что позволяет производить прочностной расчет балок и стоек независимо, по упрощенной методике.

Конструкция горизонтальной рамы каркаса кабины непосредственно воспринимает действие сил тяжести купе, груза и инерционных сил в рабочих и аварийных режимах.

Характер работы металлоконструкций горизонтальной рамы существенно связан с наличием и конструкцией взвешивающего устройства. Так, при применении взвешивающего устройства с подвижным полом, нагрузка на раму передается через опоры осей рычажной подвески пола, а при отсутствии взвешивающего устройства – непосредственно щитовой конструкцией пола.

Прочностной расчет каркаса кабины, противовеса и прочих несущих элементов конструкции лифта ведется обычно по допускаемым напряжениям с учетом вида материала конструкции, характера деформаций и режима работы оборудования. Ниже приводятся основные положения прочностного расчета, которые применяются при проектировании лифтов конструкторскими коллективами ЦПКБ Лифтмаш, АО КМЗ и др.

Расчеты производятся для следующих режимов работы:

- «Э» – нормальный эксплуатационный (рабочий) режим разгона и торможения кабины; «ИД», «ИС» – режим динамических и статических испытаний лифта;
- «АБ», «АБО» – режим аварийной посадки на буфер без обрыва и с обрывом канатной подвески кабины; «АЛ», «АЛО» – режим аварийной посадки на ловители без обрыва и с обрывом канатной подвески.

Расчетные запасы прочности определяются по табл.4.1 и 4.2 с учетом вида деформации. Приведенные данные учитывают категорию ответственности проектируемого оборудования, режим работы и вид конструкционного материала.

Коэффициенты запаса прочности определяются с учетом фактора случайности наступления аварийных ситуаций. В связи с этим, коэффициенты запаса прочности для режимов посадки на ловители и буферы имеют заметно меньшую величину.

В связи с большей неоднородностью материала литых конструкций соответствующие коэффициенты запаса прочности имеют большие значения чем для стального проката.

Таблица 4.1. **Допускаемые запасы прочности для стального проката**

Категория ответственности	Вид деформации	Расчетный режим		
		«Э»	«АЛ» «АБ» «АЛ» «АБ»	«АЛО»
I	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,65 1,50	1,30 1,18	1,15 1,05
II	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,55 1,40	1,20 1,10	1,10 1,05
III	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,45 1,30	1,15 1,05	1,05 1,00
IV	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,32 1,20	1,10 1,00	1,00 1,00

Таблица 4.2. **Допускаемые запасы прочности для стального литья**

Категория ответственности	Вид деформации	Расчетный режим		
		«Э»	«ИД» «ИС» «АЛ» «АБ»	«АЛО» «АБО»
I	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	2,15 1,95	1,70 1,55	1,45 1,30
II	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	2,00 1,82	1,55 1,43	1,37 1,30
III	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,90 1,70	1,50 1,37	1,30 1,30
IV	Растяжение, сжатие, сдвиг, сложная деформация, изгиб	1,70 1,55	1,43 1,30	1,30 1,30

Расчетные запасы прочности определяются

- по нормальным напряжениям: (4.1)

  для пластичных материалов – $n = \sigma_т / \sigma$; для хрупких материалов – $n = \sigma_b / \sigma$;

- по касательным напряжениям: (4.2)

  для пластичных материалов – $n = \tau_т / \tau$; для хрупких материалов – $n = \tau_b / \tau$;

где $\sigma_т$, τ – величина предела текучести по нормальным и касательным напряжениям; σ_b, τ – величина предела прочности по нормальным и касательным напряжениям; σ, τ – расчетная величина нормальных и касательных напряжений.

Для конструкционных сталей величина предела текучести по касательным напряжениям составляет

$$\tau_т \approx 0{,}6 \cdot \sigma_т . \tag{4.3}$$

Для сложного напряженного состояния (сложные деформации) коэффициент запаса прочности определяется по эквивалентным напряжениям

$$n = \sigma_т / \sigma_э , \tag{4.4}$$

где эквивалентные напряжения учитывают действие нормальных и касательных напряжений

$$\sigma_э = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} . \tag{4.5}$$

При расчете сварных швов величина предела текучести по нормальным и касательным напряжениям принимается равной 90% соответствующего предела текучести для материала соединяемых деталей конструкции лифта.

В аварийных режимах «АБ» и «АЛ», при деформациях изгиба, допускается расчет по несущей способности. При этом, коэффициенты запаса принимаются по табл.4.1, 4.2 *для деформации растяжения*.

При одновременном действии деформаций растяжения (сжатия) и изгиба величина допускаемого запаса прочности определяется по следующей формуле

$$[n] = \frac{[n_и] \cdot \sigma_и + [n_р] \cdot \sigma_р}{\sigma_и + \sigma_р} , \tag{4.6}$$

где $[n_и]$, $[n_р]$ – величина допускаемого запаса прочности, определяемая по табл.4.1, 4.2 *для деформаций изгиба и растяжения*; $\sigma_и$, $\sigma_р$ – *напряжения изгиба и растяжения* в рассматриваемом сечении.

Рассмотрим расчетные схемы и нагрузки основных частей несущего каркаса кабины.

Вертикальная рама каркаса представляет собой статически неопределимую конструкцию, которая может рассчитываться традиционными методами строительной механики или упрощенным способом на основе независимого рассмотрения работы горизонтальных балок и стоек [3, 29].

Прочность каркаса кабины проверяется при статических испытаниях согласно требований ПУБЭЛ. Расчетная схема каркаса представлена на рис.4.4. На схеме приняты следующие обозначения: $P_Д$, $P_{ис}$, $P_Б$ – расчетная нагрузка в режиме динамических и статических испытаний, при посадке на буфер; I_1, I_2 – момент инерции поперечного сечения стойки и балки вертикальной рамы; h, l – основные размеры рамы.

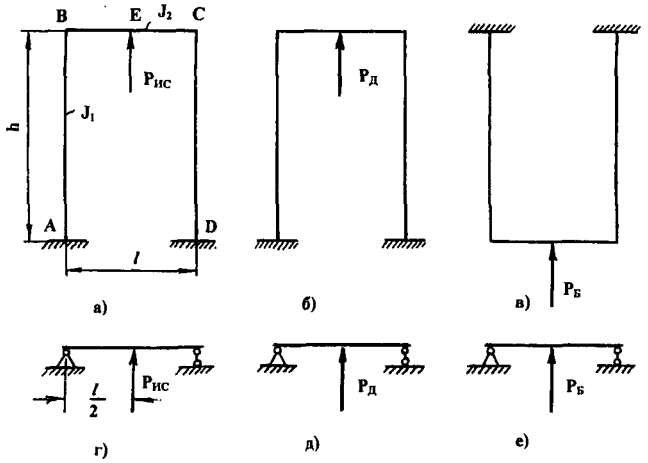


Рис.4.4. Расчетная схема вертикальнои рамы
а), г) статические испытания; б), д) динамические испытания; в), е) посадка на буфер

В режиме «ИС» (рис.4.4*а*) расчетная нагрузка кабины определяется двукратным значением величины номинальной грузоподъемности. Исключение составляет малый грузовой лифт и лифты грузовые с барабанной лебедкой, не предназначенные для транспортировки людей (1,5*Q*).

При статических испытаниях груз равномерно распределяется по всей площади пола кабины.

Расчетная нагрузка, приложенная в середине пролета верхней балки составляет

$$P_{ис} = (2Q + Q_к) \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН}. \tag{4.7}$$

Используя стандартные методы строительной механики можно определить изгибающие моменты в характерных точках рамы с учетом симметрии ее конструкции:

моменты в местах крепления стоек к нижней балке (точки *A*, *D*) –

$$M_A = M_D = \frac{P_{ис} \cdot l}{8N_1}; \tag{4.8}$$

моменты в местах крепления стоек к верхней балке (точки *B*, *C*) –

$$M_B = M_C = \frac{P_{ис} \cdot l}{4N_1}; \tag{4.9}$$

где $N_1 = \frac{I_2 \cdot h}{I_1 \cdot l} + 2$ – коэффициент, учитывающий соотношение жесткости сопряженных элементов и размеры рамы; I_1, I_2 – моменты инерции сечения стоек и балок каркаса.

Изгибающий момент в среднем сечении верхней балки равен

$$M_E = \frac{P_{ис} \cdot l}{4} - M_B = \frac{P_{ис} \cdot l}{4} \cdot \left(1 - \frac{1}{N_1}\right). \tag{4.10}$$

Для оценки влияния жесткости стоек на характер и величину деформации верхней балки определим вспомогательный коэффициент соотношения момента в заделке (точка *B*) и момента в точке приложения нагрузки от канатной подвески (точка *E*)

$$K_M = \frac{M_E}{M_B} = \left(\frac{1}{N_1} - \frac{1}{N_1^2}\right). \tag{4.11}$$

В реальных конструкциях лифтов величина $N_1 \geq 10$, поэтому доля влияния моментов в узлах соединения балок со стойками очень мала, что делает вполне оправданным упрощенный расчет балок и стоек каркаса.

На рис.4.4*г* представлена упрощенная расчетная схема верхней балки, не учитывающая влияния жесткости стоек каркаса.

Расчетные схемы, представленные на рис.4.4*б* и 4.4*д* соответствуют режиму динамических испытаний с 10% перегрузкой кабины («ИД»).

Величина расчетной нагрузки в этом режиме определяется так

$$P_{ис} = (1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a}{g}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \qquad (4.12)$$

где a – максимальное ускорение кабины при пуске и замедлении в режиме «ИД».

Расчетные схемы, представленные на рис.4.4*б* и 4.4*д* можно применять для расчета каркаса в режиме **подскока** кабины при посадке противовеса на буфер (ловители).

Нагрузка каркаса для режима **подскока** определяется по формуле

$$P_д = (1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot g \cdot K_д \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \qquad (4.13)$$

где $K_д$ – коэффициент динамичности нагрузки канатной подвески кабины можно рассчитать по формуле, полученной для расчета противовеса в режиме подскока (п.5).

Одним из наиболее тяжелых режимов нагрузки вертикальной рамы является режим посадки кабины на буфер («АБ» и «АБО»). Соответствующая расчетная схема приведена на рис.4.4*в* и 4.4*е*.

Расчетная нагрузка для режима посадки на буфер определяется с учетом параметров буфера кабины

$$P_б = (1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_б}{g}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \qquad (4.14)$$

где $a_б$ – величина расчетного ускорения при посадке на буфер, принимаемая по требованиям ПУБЭЛ (в зависимости от конструкции буфера, ускорение замедления может приниматься меньше предельной величины в 2,5g, м/с^2). Если посадка кабины на буфер оказалась наиболее тяжелым режимом, параметры нижней балки выбираются по результатам расчета в режиме «АБ». Размеры верхней балки принимаются аналогичной величины.

Стойки каркаса рассчитываются с учетом действия изгибающих моментов в точках B и C и растягивающих усилий.

Значительные изгибающие моменты могут возникать в нижней части стоек каркаса в режимах посадки кабины на буфер и ловители (рис.4.5*а*). На рис.4.5 приняты следующие обозначения: A, l – ширина кабины и величина пролета балки; P, P_1, $P_к$ – расчетная сосредоточенная нагрузка на переднюю балку горизонтальной рамы; q – расчетная распределенная масса, приходящаяся на 1 м длины балки, кГ/м.

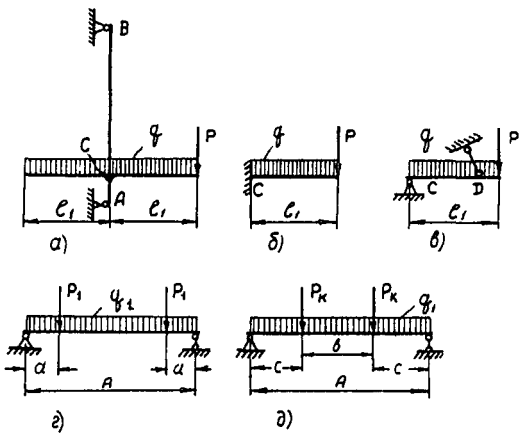


Рис.4.5. Схемы к расчету горизонтальной рамы каркаса а) передача нагрузки от горизонтальной рамы на стойки, б) консольная боковая балка, в) боковая балка с подкосом, г) передняя балка

При самостоятельном использовании лифта (отсутствует контроль загрузки кабины) расчетная нагрузка определяется площадью пола с учетом ее свободного заполнения. В качестве расчетного принимается загрузка половины площади пола (либо на площади треугольника, ограниченного диагональю или прямоугольная площадка передней части пола). Последний случай является наиболее неблагоприятным для конструкции стоек вертикальной рамы.

Предположим, что загружена только передняя половина площади пола длиной l_1, тогда величина расчетной массы, приходящейся на 1 метр длины консольной части грузовой платформы (горизонтальная рама с полом) составит

$$q = \frac{Q_c}{2l_1}, \text{ кГ/м}, \tag{4.15}$$

где Q_c – масса груза в кабине при условии ее свободного заполнения пассажирами, кГ.

В передней части горизонтальной рамы действует сосредоточенная сила тяжести массы передней стенки купе кабины, части массы дверей с приводом и порога P, кН.

При расчете грузового лифта с загрузкой кабины напольным транспортом сила тяжести P будет определяться силой тяжести груза и тележки, приходящейся на передние колеса

$$P_к = \frac{Q + q_т}{2} \cdot g \cdot K_к \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \tag{4.16}$$

где $K_к = 1{,}25 \div 1{,}5$ – величина коэффициента динамичности при вкатывании тележки с грузом в кабину лифта [29]; $q_т$ – масса тележки, кГ. Действие распределенной нагрузки не учитывается ($q = 0$).

Изгибающий момент в месте стыка вертикальной и горизонтальной рамы будет действовать на стойки каркаса как сосредоточенный момент (точка C)

$$M_c = \left(q \cdot g \cdot \frac{l_1^2}{2} \cdot 10^{-2} + P \cdot l_1\right) \cdot \left(1 + \frac{a_p}{g}\right), \text{ кНм}, \tag{4.17}$$

где a_p – расчетное ускорение замедления при посадке кабины на буфер и ловители, м/с^2 («АЛ», «АБ»).

Горизонтальная рама каркаса кабины рассчитывается на прочность с учетом действия момента M_c и перерезывающей поперечной силы в точке C.

$$P_c = P + q \cdot l_1 \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН}. \tag{4.18}$$

Запас прочности следует определять по эквивалентным напряжениям в опасном сечении.

Упрощенные схемы расчета боковых балок горизонтальной рамы, не учитывающие влияние жесткости заделки, приведены на рис.4.5*б* и 4.5*в*. Последняя схема может использоваться при наличии дополнительных подкосов.

Расчетные схемы передней балки горизонтальной рамы каркаса кабины приведены на рис.4.5*г*,*д*.

Распределенная масса, воздействующих на переднюю балку горизонтальной рамы

$$q_1 = \frac{P \cdot 10^3}{A \cdot g}, \text{ кГ/м}. \tag{4.19}$$

Расчетная схема, представленная на рис.4.5*г* соответствует кабине лифта с конструкцией подвижного пола, передающего нагрузку на горизонтальную раму через опоры продольных осей на ее передней и задней балке. На рисунке расстояние от боковой балки горизонтальной рамы до опоры оси обозначено величиной *а*.

Сосредоточенной сила, действующей на опоре оси:

- при равномерной загрузке площади пола

$$P_1 = \frac{1}{4} \cdot (1{,}1 \cdot Q + Q_{пл}) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_p}{g}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ кН;} \qquad (4.20)$$

- при свободном заполнении кабины и распределении ее только по передней прямоугольной части площади пола

$$P_1 = \frac{1}{4} \cdot (0{,}5 \cdot Q_c + Q_{пл}) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_p}{g}\right) \cdot 10^{-3}, \text{ кН,} \qquad (4.21)$$

где $Q_{пл}$ – масса конструкции пола кабины, кГ.

При загрузке кабины грузового лифта напольным транспортом величина сосредоточенной силы рассчитывается по формуле (4.16) и принимается равной половине этой величины. Соответствующая расчетная схема представлена на рис.4.7*д*.

4.3. Конструкция пола и устройств контроля загрузки кабины

Горизонтальная рама каркаса кабины вместе с полом образует несущую конструкцию грузовой платформы.

Полы могут иметь деревянную, металлическую или комбинированную конструкцию.

Кабины могут оборудоваться подвижными и неподвижными полами в зависимости от назначения лифта, наличия и особенностей конструкции системы контроля ее загрузки.

Неподвижные полы устанавливаются в кабинах грузовых, больничных лифтов и в пассажирских лифтах с устройством контроля времени загрузки кабины или в тех случаях, когда применяемый метод контроля нагрузки не требует наличия подвижного пола.

Неподвижный пол может быть составной частью конструкции купе кабины, закрепленного на несущем каркасе через амортизирующие прокладки или представлять собой коробчатую конструкцию грузовой платформы (рис.4.2 и 4.3*г*).

Металлическая конструкция неподвижного пола имеет защитное покрытие из дерева или синтетических материалов.

Деревянные полы составляются из плотно пригнанных досок толщиной 50 – 80 мм, соединяемых в шпунт и связанных между собой поперечными брусьями. Деревянный настил устанавливается в металлическую раму с промежуточными поперечными балками. Для защиты деревянный настил покрывается тонким металлическим листом или пластиком.

Устройства контроля загрузки пассажирского лифта с подвижным полом обычно представляет собой грузовые или пружинные весы с одним или несколькими дискретными уровнями контроля нагрузки и соответствующими микропереключателями.

Подвижный пол кабины должен изготавливаться из сплошного щита и полностью перекрывать порог дверей кабины. У кабин с автоматическими раздвижными дверями порог может быть неподвижным.

Вертикальный ход подвижного пола не должен превышать 20 мм [44].

На рис.4.6 представлена схема устройства контроля загрузки кабины с грузовым механизмом.

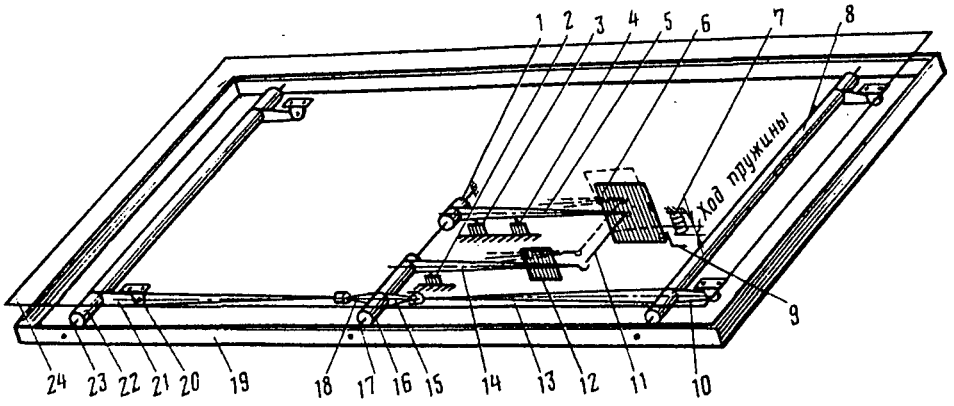


Рис.4.6. Схема грузового механизма контроля загрузки с подвижным полом
1 , *16* - ступицы , *2*, *3*, *4* - микровыключатели, *5*, *10*, *13*, *14*, *15*, *18*, *21* - рычаги, *6*, *12* - грузы, *7* - пружина, *8*, *22* - полые валы, *9* - упор, *17*, *23* - ось , *11* - палец, *19* - горизонтальная рама каркаса кабины, *20* - опорная стойка пола, *24* - щитовая конструкция пола

Грузонесущей основой подвижного пола является горизонтальная рама *19* каркаса кабины.

Щитовая конструкция пола через стойки *20* шарнирами опирается на рычаги полых валов *8* и *22*, которые с помощью подшипников закреплены на неподвижных осях *17*, *23*, установленных на горизонтальной раме. Вилки рычагов *13* и *21* охватывают подшипники рычагов *15*, *18* ступицы *16*, которая установлена на оси *17*. Такая конструкция обеспечивает вертикальное поступательное перемещение пола независимо от положения груза в кабине.

На рычагах *5* и *14* ступиц *1* и *16* закреплены грузы взвешивающего устройства *6* и *12*. Между грузами *12* и *6* имеется односторонняя связь посредством пальца *11*, взаимодействующего со скобой, закрепленной на конце рычага *14*.

Для контроля 10% перегрузки кабины, кроме груза *6*, используется цилиндрическая пружина *7*. Под рычагами *5* и *14* установлены микровыключатели *2*, *3*, *4*.

При отсутствии пассажиров в кабине, груз *12*, установленный на рычаге *14*, уравновешивает силу тяжести подвижного пола *24*. При этом рычаг *14* воздействует на микровыключатель *2*.

При появлении груза в кабине массой более 15 КГ равновесие системы нарушается и рычаг *14* с грузом *12* поднимается вверх. Срабатывает контактное устройство *2*, сигнализируя системе управления о наличии груза.

Дальнейшее увеличение загрузки кабины сопровождается дополнительным подъемом рычага *14*. Связанная с ним скоба поднимает палец *11* вместе с грузом *6*, поворачивая рычаг *5* против часовой стрелки.

Если груз в кабине достигает 90% номинальной грузоподъемности, дальнейший подъем рычага *5* приводит к срабатыванию контактного устройства *4*. При этом, система управления лифта перестает реагировать на попутные вызовы с этажных площадок.

При превышении номинальной нагрузки более чем на 10%, рычаг *5* дополнительно поднимается вверх сжимая предварительно сжатую пружину *7*. Срабатывает контактное устройство *3* и отключается двигатель механизма подъема. Момент срабатывания контактного устройства устанавливается регулировкой силы предварительного сжатия пружины *7*.

В лифтах с распашными дверями кабины применяется и более простая система подвижного пола с петлевым креплением одной его стороны и опорой другой на пружину. При такой конструкции чувствительность контроля нагрузки зависит от положения пассажира по отношению к петлевой подвеске пола.

Совершенствование систем контроля загрузки кабины лифта продолжается.

Примером может служить устройство контроля с плавающей установкой купе в каркасе кабины и размещением взвешивающего механизма под центральной частью пола на нижней балке каркаса (рис.4.7). На схеме приняты следующие обозначения: P – расчетная нагрузка; l, l_1, l_2 – линейные размеры механизма.

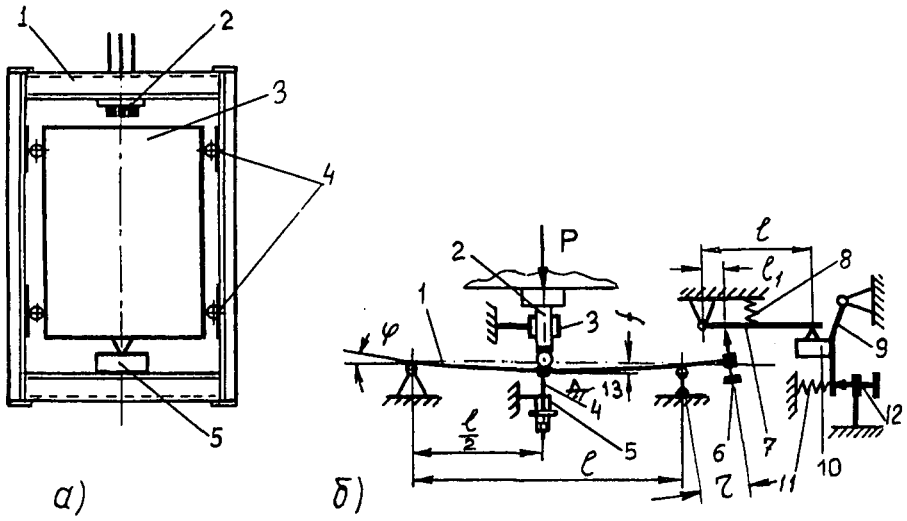


Рис.4.7. Система контроля загрузки кабины с плавающей установкой купе
а) схема установки взвешивающего устройства: *1* – каркас, *2* – подвеска, *3* – купе, *4* – направляющие ролики вертикального перемещения купе, *5* – взвешивающее устройство; б) схема устройства контроля нагрузки: *1* – упругая предварительно деформированная балка, *2* – устройство передачи нагрузки от пола купе на балку, *3* – направляющая втулка, *4* – болт регулировки предварительной деформации балки, *5* – упорная втулка, *6* , *12* – винт регулировочный, *7* – балка рычажного передаточного механизма, *8*, *11* – пружина, *9* – рычаг подвески микровыключателя, *10* – микровыключатель, *13* – упор

Рассматриваемая конструкция является вариантом системы контроля нагрузки с пружинным уравновешиванием. Роль грузовой платформы взвешивающего устройства выполняет купе кабины, которое имеет возможность вертикальных, поступательных перемещений относительно каркаса кабины.

Отличительной особенностью данной конструкции является очень небольшая величина вертикальных перемещений пола купе, который остается практически неподвижным.

При отсутствии пассажиров в кабине, сила тяжести купе уравновешивается усилием предварительно деформируемой двухопорной балки *1*. Установка величины предварительной деформации осуществляется регулировочным болтом *4* относительно неподвижной втулки *5*.

Увеличение нагрузки купе приводит к дополнительной деформации балки и увеличению угла ее поворота φ на опорах. Благодаря этому, консольная часть балки, с винтом *6* на конце, поворачивается против часовой стрелки. Винт *6* действует на рычаг *7*, который поднимается вверх, преодолевая усилие пружины *8*, и перестает действовать на приводной механизм контактов микровыключателя *10* по достижению определенного, контролируемого уровня нагрузки купе кабины.

Взвешивающее устройство оборудовано 3 комплектами элементов *6– 12* и их настройка позволяет контролировать три уровня загрузки кабины, включая перегрузку.

Винты *7* и *12* используются для регулировки нагрузки срабатывания каждого из 3 микровыключателей *10*. Под балкой установлен упор *13* для защиты ее от перегрузки при посадке кабины на буфер или ловители.

Определение параметров взвешивающего устройства рассмотренного типа может производиться на основе следующих известных зависимостей

Прогиб балки в середине пролета

$$f = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}, \text{ м}, \tag{4.22}$$

где l - расчетный пролет балки, м; E - модуль упругости материала балки, Н/м^2; I - момент инерции поперечного сечения балки, м^4.

Угол упругого поворота оси балки на опоре при прогибе в середине пролета

$$\varphi = \frac{P \cdot l^2}{16 \cdot E \cdot I}, \text{ рад.} \tag{4.23}$$

Тангенциальное перемещение болта *6* составит величину

$$\Delta = r \cdot \varphi, \text{ м}. \tag{4.24}$$

Перемещение конца рычага *7* в точке контакта с конечным выключателем

$$\Delta l = \Delta \cdot \frac{l_2}{l_1}, \text{ м}. \tag{4.25}$$

Соотношение плеч рычажной системы следует выбрать так, чтобы величина Δl соответствовала величине перемещения приводного элемента микропереключателя.

Пролет балки и параметры поперечного сечения следует выбирать из условия ее работы в зоне упругих деформаций при напряжении не выше 50% предела текучести.

Балка подвергается специальной термической обработке для обеспечения стабильности упругих характеристик.

Рассмотренные выше устройства контроля загрузки кабины не отличаются простотой конструкции и дополнительно увеличивают стоимость лифтового оборудования.

Отечественные и зарубежные производители лифтового оборудования продолжают поиск более простых решений задачи контроля загрузки кабины.

Широкое внедрение средств промышленной электроники и микропроцессорной техники в лифтостроительной отрасли открывают возможности создания более простых и надежных систем контроля загрузки кабины.

Примером может служить устройство контроля загрузки, устанавливаемое в канатной подвеске кабины фирмы ОТИС (рис.4.8). На схеме приняты следующие обозначения: h, Δ – высота амортизатора и величина его рабочей деформации; S – контролируемая нагрузка канатной подвески.

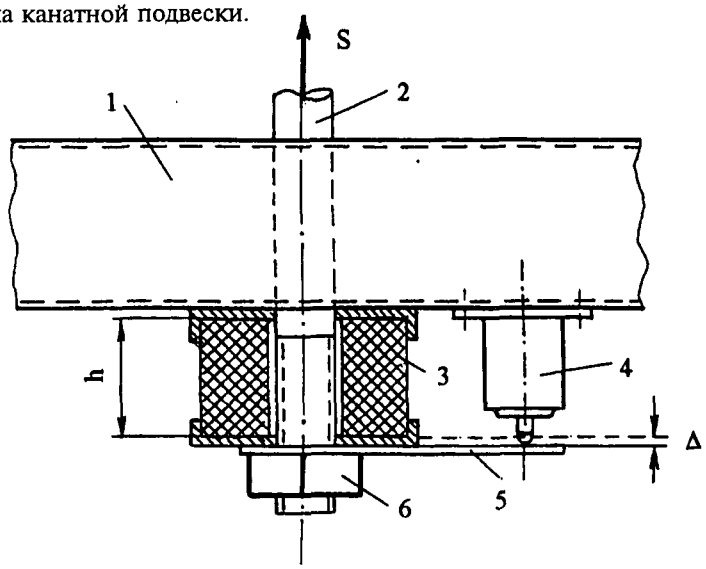


Рис.4.8. Устройство контроля загрузки кабины в канатной подвеске
1 – верхняя балка каркаса кабины, *2* – центральная тяга подвески, *3* – резиновый амортизатор квадратного сечения с системой вертикальных отверстий, *4* – датчик электронной системы измерения микроперемещений

В основе принципа измерения нагрузки лежит контроль деформации резинового амортизатора, расположенного между верхней балкой каркаса и несущими конструкциями подвески. Контроль деформации резины может производиться чувствительным фотоэлектрическим или дифференциальным индуктивным датчиком микроперемещений.

Надежность и точность работы этой системы в значительной степени зависит от стабильности и линейности упругих характеристик резинового амортизатора, который должен изготавливаться из специального сорта резины.

В определенном диапазоне деформаций сжатия резины сохраняется линейная зависимость между сжимающим усилием S и величиной деформации Δ. Этому способствует наличие система вертикальных цилиндрических отверстий в резиновом амортизаторе.

Жесткость резинового амортизатора подвески определяется модулем упругости резины и геометрическими размерами амортизатора

$$C_{\text{н}} = \frac{E_{\text{р}} \cdot F}{h} \cdot 10^6 \text{ , Н/м,} \qquad (4.26)$$

где $E_{\text{р}} \approx 5$ МПа – модуль упругости резины при сжатии; F – площадь поперечного сечения амортизатора, м^2 ; h – толщина слоя резины, м.

Вертикальное перемещение упора *5* будет определяться нагрузкой подвески

$$\Delta = \frac{S \cdot h}{E_p \cdot F} \cdot 10^{-3}, \qquad (4.27)$$

где S - нагрузка канатной подвески кабины, кН.

Площадь сечения F резинового вкладыша амортизатора необходимо выбирать на основе прочностного расчета.

Наряду с рассмотренным, возможны и другие решения задачи: например, на основе применения полупроводниковых тензорезистеров и соответствующей измерительной аппаратуры.

4.4. Канатные подвески

Для надежного крепления канатов к кабине и противовесу применяются специальные устройства, обеспечивающие равномерное распределение усилий по параллельным ветвям канатной подвески. Устройства эти принято называть подвеской.

Различают полиспастные и прямые подвески.

Прямые подвески подразделяются на рычажные (балансирные) и пружинные.

По количеству отдельных канатов, удерживающих кабину (противовес), подвески могут быть одно, двух, трех и многоканатные [3, 29].

Рычажная подвеска обеспечивает равномерное распределение нагрузки по канатам при условии сохранения свободы перемещения отдельных ее элементов (рис.4.9). На рис.4.9 приняты следующие обозначения: a, b - размеры плеч рычагов подвески.

При четном количестве параллельных ветвей канатов рычажная подвеска состоит из системы равноплечих рычагов (балансиров) (рис.4.9 *а, в*). Такая подвеска может называться балансирной.

Нечетное число канатов делает необходимым применение комбинированной системы равноплечих и неравноплечих рычагов. Примером такой конструкции подвески может служить трехканатная рычажная подвеска (см. рис.4.9 *б*).

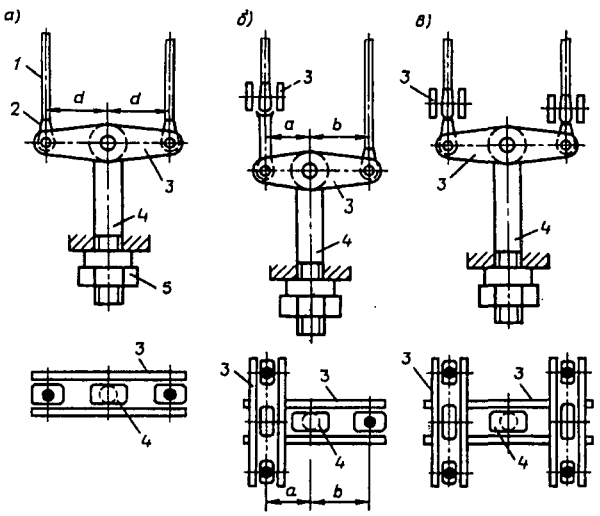


Рис.4.9. Рычажная подвеска
а) двухканатная, б) трехканатная, в) четырехканатная

Третий канат закрепляется на неравноплечем рычаге с соотношением плеч $b = 2a$, что следует из условия равновесия неравноплечего рычага.

Аналогичным способом можно изготовить подвески для пяти, шести и большего числа канатов.

Существенным недостатком рычажной подвески являются ее значительные линейные размеры по высоте и в плане, которые увеличиваются с увеличением числа канатов.

Значительные расстояния между канатами затрудняют укладку их в ручьи КВШ при верхнем положении кабины (противовеса), поэтому канаты рычажной подвески принудительно стягиваются стальным кольцом (рис.4.10).

В данной конструкции, канаты соединяются верхней балкой каркаса через систему равноплечего и неравноплечего рычага и центральный штырь, через амортизатор. Амортизатор уменьшает передачу шума и вибрации по канатам от лебедки к кабине.

Предусмотрен механизм привода концевого выключателя *23* посредством рамки *17*, которая опускается вниз при чрезмерном перекосе рычагов подвески. Имеется дополнительный механизм воздействия на концевой выключатель при ослаблении натяжения канатов (детали *3–12*).

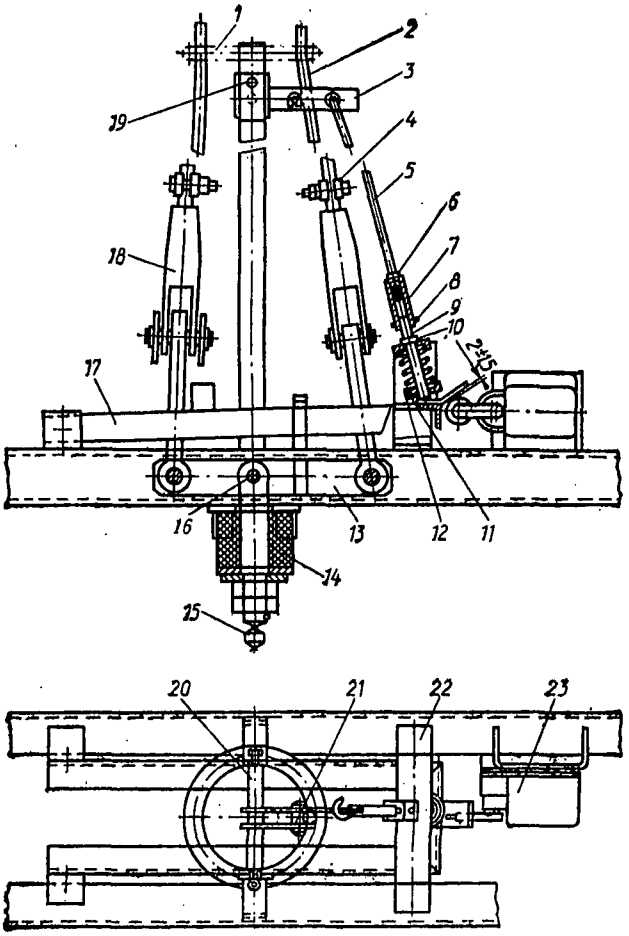


Рис.4.10. Трехканатная рычажная подвеска
1 – кольцевая стяжка, *2* – канат, *3* – стальная планка, *4* – зажим, *5, 9* – тяга, *6* – гайка, *7* – втулка, *8* – болт, *10* – гайка, *11* – пружина, *12* – чашка, *13* – рычаг, *14* – резиновый амортизатор, *15* – пломба, *16* – ось рычага, *17* – рамка привода конечного выключателя, *18* – клиновой зажим каната, *19* – планка, *20* – перемычка, *21* – втулка, *22* – скоба, *23* – концевой выключатель контроля подвески

Пружинная подвеска не обеспечивает абсолютной равномерности распределения усилий по канатам, однако имеет существенно меньшую металлоемкость, более компактна и обеспечивает минимальное расстояние между параллельными ветвями канатов, соизмеримое с расстоянием между ручьями КВШ.

Компактность пружинной подвески и простота конструкции делает ее незаменимой для установки на противовесах и на кабинах лифтов при большом количестве параллельных ветвей канатов (рис.4.11).

Основу конструкции подвески составляют пружины, верхняя часть которых опирается в балку каркаса кабины (противовеса). На нижние концы пружин, через

шайбы, опираются тяги, к которым прикрепляются канаты. Пружины калибруются по жесткости и свободной длине. Поэтому, равенству натяжения канатов соответствует одинаковая длина сжатых пружин, которая устанавливается с помощью регулировочных гаек.

Под тягами подвески располагается рычажная система, которая при ослаблении хотя бы одного каната и опускании соответствующей тяги, воздействует на концевой выключатель контроля подвески *4*.

На рис.4.12 приведен усовершенствованный вариант конструкции пружинной подвески кабины, используемой в конструкции кабин фирмы ОТИС.

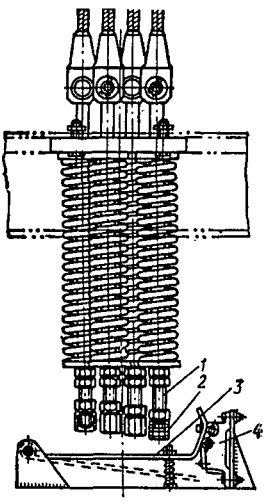


Рис.4.11. Пружинная подвеска
1 – тяга, *2* – гайка регулировки зазора, *3* – рычаг, *4* – контактное устройство

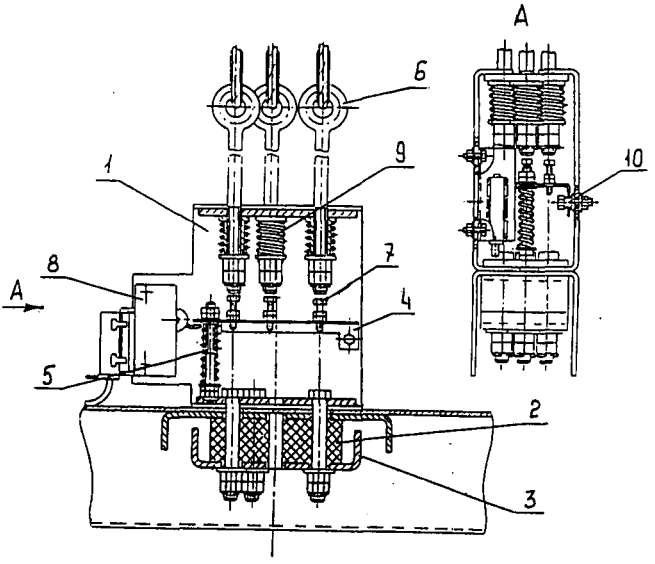


Рис.4.12. Пружинная подвеска кабины с амортизатором фирмы ОТИС
1 – корпус, *2* – амортизатор, *3* – опорная пластина, *4* – рычаг привода конечного выключателя, *5* – пружина, *6* – тяга ушковая, *7* – болт регулировочный, *8* – выключатель конечный, *9* – пружина подвески рычага *4*, *10* – шарнир

Аналогичная подвеска, только без концевого выключателя, устанавливается на противовесах.

В выжимных лифтах и в лифтах с полиспастной подвеской пружинные подвески используются для крепления неподвижной части канатов в машинном помещении или в перекрытии шахты.

Расчет балансирной подвески сводится к определению требуемого соотношения плеч рычагов и расчету их на прочность традиционными методами.

Оси и тяги обычно изготавливаются из стали 45, рычаги – из Ст. Расчет ведется по допускаемым напряжениям. Величина коэффициента запаса прочности принимается по табл.4.1.

Параметры пружин пружинной подвески определяются с учетом допустимой величины перебега Δl и допустимой степени перегрузки каната ΔS.

Перебег каната связан с различием диаметра канавок КВШ в пределах величины допуска на изготовление и определяется по формуле

$$\Delta l = \frac{H}{\pi \cdot D} \cdot \left(\pi \cdot (D + \Delta) - \pi \cdot D\right) = \frac{H \cdot \Delta}{D}, \qquad (4.28)$$

где $\Delta = 0{,}0005D$ – величина допуска на диаметральный размер канавки, мм; D – номинальное значение диаметра канавки КВШ, мм; H – высота подъема кабины, м.

Для снижения величины перебега и повышения равномерности распределения нагрузки по параллельным ветвям канатов, регулировка равенства их натяжения производится в средине высоты шахты. Поэтому, расчетное значение перебега каната составит половину величины Δl

$$\Delta l_{\text{р}} = \frac{\Delta l}{2}. \qquad (4.29)$$

Так как в подвеске применяются калиброванные по свободной длине и жесткости пружины, равенство натяжения достигается путем установления одинаковой длины пружин в нагруженном состоянии.

Допустимая перегрузка каната ΔS принимается в пределах 20–30% от величины, соответствующей равномерному распределению статической нагрузки по канатам подвески

$$\Delta S = S_{\text{р}} \cdot (0.2 \div 0{,}3) = \frac{Q_{\text{п}} \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot (0{,}2 \div 0{,}3)}{m}, \text{ кН}, \qquad (4.30)$$

где $S_{\text{р}}$ – расчетное натяжение одного каната подвески, кН; m – число канатов подвески.

Жесткость пружины определяется по формуле

$$C = \frac{\Delta S}{\Delta l_{\text{р}}}, \text{ кН/м}. \qquad (4.31)$$

Средний диаметр пружин обычно принимается по конструктивным соображениям от 40 до 80 мм. Определение параметров и расчет пружин производится традиционным методом.

Тяги подвески рассчитываются на прочность с учетом коэффициента динамичности и допустимой неравномерности распределения нагрузки по канатам.

Расчетная нагрузка тяги пружинной подвески противовеса

$$S_{\text{т}} = \frac{Q_{\text{п}} \cdot g \cdot K_{\text{н}} \cdot K_{\text{д}} \cdot 10^{-3}}{m}, \text{ кН}, \qquad (4.32)$$

где $K_{\text{н}} = \left(1 + \frac{\Delta S}{S_{\text{р}}}\right)$ коэффициент неравномерности распределения нагрузки по канатам; $K_{\text{д}}$ – коэффициент динамичности нагрузки канатной подвески противовеса (п.5).

4.5. Направляющие башмаки

Для центрирования относительно направляющих кабин (противовесов) и неизменности расстояний между подвижными и неподвижными частями лифта на несущих каркасах устанавливаются башмаки. С каждой стороны кабины (противовеса) устанавливается по два башмака, в верхней и нижней ее части.

Конструкция башмаков охватывает головку направляющей с трех сторон, так, чтобы обеспечить действие нормальных сил, уравновешивающих опрокидывающие

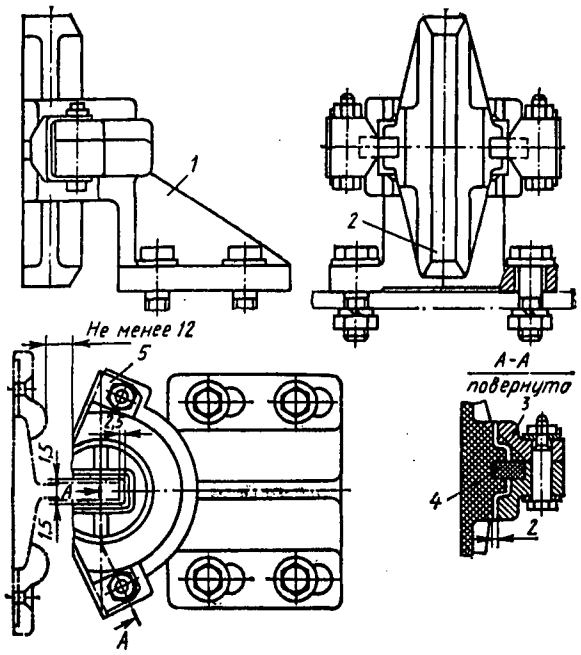


Рис.4.13. Самоустанавливающийся башмак скольжения
1 - корпус, *2* - вкладыш из синтетического материала, *3* - крышка, *4* - резиновое полукольцо, *5* - держатель

моменты, вызванные эксцентриситетом положения центра масс груза, кабины и смещением центра подвески.

Применяются две конструктивные разновидности башмаков: башмаки скольжения и роликовые башмаки.

Башмаки скользящего типа применяются в лифтах со скоростью кабины не выше 1,4 м/с.

Башмаки скольжения современных лифтов могут иметь конструктивные отличия не принципиального характера. Одна из конструкций башмака скольжения представлена на рис.4.13.

Над башмаками скольжения устанавливается смазывающее устройство для уменьшения сил трения, исключения задиров на поверхности вкладышей и более плавного движения по направляющим.

Площадь поверхности вкладыша определяется в зависимости от допускаемого контактного напряжения материала:

- для боковой поверхности

$$F_{\text{п}} = N_{\text{п}} / [\sigma]_{\text{с}} \text{ , см}^2 ; \qquad (4.33)$$

- для торцевой поверхности

$$F_{\text{н}} = N_{\text{н}} / [\sigma]_{\text{с}} \text{ , см}^2, \qquad (4.34)$$

где $N_{\text{п}}$, $N_{\text{н}}$ - расчетная нагрузка на башмак в поперечном и торцевом направлении, Н; $[\sigma]_{\text{с}} = 30 \div 50$ Н/см^2 - допускаемое напряжение смятия материала вкладыша из синтетического материала типа «капронит» и т.п.

Сопротивление движению роликовых башмаков по направляющим существенно меньше чем у башмаков скольжения. Поэтому, они применяются в скоростных лифтах и в грузовых лифтах повышенной грузоподъемности.

Роликовые башмаки качения представляют собой устройство из одного торцевого и двух боковых роликов, установленных на поворотных рычагах с пружинами, обеспечивающими предварительное прижатие роликов к направляющим. Сила предварительного прижатия ролика устанавливается на уровне 100 Н для исключения проскальзывания обода относительно направляющей при разгоне и торможении кабины.

В конструкции подвески рычагов предусмотрены упоры, ограничивающие радиальных отход роликов и воспринимающие действие расчетных нормальных сил.

На рис.4.14 представлен вариант конструкции роликового башмака кабины скоростного лифта фирмы ОТИС.

Регулируемые пружины *9* обеспечивают силу начального прижатия роликов. Упоры *4* устанавливаются с зазором 2 мм. Наличие амортизирующей прокладки *5* снижает уровень ударных нагрузок, действующих на корпус *6* в при движения кабины.

В роликовых башмаках применяются ролики с резиновым или пластмассовым ободом. Диаметр роликов выбирается в пределах 150 ÷200 мм при ширине обода 25 ÷ 45 мм.

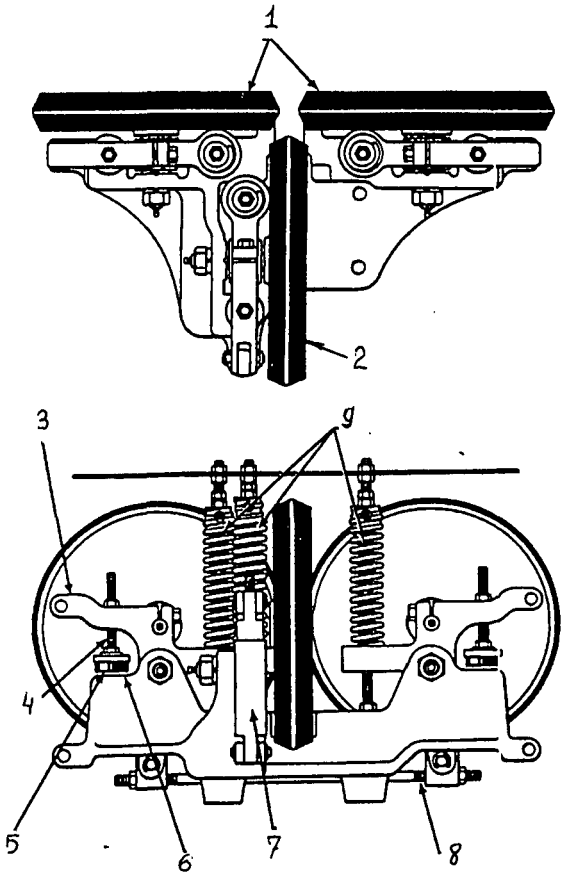


Рис.4.14. Роликовый башмак: фирмы ОТИС
1 – боковые ролики, *2* – торцевой ролик, *3* – рычаг, *4* – регулируемый упор, *5* – амортизатор, *6* – корпус, *7* – рычаг торцевого ролика, *8* – тяга синхронизации радиального перемещения боковых роликов

На рис.4.15 приведена расчетная схема роликового башмака. На схеме приняты следующие обозначения: $D_р$, $b_р$ – диаметр и ширина обода ролика; $l_п$, $l_р$ – плече приложения усилия пружины и силы прижатия ролика; $I_р$ момент инерции ролика, $М_и$ – момент инерционных сил; $P_р$, $P_п$ – сила прижатия ролика к направляющей и усилие предварительно сжатой пружины; $P_с$ – сила сцепления обода ролика с направляющей.

Диаметр и ширина обода ролика связаны условием контактной прочности

$$D_р \geq \frac{N_р}{b_р \cdot [\sigma]_{ср}}, \text{ см}, \qquad (4.35)$$

где $N_р$ – расчетная нагрузка ролика, Н ; $[\sigma] = 20 \div 30$ Н/см^2 – допускаемое напряжение для резинового обода.

Толщина резинового слоя обода обычно составляет 20 ÷30% ширины обода.

Минимально необходимая величина силы прижатия обода к направляющей определяется из условия отсутствия проскальзывания ролика при разгоне (торможении) кабины под действием инерционных сил (рис.4.15).

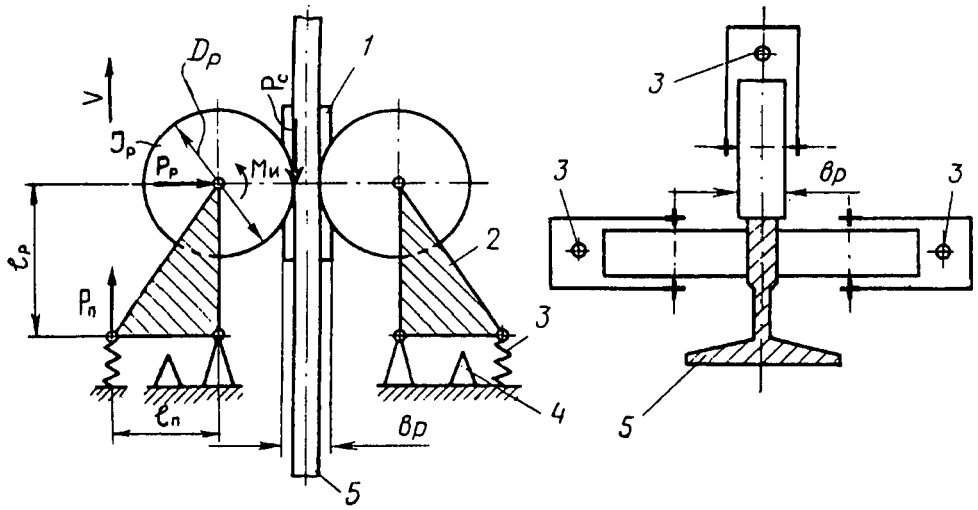


Рис.4.15. Расчетная схема роликового башмака
1 – ролик, *2* – рычаг, *3* – пружина, *4* – упор, *5* – направляющая кабины

Момент сопротивления от действия сил инерции разгона (торможения) ролика определяется в зависимости от величины ускорения кабины (противовеса)

$$M_{и} = I_{р} \cdot \frac{2a}{D_{р}} \text{ Нм}, \tag{4.36}$$

где $I_{р}$ – момент инерции ролика, кГм^2; a – величина ускорения кабины регламентируемая ПУБЭЛ, м/с^2.

Приведенная к ободу окружная сила инерции разгону ролика до установившейся скорости

$$P_{и} = \frac{2M_{и}}{D_{р}}, \text{ Н}, \tag{4.37}$$

где $D_{р}$ – диаметр ролика, м.

Скольжения ролика не происходит, если выполняется условие

$$P_{с} \geq P_{и}, \tag{4.38}$$

где $P_{с}$ – сила сцепления обода с направляющей, Н.

Величина силы сцепления зависит от силы прижатия ролика

$$P_{с} = P_{р} \cdot \varphi, \text{ Н}, \tag{4.39}$$

где $P_{р}$ – сила прижатия ролика к направляющей; $\varphi = 0{,}25 \div 0{,}3$ – сила сцепления резинового обода с направляющей.

Минимально необходимое усилие сжатия пружины из условия сцепления ролика с направляющей при ускорении кабины (противовеса)

$$P_{п} \geq \frac{P_{с} \cdot l_{р}}{\varphi \cdot l_{п}} \geq \frac{4 \cdot I_{р} \cdot a \cdot l_{р}}{D_{р}^2 \cdot \varphi \cdot l_{п}}. \tag{4.40}$$

ГЛАВА 5

ПРОТИВОВЕСЫ

5.1. Назначение, конструкция и устройство

Противовесы применяются в лифтах с целью уменьшения необходимой мощности привода за счет уравновешивания силы тяжести кабины и части массы груза.

В лифтах с КВШ противовес, наряду с этим, обеспечивает натяжение канатов, необходимое для надежного сцепления канатов с ободом шкива.

Конструкция противовеса должна отвечать требованиям безопасности ПУБЭЛ (п.5.6.1-5.6.4).

Основу конструкции противовеса составляет несущий каркас с устройством канатной подвески и башмаками.

При применении роликовых башмаков, в средней части боковых стоек каркаса устанавливаются жесткие контрольные башмаки для исключения возможности выхода противовеса из плоскости направляющих в аварийных ситуациях.

Канаты закрепляются на верхней балке каркаса с помощью пружинной подвески или огибают блоки, если в конструкции лифта используется полиспаст.

Рамы противовеса заполняются набором железобетонных или чугунных грузов исходя из расчетного значения коэффициента уравновешивания φ и массы каркаса.

Масса каркаса, в зависимости от конструктивного исполнения и грузоподъемности лифта, составляет 5÷15% расчетной массы противовеса. В конструкции каркаса предусматриваются устройства для неподвижной фиксации набора грузов в каркасе.

Поперечные размеры в плане определяются соответствующими размерами грузов.

Габаритная высота противовеса обычно соизмерима с высотой кабины.

На рис.5.1 представлен вариант типовой конструкции противовеса с пружинной подвеской, применяемый в лифтах отечественного производства.

Несущий каркас противовеса изготавливается из стального проката или гнутого стального профиля.

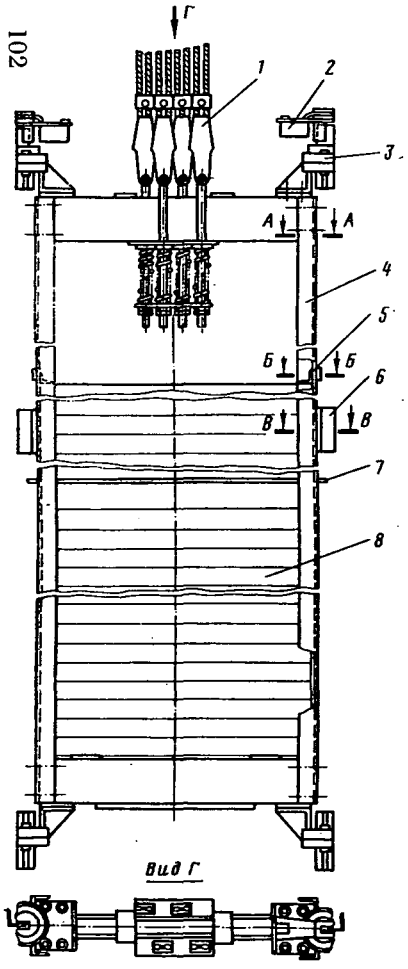
В целях экономии материала иногда применяются противовесы, не имеющие жесткого каркаса. Конструкция бескаркасного противовеса состоит из верхней и нижней балки, между которыми располагается набор грузов, стянутых двумя вертикальными болтами, проходящими через сквозные отверстия. Недостатком такого решения является сложность регулировки коэффициента уравновешивания груза кабины.

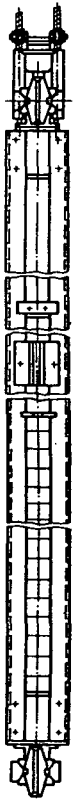
В противовесах применяются чугунные и железобетонные грузы различной формы и размеров.

Масса груза не должна превышать 60 кГ из условия возможности подъема двумя рабочими.

Корректировка величины коэффициента уравновешивания груза производится путем снятия или добавления необходимого количества грузов.

С целью снижения трудоемкости этого процесса, в зарубежной практики применяются конструкции противовесов с двумя рядами грузов уменьшенной массы, разделенными центральными стойками каркаса (рис.5.2).





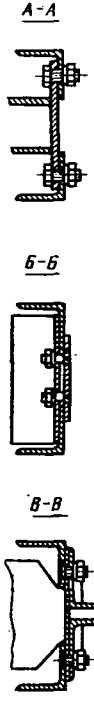


Рис.5.1. Противовес с пружинной подвеской
1 – пружинная подвеска, *2* – аппарат для смазки направляющей, *3* – башмак, *4* – металлоконструкции несущего каркаса, *5* – запорное устройство, *6* – контрольный башмак, *7* – стяжка, *8* – набор грузов

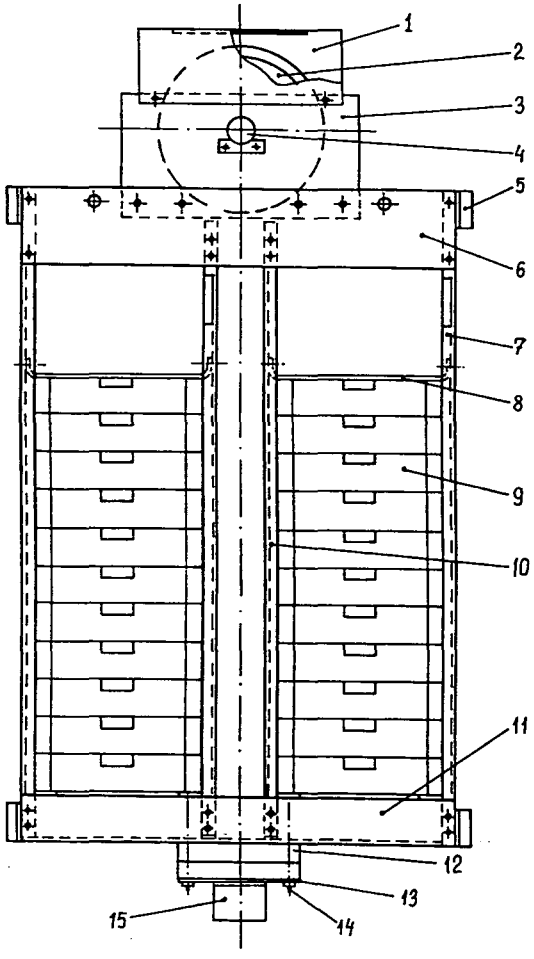


Рис.5.2. Противовес лифта фирмы ОТИС с полиспастной подвеской
1 – защитный кожух; *2* – блок ; *3* – пластина; *4* – ось блока; *5* – башмак; *6* – боковая пластина верхней балки; *7* – стойка боковая; *8* – стопорная планка; *9* – набор грузов; *10* – стойка боковая; *11* – нижняя балка; *12* – набор деревянных пластин; *13* – плита опорная; *14* – болтовое крепление плиты; *15* – цилиндрический резиновый амортизатор

5.2. Динамика нагрузки металлоконструкций каркаса в режимах «подскока» и «затягивания» противовеса

По правилам ПУБЭЛ конструкция противовеса должна быть рассчитана на нагрузки в рабочем режиме, в режиме посадки противовеса и кабины на буфер и ловители. Нагрузки при посадке на ловители должны определятся при максимальной расчетной скорости срабатывания ограничителя скорости.

Практика эксплуатации лифтов показала, что наиболее тяжелым режимом нагрузки конструкции противовеса является **подскок** противовеса при посадке кабины на ловители.

При наличии КВШ с клиновой формой канавок обода отмечались случаи **затягивания** противовеса с последующем его падением при посадке кабины на ловители, когда не срабатывал контакт контроля ловителей и лебедка продолжала работать на опускание кабины. Динамические нагрузки при этом были так велики, что происходил обрыв канатной подвески и падение противовеса.

Явление **затягивания** противовеса крайне редко случается на практике, однако чреваты серьезными последствиями, заслуживающими детального рассмотрения.

В случае, если при расчетном превышении скорости, кабина тормозится ловителями до полной остановки, а контакт контроля ловителей по аварийной причине не сработал и привод лебедки продолжает вращать КВШ в сторону опускания кабины, то ослабляется натяжение канатов подвески кабины и тяговые канаты скользят в канавках обода шкива.

Трение скольжения вызывает разогрев и температурное расширение каната, приводящее к его заклиниванию в канавке и подъему противовеса до момента, когда на ободе КВШ не окажется холодная их часть. В этот момент канаты проскальзывают и противовес стремительно срывается вниз. Кинетическая энергия свободного падения при этом преобразуется в потенциальную энергию растяжения канатов с последующим разрушением подвески и падением противовеса в приямок.

Рассмотрим явление **подскока** и **затягивания** противовеса в целях получения количественных характеристик динамики нагрузки канатной подвески и конструкция каркаса противовеса.

Данная задача относится к области нелинейной механики с односторонними упругими связям между движущимися массами и фрикционным взаимодействием с концевым звеном механизма привода.

При строгом аналитическом подходе здесь следует учитывать динамические характеристики привода и силы трения между башмаками и направляющими. Однако чрезмерное усложнение задачи часто не приводит к существенному повышению точности результатов расчета.

Можно существенно упростить решение поставленной задачи, рассматривая конечный результат развития динамических процессов при некоторых вполне корректных допущениях, так как последующие колебательные процессы носят затухающий характер и практического интереса не представляют. В связи с этим отпадает необходимость в составлении и решении соответствующих дифференциальных уравнений движения[6].

Поэтому решение задачи можно получить более простым способом на основе энергетического подхода.

Явление **подскока и затягивания** противовеса рассмотрим при следующих допущениях: привод лебедки заторможен и канат неподвижен на ободе КВШ; противовес по инерции движется вверх с начальной скоростью, равной скорости кабины в момент срабатывания ловителей; тяговые канаты сжимающих усилий не передают; внутреннее трение в канатах не учитывается; сопротивление движения противовеса по направляющим не учитывается, так как составляет весьма малую долю динамической нагрузки канатной подвески; канаты жестко закреплены на раме противовеса без применения пружинной подвески. Последнее условие принято для рассмотрения наиболее жесткого режима нагружения несущего каркаса противовеса.

Рассмотрим отдельные этапы динамики **подскока** (рис.5.3). На рис.5.3 приняты следующие обозначения: $V_п$ - предельная величина скорости посадки кабины на ловители; X_0 - упругое статическое удлинение канатов подвески противовеса; X_1 - высота подскока противовеса с момента полной разгрузки канатов подвески; X - дополнительная динамическая деформация канатов подвески; h - путь падения противовеса с крайней верхней точки подскока до момента его остановки; $S_{пmax}$ - максимальная величина динамической нагрузки канатной подвески противовеса.

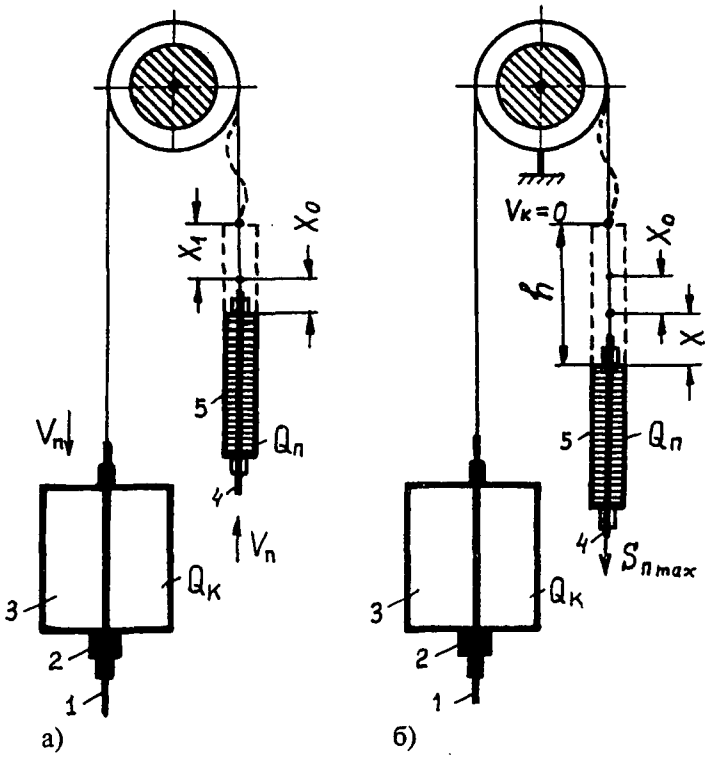


Рис.5.3. Расчетная схема работы канатной подвески при **подскоке** противовеса

а) первый начальный этап подскока противовеса; б) падение противовеса после подскока; *1*, *4* - направляющие кабины и противовеса, *2* - ловители кабины, *3* - кабина лифта; *5* - противовес

Первый, начальный этап подскока (рис.5.3*а*) включает период движения противовеса по инерции до предельной верхней точки, где его скорость достигает нулевого значения. С этого момента зависания начинается второй этап движения противовеса под действием сил тяжести с последующим динамическим нагружением подвески.

Рассмотрим первый этап движения противовеса с целью определения высоты **подскока** (рис.5.3*а*).

Противовес движется вверх со скоростью, равной предельной скорости ($V_п$) кабины в момент включения ловителей. Канаты растянуты на величину определяемую их жесткостью и нагрузкой. Потенциальная энергия рястяжения канатов, по мере движения, преобразуется в кинетическую.

За счет этого, противовес поднимется вверх на величину статической деформации канатов:

$$X_0 = \frac{Q_п \cdot g}{C} = \frac{Q_п \cdot g \cdot L}{E \cdot F}, \tag{5.1}$$

где $Q_п$ - масса противовеса, кГ; g - ускорение свободного падения, м/с^2 ; C - жесткость канатной подвески, Н/м; E - модуль упругости канатов, Па; F - суммарная фактическая площадь сечения всех ветвей канатной подвески, м^2; L - длина канатной подвески от точки схода с КВШ до места крепления на противовесе, м.

В дальнейшем, если имеется запас кинетической энергии, противовес переместиться дополнительно вверх до предельной верхней точки, с которой начнется его последующее падение.

Дополнительный путь противовеса до момента его зависания можно определить из уравнения баланса энергии:

$$\frac{Q_п \cdot \left(V_п^2 - V_к^2\right)}{2} + \frac{C \cdot X_0^2}{2} = Q_п \cdot g \cdot \left(X_0 + X_1\right), \tag{5.2}$$

где $V_к = 0$ - конечная скорость противовеса в момент зависания, м/с; X_1 - путь противовеса от момента разгрузки каната до точки зависания, м.

Аналитическое выражение величины дополнительного пути перемещения противовеса вверх определим из уравнения (5.2)

$$X_1 = \frac{V_п^2}{2g} + \frac{C \cdot X_0^2}{2g \cdot Q_п} - X_0, \tag{5.3}$$

Преобразуем уравнение (5.3) с учетом (5.1)

$$X_1 = \frac{V_п^2}{2g} - \frac{X_0}{2}. \tag{5.4}$$

Второй этап движения противовеса включает свободное падение вниз до момента начала натяжения канатов и дальнейшее движение к нижней предельной точке их максимального удлинения (рис.5.3*б*).

Для определения максимальной амплитуды натяжения каната в конце пути падающего противовеса, воспользуемся уравнением его движения с точки зависания

$$\frac{Q_п \cdot V_н^2}{2} + Q_п \cdot g \cdot \left(X_0 + X_м\right) = C \cdot \frac{\left(X_0 + X_м\right)^2}{2}, \tag{5.5}$$

где $V_н$ - начальная скорость противовеса в конце свободного падения, м/с.

Величина начальной скорости в конце свободного падения с точки зависания до момента начала натяжения каната подвески

$$V_н = \sqrt{2g \cdot X_1}. \tag{5.6}$$

Выразим сумму амплитуд статической и динамической составляющей удлинения каната одной переменной

$$X_к = X_0 + X_м. \tag{5.7}$$

Преобразуем уравнение движения и приведем его к каноническому виду

$$C \cdot X_к^2 - 2Q_п \cdot X_к - Q_п \cdot V_н^2 = 0. \tag{5.8}$$

В результате решения квадратного алгебраического уравнения и последующих преобразований получим

$$X_к = \frac{Q_п \cdot g}{C} + \sqrt{\left(\frac{Q_п \cdot g}{C}\right)^2 + \frac{Q_п}{C} \cdot V_н^2}\,. \qquad (5.9)$$

Преобразуем уравнение (5.9) с учетом соотношений (5.1), (5.4), (5.6) и (5.7)

$$X_к = (X_0 + X_м) = X_0 + \sqrt{\frac{X_0}{g} \cdot V_п^2}\,. \qquad (5.10)$$

Коэффициент динамичности нагружения канатной подвески противовеса определяется выражением

$$K_д = \frac{S_{п\max}}{S_п} = \frac{C \cdot (X_0 + X_м)}{C \cdot X_0} = 1 + \frac{X_м}{X_0}\,, \qquad (5.11)$$

где $S_п$ - статическое натяжение канатов подвески противовеса, кН; $S_{п\max}$ - максимальная динамическая нагрузка подвески, кН.

Преобразуем выражение (5.11) с учетом полученных ранее соотношений (5.1), и получим удобную для применения расчетную формулу, отражающую влияние различных параметров на степень динамической перегрузки подвески

$$K_д = 1 + \frac{V_п}{g} \cdot \sqrt{\frac{C}{Q_п}} = 1 + \frac{V_п}{g} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot F}{L \cdot Q_п}}\,. \qquad (5.12)$$

Рассмотрение полученного выражения свидетельствует о прямой зависимости степени перегрузки канатов от величины начальной скорости **подскока** противовеса.

Величина коэффициента динамичности возрастает с уменьшением длины канатной подвески.

Наибольшие нагрузки при подскоке противовеса будут в случае посадки кабины на ловители в зоне нижних этажей, при минимальной длине канатов противовеса.

Расчетная нагрузка тяговых канатов и каркаса противовеса при подскоке может определяться следующей зависимостью

$$S_{п\max} = Q_п \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot K_д\,. \qquad (5.13)$$

Фактическое значение величины динамической нагрузки канатной подвески противовеса будет ограничена величиной предельной силы сцепления между ободом КВШ и канатами. Возможны две характерные ситуации.

Если кабина легко снимается с ловителей и усилие натяжения канатов кабины при ее снятии с ловителей не превышают силы тяжести в расчетном режиме, усилие канатной подвески противовеса будет ограничено величиной

$$S_п = (1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot \gamma_р\,, \qquad (5.14)$$

где $\gamma_р$ - расчетная величина коэффициента тяговой способности КВШ.

Фактическая величина коэффициента динамичности нагружения подвески противовеса не сможет превысить следующего значения

$$K_{д1} = \frac{(1{,}1 \cdot Q + Q_к)}{(\varphi \cdot Q + Q_к)} \cdot \gamma_р\,. \qquad (5.15)$$

В условиях эксплуатации отмечаются случаи, когда при снятии кабины с ловителей канаты скользят по ободу КВШ. При этом, величина натяжения канатов кабины при снятии ее с ловителей составит

$$S_{к\max} = (\varphi \cdot Q + Q_к) \cdot \gamma_р . \qquad (5.16)$$

Величина коэффициента динамичности нагружения подвески противовеса, в этой наиболее тяжелой ситуации составит

$$K_{д2} = \frac{(S_{к\max} \cdot \gamma_р)}{S_п} = \frac{(1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot \gamma_р^2}{(\varphi \cdot Q + Q_к)} . \qquad (5.17)$$

Таким образом, фактическая величина расчетной нагрузки канатной подвески при жестком креплении канатов к каркасу будет лежать в диапазоне

$$S_{пр} = Q_п \cdot g \cdot 10^{-3} \cdot (K_{д1} \div K_{д2}) . \qquad (5.18)$$

При **затягивании** противовеса качественная картина динамики нагружения канатов противовеса будет аналогична рассмотренной, однако количественные показатели степени перегрузки могут оказаться более серьезными, так как высота свободного падения противовеса может быть существенно большей, чем при подскоке.

Рассмотрим явление **затягивания** противовеса более детально.

Предположим, для определенности, что при вращении КВШ и скольжении канатов происходит их значительный нагрев и температурное расширение в пределах длины дуги обхвата.

Канаты заклиниваются в ручьях КВШ и начинается **затягивание** (подъем) противовеса на высоту, вероятно не превышающую длины дуги обхвата (определенную роль при этом может играть молекулярное схватывание между канатом и поверхностью обода). Как только разогретая часть каната перейдет на кабинную ветвь, на ободе окажется более холодная его часть. Произойдет срыв заклинивания и противовес начнет падать вниз (рис.5.3*б*).

При **затягивании противовеса** канат был растянут на величину X_0 и потенциальная энергия растяжения составляла величину $C \cdot X_0^2 / 2$.

Процесс падения противовеса после срыва заклинивания можно описать уравнением энергии

$$Q_п \cdot g \cdot h - \frac{C \cdot X_0^2}{2} + Q_п \cdot g \cdot (X_0 + X) = C \cdot \frac{(X_0 + X)^2}{2} . \qquad (5.19)$$

После преобразования и замены суммы статической и динамической составляющей растяжения каната переменной $X_м$ получим квадратное уравнение

$$C \cdot X_м^2 - 2 \cdot Q_п \cdot g \cdot X_м - (2 \cdot Q_п \cdot g \cdot h - C \cdot X_0^2) = 0 . \qquad (5.20)$$

Решение уравнения дает аналитическое выражение величины суммы статического и динамического растяжения каната

$$X_м = X_0 + \sqrt{\frac{2 \cdot Q_п \cdot g \cdot h}{C}} . \qquad (5.21)$$

Величина коэффициента динамичности нагрузки подвески противовеса определяется следующим выражением

$$K_{дз} = \frac{X_м}{X_0} = 1 + \sqrt{\frac{2h}{X_0}} = 1 + \sqrt{\frac{2 \cdot E \cdot F \cdot h}{Q_п \cdot g \cdot L}}. \qquad (5.22)$$

С целью сопоставления интенсивности динамических перегрузок при подскоке и затягивании противовеса проведем численный анализ для следующих исходных данных: лифт грузопассажирский, грузоподъемность кабины 500 кГ, масса кабины 950 кГ, расчетная скорость в момент включения ловителей 1,4 м/с, масса противовеса 1200 кГ, высота подъема 45 м, диаметр КВШ 930 мм, диаметр каната 10,5 мм, число канатов подвески 4. Модуль упругости каната - $1 \cdot 10^{11}$ Н/м^2.

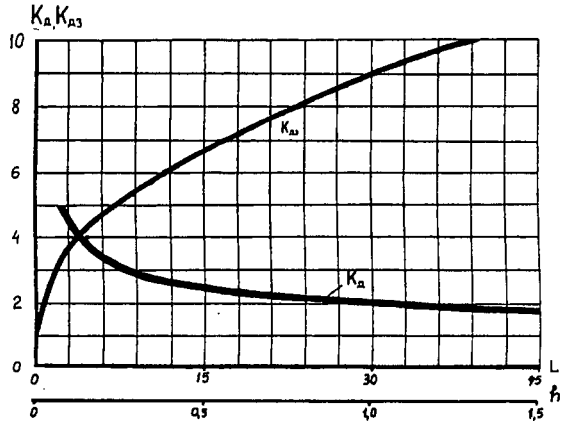


Рис.5.4. Изменение коэффициента динамичности нагружения подвески противовеса

$K_д$, $K_{дз}$ – коэффициент динамичности при **подскоке** и **затягивании,** определяемые по формулам 5.12 и 5.22; L, h – длина канатов подвески и высота затягивания противовеса, м

Определим характер изменения коэффициента динамичности при **подскоке** в зависимости от длины каната подвески противовеса в диапазоне от 5 до 40 м и при затягивании в зависимости от высоты его падения в диапазоне от 0 до 1,5 м, если длина подвески перед затягиванием равнялась 5 м (рис.5.4). На рис.5.4 приняты следующие обозначения: $K_д$, $K_{дз}$ - график изменения коэффициента динамичности при подскоке и затягивании противовеса; h, L - высота подскока и длина канатной подвески противовеса.

Сопоставление графических зависимостей наглядно демонстрирует более высокий уровень перегрузки канатов противовеса при его аварийном затягивании.

Случайный характер и малая вероятность наступления такого события делает нецелесообразным расчет конструкции в этом режиме работы.

Режим подскока характеризуется значительной динамикой при нахождении противовеса в зоне верхних этажей и снижается приблизительно в 1,5 раза, когда кабина садится на ловители на уровне последних этажей здания.

Реальное значение коэффициента динамичности ограничено наличием, более податливой чем канаты, пружинной подвеской и величиной коэффициента тяговой способности КВШ (см. формулу 5.16 и 5.19). Так как податливость пружинной подвески существенно выше податливости канатов подвески противовесов на последних этажах шахты, в расчетную формулу 5.12 можно подставить величину суммарной жесткости канатов и пружин подвески.

Таким образом, режим подскока создает перегрузку подвески противовеса примерно той же величины, что и режим аварийного заклинивания на направляющих.

Фактическая величина перегрузки подвески не превысит значения $K_{д1}$, определяемого формулой 5.15 или 5. 17 с учетом особенностей процесса снятия кабины с ловителей.

5.3. Расчет металлоконструкций каркаса противовеса

В большинстве случаев противовесы изготавливаются с жестким каркасом, состоящим из верхней и нижней балок, жестко соединенных вертикальными стойками.

Наряду с традиционными конструкциями из стального проката успешно применяются каркасы из гнутого стального профиля (рис.5.5). На рис.5.5 приняты следующие обозначения: $S_{пр}$ - расчетная нагрузка канатной подвески; M_2, M_3, M_4 - изгибающие моменты в характерных точках рамы; b, h - основные размеры рамы.

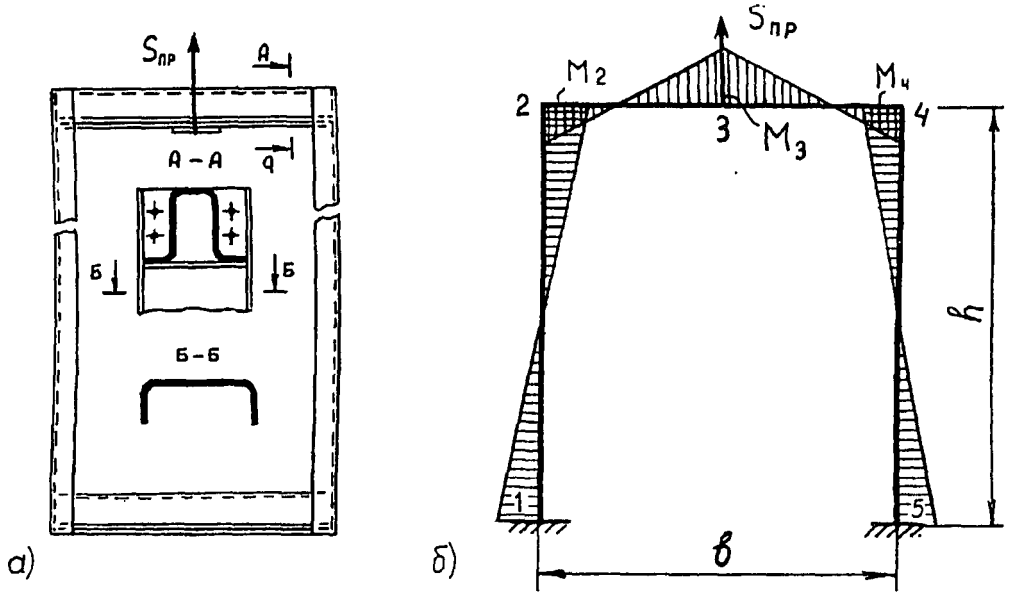


Рис.5.5. Схема каркаса противовеса из гнутого стального профиля
а) конструктивная схема, б) расчетная схема

В качестве расчетного принимается режим нагружения каркаса при **подскоке** противовеса.

Расчет может производиться традиционными методами строительной механики как жесткой вертикальной рамы прямоугольной формы, нагруженной в среднем сечении верхней балки.

Предварительно, по конструктивным соображениям определяется форма и размеры поперечных сечений балок и стоек, с целью учета влияния жесткости узлов стыка стоек с верхней балкой.

Определяются момент инерции сечения верхней балки каркаса $I_Б$, стойки $I_{ст}$ и моменты сопротивления изгибу в вертикальной плоскости.

С учетом принятых размеров каркаса и параметров сечений его несущих элементов определяются изгибающие моменты в расчетных сечениях (рис.5.5*б*).

$$M_2 = M_3 = \frac{S_{\text{пр}} \cdot b}{4} \cdot \frac{1}{K_{\text{пк}}}, \text{ кНм} \tag{5.23}$$

$$M_3 = M_2 - \frac{S_{\text{пр}}}{2} \cdot \frac{b}{2}, \text{ кНм}, \tag{5.24}$$

где $K_{\text{пк}} = \frac{I_{\text{б}}}{I_{\text{ст}}} \cdot \frac{h}{b} + 2$ - коэффициент учета соотношения жесткостей элементов и геометрических параметров каркаса.

Напряжение изгиба в среднем сечении верхней балки

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3}, \text{ МПа}, \tag{5.25}$$

где W_3 - момент сопротивления изгибу расчетного сечения верхней балки, м^3.

Напряжение среза в расчетном сечении

$$\tau_3 = S_{\text{пр}} / F_3, \text{ МПа}, \tag{5.26}$$

где F_3 - площадь поперечного сечения верхней балки, м^2.

Эквивалентное напряжение в расчетном сечении верхней балки

$$\sigma_{\text{э}} = \sqrt{\sigma_3^2 + 3 \cdot \tau_3^2}, \text{ МПа}. \tag{5.27}$$

Фактическое значение коэффициента запаса прочности

$$n = \frac{\sigma_{\text{т}}}{\sigma_{\text{э}}} \le [n], \tag{5.28}$$

где $\sigma_{\text{т}}$, $[n]$ - предел текучести и расчетный коэффициент запаса прочности для материала каркаса.

Расчет стоек каркаса и болтового соединения стоек с верхней и нижней балкой какой либо специфики не имеет. Конструкция нижней балки каркаса принимается такой же как и верхней.

ГЛАВА 6
ДВЕРИ КАБИНЫ И ШАХТЫ

6.1. Назначение, классификация и конструкция дверей кабины и шахты

Все входные и загрузочные проемы в шахте лифта должны, по соображениям безопасности, оборудоваться дверями.

В связи с этим, в разделах 5.1 и 5.2 ПУБЭЛ значительное внимание уделяется требованиям к конструкции дверей шахты, так как неисправность дверей, замков и блокировочных устройств является преимущественной причиной нечастных случаев на лифтах [2].

В лифтах применяются различные конструкции дверей шахт и кабин, отличающихся кинематикой перемещения створок, системой привода и управления. Применяется широкий спектр конструкционных и отделочных материалов.

Шахтные и кабинные двери могут иметь различную или одинаковую конструкцию.

В специальных случаях, к конструкции дверей предъявляются повышенные требования пожаростойкости.

Раздвижные автоматические двери постепенно вытесняют конструкции распашных дверей, однако работы по их совершенствованию успешно продолжаются.

Ниже приводится классификация дверей по наиболее характерным признакам.

По кинематике перемещения створок: двери распашные со створками, поворачивающимися относительно вертикальных осей, раздвижные в горизонтальном и вертикальном направлении; задвижные, гибкие створки которых задвигаются за боковую стенку кабины.

По числу створок: одностворчатые, двух и многостворчатые.

По скорости движения створок: односкоростные, двухскоростные, многоскоростные. При наличии более двух створок, движущихся в одном направлении, их скорости должны отличаться так, чтобы створки проходили разные пути за один промежуток времени.

По способу обеспечения движения створок: с ручным управлением; с полуавтоматическим управлением, когда закрытие створок осуществляется пружиной или силой тяжести груза, и автоматические.

Автоматические раздвижные двери имеют групповой привод кабинных и шахтных створок.

При небольших скоростях движения кабины в малоэтажных зданиях применяются распашные двери с ручным и, реже, с автоматическим управлением.

В пассажирских и грузовых лифтах применяются одностворчатые и двухстворчатые шахтные двери. Кабины больничных лифтов оборудуются двухстворчатыми и четырехстворчатыми распашными дверями.

Четырехстворчатые двери применяются в грузовых лифтах с шириной загрузочного проема 1800 и более.

На рис.6.1 приведены схемы различных вариантов конструкции распашных дверей.

Схема, представленная на рис.6.1*а* не имеет какой либо специфической особенностью, имеет ручное управление и применяется в конструкции больничных и грузовых лифтов.

На рис.6.1*б* приведена схема распашных дверей, разработанных фирмой ОТИС для пассажирского лифта. Она имеет автоматический привод и занимает неболь-

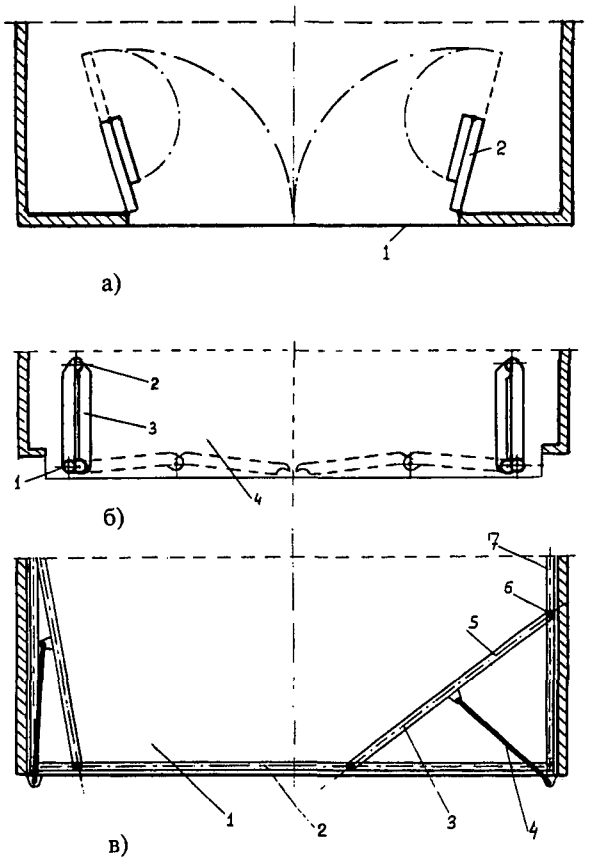


Рис.6.1. Схемы распашных дверей
а) четырехстворчатая распашная дверь с ручным управлением: *1* – кабина, *2* – створки; б) автоматическая четырехстворчатая дверь повышенной компактности: *1* – неподвижный шарнир, *2* , *3* – складывающиеся створки; в) двухстворчатая распашная дверь с задвиганием створок на боковые стенки кабины: *1* – кабина, *2* – передняя направляющая башмачков створок, *3* – створка, *4* – тяга, *5* – створка с нижними и верхними направляющими башмачками, *6* – роликовый башмачок створки, *7* – боковая направляющая

шое место в кабине. Кинематика створок аналогична применяемой в конструкции дверей пассажирского автобуса.

Весьма необычную кинематику имеют двухстворчатые двери кабины больничного лифта, изготовленная Щербинским лифтостроительным заводом (г.Москва) (рис.6.1 *в*). Такое решение позволяет обеспечить повышенную компактность размещения створок в кабине и может оказаться рациональным для грузового лифта с увеличенной шириной дверного проема.

Шторные задвигающиеся двери применяются в кабинах пассажирских лифтов и строительных подъемников (рис.6.2). Конструкция задвижных створок состоит из набора шарнирно связанных штанг или узких вертикальных щитов. Такая дверь может иметь ручной или полуавтоматический привод.

Вертикально-раздвижные двери применяются в лифтах не предназначенных для транспортировки людей (рис.6.3). К дверям этого типа предъявляются следующие требования: а) каждая створка должна быть подвешена не менее чем на двух канатах или цепях; б) коэффициент запаса прочности несущих гибких элементов должен быть не менее 8; в) верхняя и нижняя створки должны быть взаимно уравновешены; г) на нижней кромке верхней створки должна быть установлена упругая прокладка.

Решетчатые двери, одностворчатые и двухстворчатые применяются в конструкции кабин грузовых лифтов с увеличенным загрузочным проемом. В сложенном виде они занимают минимальное место [2].

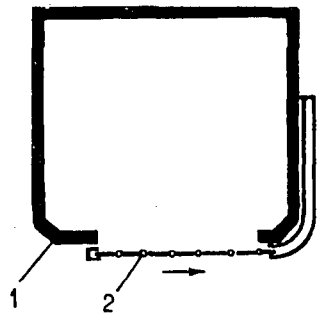


Рис.6.2. Схема задвижной двери кабины
1 – кабина, *2* – гибкая створка

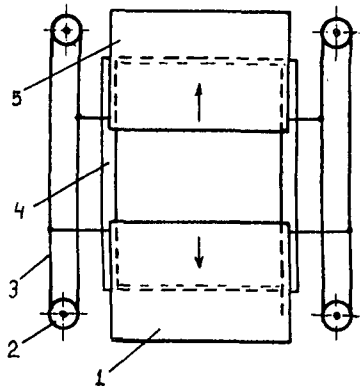


Рис.6.3. Схемы вертикально-раздвижной двери
1 – нижняя створка, *2* – блок, *3* – канат (цепь), *4* – кабина, *5* – верхняя створка

Существенным недостатком решетчатых дверей является их повышенная податливость в поперечном направлении и склонность к заклинивании при наличии остаточных деформаций. Кроме того, решетчатые двери не гарантируют безопасности, так как в закрытом состоянии, между штангами образуются большие просветы.

В пассажирских и грузопассажирских лифтах жилых и административных зданий наибольшее распространение получили автоматические раздвижные двери (рис.6.4).

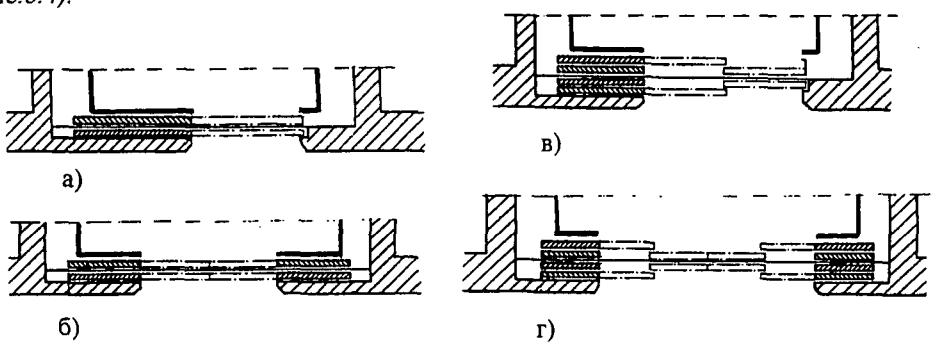


Рис.6.4. Схемы автоматических раздвижных дверей шахт и кабин
а) одностворчатая; б) двухстворчатая двухсторонняя (односкоростная); в) двухстворчатая односторонняя (двухскоростная); г) четырехстворчатая двухсторонняя (двухскоростная)

В конструкции односторонней одностворчатой раздвижной двери кабинная и шахтная створки синхронно двигаются в одну сторону (рис.6.4*а*). Такая конструкция применяется при небольшом загрузочном проеме. Привод имеет наиболее простую конструкцию.

При ширине двери 800 мм и более подходит двусторонняя двухстворчатая дверь с одинаковыми скоростями движения створок (рис.6.4*б*). Привод непосредственно воздействует на одну створку. Движение второй – в противоположном направлении обеспечивается тросом, связывающим створки.

В конструкции широких кабин, с целью уменьшения выноса створок за габарит кабины, применяются телескопичсеские раздвижные створки, движущиеся в двух параллельных плоскостях (рис.6.4*в,г*). Створки телескопической пары связываются кинематически так, чтобы они проходили различный путь перемещения за один промежуток времени. Одна створка, при этом, должна двигаться с удвоенной скоростью. Такие двери называются двухскоростными.

Усилие статического сжатия створок автоматических и полуавтоматических дверей не должно превышать 150 Н [44].

Кинетическая энергия автоматически закрывающихся створок двери шахты (кабины) не должны превышать 4 Дж [44].

При реверсировании движения створок, в случае встречи с препятствием, их кинетическая энергия может достигать 10 Дж. Если дверь шахты и кабины закрываются совместно, при расчете кинетической энергии следует учитывать массу створок шахтных и кабинных дверей с учетом энергии вращающихся частей механизма привода.

6.2. Конструкция и работа механизма привода автоматических дверей

Автоматический привод дверей повышает комфортность условий транспортировки пассажиров и становится абсолютно доминирующим в конструкции скоростных лифтов, где потери времени на открытие и закрывание створок дверей заметно влияют на производительность работы лифта.

Передвижение створок шахтных дверей, как правило, обеспечивается приводом дверей кабины с помощью специального устройства, называемого отводкой.

В мировой практике имеется опыт применения индивидуального привода шахтных и кабинных дверей, но такое решение оказалось не жизнеспособным.

Конструкция дверей шахты и кабины в значительной мере аналогичны, с некоторыми конструктивными особенностями, обусловленными их назначением.

Двери шахты призваны исключить возможность попадания людей в шахту при отсутствии кабины на этаже. В связи с этим, они оборудуются соответствующими блокировочными устройствами и замками. Другой особенностью шахтной двери является наличие системы автоматического закрытия при аварийном уходе кабины с этажа при открытых дверях.

Применяются два основных решения: использование наклонных линеек подвески створок шахтных дверей или замыкающего створки грузового механизма. В последнем случае, створки шахтных дверей перемещаются по горизонтальным направляющим линейкам посредством синхронизирующего троса и двигающегося в вертикальном направлении груза (рис.6.5). Аналогичная схема применяется в конструкции полуавтоматических раздвижных дверей.

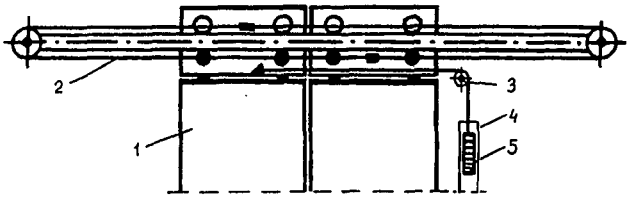


Рис.6.5. Схема шахтной двери с грузовым механизмом закрывания
1 – створка двери с каретко*й*, *2* – трос синхронизации движения створок, *3* – отклоняющий блок, *4* – цилиндрическая направляющая движения груза, *5* – груз закрывающий

Конструкция шахтной двери с наклонными направляющими линейками и приводом от дверей кабины лифта представлена на рис.6.6.

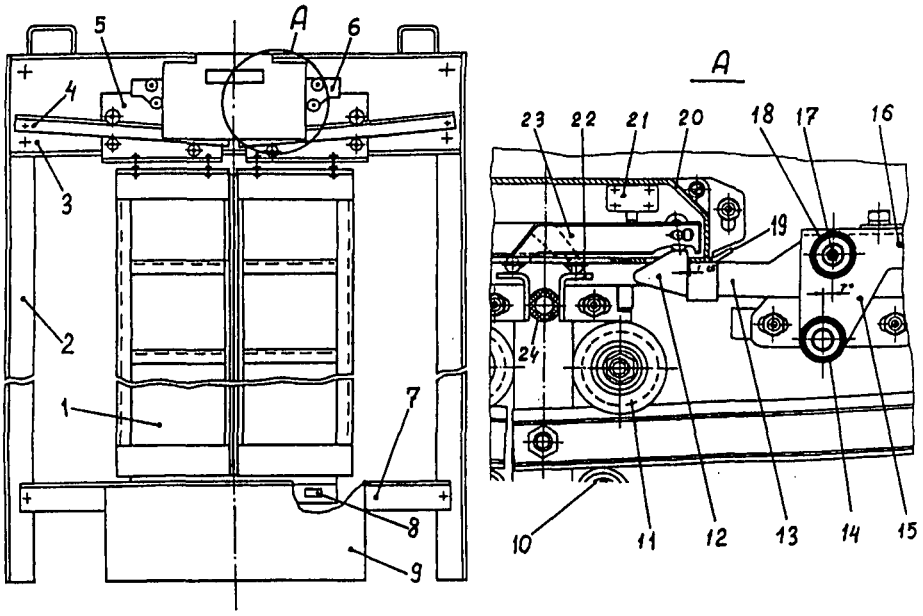


Рис.6.6. Схема шахтной двери с наклонными линейками кареток
1 - створка, *2* - стояк, *3* - балка, *4* - направляющая наклонная линейка, *5* - каретка, *6* - блок контроля, *7* - порог, *8* - вкладыш, *9* - фартук, *10* - контрролик, *11* - ролик, *12* - зуб защелки, *13* - защелка, *14*, *18* - ролик, *15* - рычаг , *16* - груз, *17* - ось рычага, *19* - основание блока контроля, *20* - корпус блока контроля, *21* - выключатель, *22* - упор, *23* - коромысло суммирующее

Шахтная дверь монтируется на металлоконструкции рамы портала, включающей верхнюю балку *3*, стойки *2* и балку порога *7*. Рама портала крепится на внутренней поверхности стены шахты. На балке *3* закреплены наклонные направляющие линейки, по которым перемещаются каретки *5* со створками *1*. Каретки оборудуются опорными роликами *11* с ребордами, которые вместе с вкладышами *8* обеспечивают движение створок в вертикальной плоскости. Для надежного взаимодействия реборд роликов с направляющими линейками каретки оборудуются контрроликами. Между нижней поверхностью линейки и контрроликом устанавливается зазор 0,1 - 0,15 мм путем поворота эксцентричной оси ролика.

Угол наклона линеек выбирается так, чтобы параллельная линейке составляющая силы тяжести створки гарантировала автоматическое закрытие створок в случае, если кабина ушла с этажной площадки с открытыми створками (по аварийной причине).

Раздвижные створки шахтных дверей представляют собой сварную конструкцию из гнутого стального профиля, облицованные пластиком со стороны этажной площадки.

В пожаростойком исполнении коробчатая металлическая конструкция створок заполняется минеральным картоном или другим негорючим материалом. Наружная поверхность покрывается огнестойким лаком.

Со стороны этажной площадки проем шахтной двери имеет декоративное металлическое обрамление.

Шахтные двери оборудованы замками *6* с контактами *21*, контролирующими закрытие створок *1*. На рис.6.6 (вид А) створки показаны в закрытом состоянии и замки исключают возможность открытия створок изнутри кабины. Зуб *12* защелки *13* сцеплен с краем отверстия в основании блока контроля *19*. Левая часть суммирующего коромысла *23* опирается на упор левой створки, тогда как его правая часть поднята максимально вверх зубом *12*, который занимает верхнее положение под действием силы тяжести груза *16* рычага *15*. При этом контактное устройство *21* находится в замкнутом положении.

При остановке кабины на этажной площадке включается привод створок кабинных дверей и соответствующая отводка (рис.6.7) воздействует на ролик *14*, поворачивая рычаг *15* против часовой стрелки. Зуб *12* выходит из зацепления с кромкой отверстия детали *19*, коромысло *23* перестает воздействовать на контакты *21*. Давление отводки на ролик *18* вызывает открытие правой створки шахтной двери. Аналогичным образом работает левая створка шахтной двери.

При закрытии кабинных дверей, соответствующие отводки, действуя на ролики *18*, закрывают шахтные створки. Зуб защелки *12* скользит по наклонной части детали *19* до момента сцепления с кромкой отверстия основания *19*. Под действием силы тяжести груза *16* зуб защелки занимает предельное верхнее положение и коромысло *23* воздействует на кнопку контактного устройства *21*.

Раздвижные двери кабины имеют однотипную с шахтными конструкцию створок, каретки которых перемещаются по горизонтальным направляющим линейкам.

Конструкция дверей кабины состоит из верхней балки с оборудованием механизма привода; из створок и порога, закрепленного на кабине. Верхняя балка представляет собой металлическую конструкцию из гнутого или прокатного профиля, которая устанавливается на колпаке купе кабины.

Направляющие линейки дверей кабины и шахты изготавливаются из стального проката и имеют обработанные скругленные поверхности качения роликов кареток.

Одна из распространенных конструкций автоматических раздвижных дверей отечественного производства представлена на рис.6.7.

Створки *1* закреплены на каретках *3*, оборудованных опорными роликами *20* и контрроликами *22*, двигающимися по горизонтальной направляющей линейке.

Привод состоит из электродвигателя *25*, клиноременной передачи *24*, редуктора *19* и установленного на его выходном валу водила *16* с отводным роликом *14*. Последний воздействует на упор *13*, жестко связанный с кареткой правой створки двери. Наличие синхронизирующего каната *4* обеспечивает движение створок во взаимно противоположном направлении с одинаковой скоростью.

При открытии створок, водило *16* поворачивается против направления часовой стрелки. Отводной ролик *14* воздействует на полку упора *13*, преодолевая силы сопротивления движению створок кабинных и шахтных дверей и усилие возвратной пружины *9*. При полностью открытых створках водило оказывается повернутым на 180°, а пружина максимально растянута и прижимает ролик *14* к полке упора *13*. Отводки *2* удерживают шахтные двери в открытом положении, воздействуя на ролики *14*, установленные на рычагах защелки замков шахтных дверей (рис.6.6).

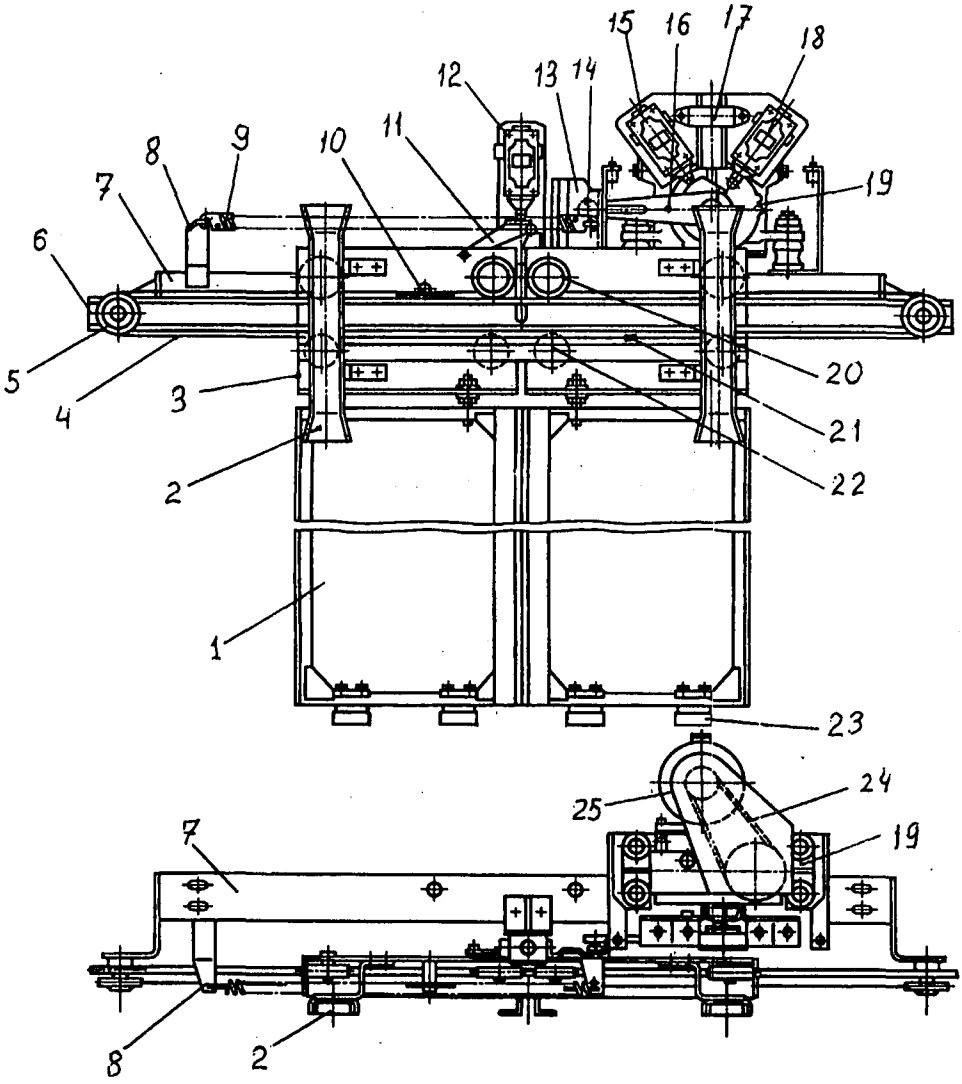


Рис.6.7. Автоматические раздвижные двери кабины
1 – створка, *2* – отводка, *3* – каретка, *4* – канат синхронизации движения створок, *5* – блок отклоняющий, *6* – линейка, *7* – балка верхняя, *8* – кронштейн, *9* – пружина, *10* – механизм натяжения каната, *11* – рычаг, *12* – конечный выключатель контроля притвора створок, *13* – упор, *14* – ролик отводной, *15* – конечный выключатель контроля закрытия створок, *16* – водило, *17* – микровыключатель реверса , *18* – конечный выключатель контроля открытия створок, *19* – редуктор червячный, *20* – ролик опорный, *21* – зажим каната, *22* – контрролик, *23* – башмачки створок, *24* – клиноременная передача, *25* – электродвигатель

Работа привода при закрывании дверей происходит при меньшей величине внешних сопротивлений, так как движению створок помогает растянутая пружина и касательная составляющая сил тяжести створок шахтных дверей. Водило вращается по часовой стрелке, а пружина, прижимая ролик *14* к полке упора *13* застав-

ляет створки следить за изменением горизонтальной составляющей окружной скорости ролика *14*.

Встреча с препятствием при закрывании створок вызовет их остановку. Водило *16* с роликом *14* выйдут из взаимодействия с полкой упора *13* и приведет в действие механизм автоматического реверса привода дверей. Створки начнут расходиться, пропуская застрявшего между створками пассажира. На препятствие будет действовать только усилие растянутой пружины *9* и тем меньшей величины, чем ближе препятствие к центру притвора створок. Жесткость и натяжение закрывающей пружины принимается такой величины, чтобы максимальное усилие давления створки не превышало 150 Н.

Рассмотрим работу системы автоматического реверса более подробно (рис.6.8).

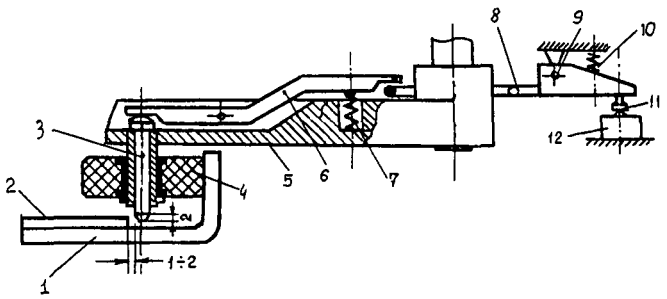


Рис.6.8. Схема автоматического реверса привода створок дверей
1 – упор створки, *2* – вертикальная линейка упора, *3* – шток, *4* – ролик, *5* – водило, *6* – рычаг водила, *7* – пружина рычага водила, *8* – рычаг с плечом кольцевой формы (условно повернут на 90°), *9* – шарнир, *10* – пружина, *11* – регулировочный болт, *12* – микропереключатель реверса

При штатной работе привода на закрывание створок, когда на пути их движения нет препятствий, ролик *4* прижат к полке упора *1*.

Если на пути движения створок возникает препятствие, ведущая створка с упором *1* останавливается, а ролик *4*, продолжая свое движение по окружности относительно оси водила *5*, выходит из взаимодействия с полкой упора и движется в направлении линейки *2*. При этом, шток *3*, встречая на своем пути наклонную кромку линейки *2*, поднимается вверх и воздействует на левое плечо рычага *6*.

Правое плече рычага *6*, поворачиваясь по часовой стрелке, давит на кольцевое плечо рычага *8*. Рычаг *8*, преодолевая усилие пружины *10*, поворачивается против часовой стрелке и регулировочный болт *11* перестает действовать на приводной элемент микропереключателя. Соответствующие контакты микропереключателя *12* включают двигатель на реверс движения створок.

При закрытых дверях кабины, когда водило *5* занимает горизонтальное положение, палец *3* исключает возможность открытия створок двери изнутри кабины, так как верхняя часть правой кромки линейки *2* имеет прямоугольную форму. При попытке открыть дверь из кабины палец *3* упирается в правую кромку линейки *2*, препятствуя движению створок.

Рассмотренный выше вариант конструкции автоматических дверей отличается повышенной безопасностью, так как усилие сжатия створок определяются только пружиной. Привод при закрытии створок играет пассивную роль, работая фактически в холостом режиме.

В некоторых конструкциях привода автоматических раздвижных дверей и открытие и закрывание створок происходит при активной роли привода, так как

створки имеют жесткую кинематическую связь с механизмом. При этом существует опасность травматизма, так как усилие сжатия створок будет определяться силовыми возможностями привода.

Для компенсации этого недостатка, предусматриваются специальные устройства, разрывающие жесткую кинематическую связь с приводом при встрече створок с препятствием.

В целях повышения уровня безопасности устанавливаются дублирующие электронные устройства автоматического реверса привода дверей.

Наиболее эффективные системы основаны на применении средств промышленной электроники, которые контролируют состояние дверного проема посредством инфракрасных фотоэлектронных устройств в дополнение к электронному датчику наличия объекта между створками, который реверсирует движение закрывающихся створок до момента их встречи с препятствием. Такие устройства обычно устанавливаются в передней створке дверей кабины и условно называются «антенна». В основу его работы положен контроль изменения электрической емкости «антенны» при приближении препятствия.

6.3. Кинематика и расчет механизма привода автоматических раздвижных дверей

Раздвижные автоматические двери широко используются в лифтах различного назначения. При проектировании таких устройств основное внимание уделяется удовлетворению следующих требований: а) кинетическая энергия сближающихся створок не должна превышать допустимого уровня в 10 ДЖ [44]; б) сила сжатия створок дверей должна быть не выше установленного безопасного уровня в 150 Н [44]; в) в конце хода закрывания (открытия) створок их скорость должна практически равняться нулю; г) средняя скорость движения створок должна выбираться с учетом ширины дверного проема и скорости движения кабины.

Последнее требования является определяющим для скоростных лифтов с повышенными скоростями движения кабины.

Ограничение величины кинетической энергии створок может быть достигнуто за счет снижения скорости и приведенной массы створок с учетом вращающихся частей привода.

Приведенная величина кинетической энергии створок

$$K_c = \frac{m_c \cdot V_c^2}{2} + \frac{I_c \cdot \pi^2 \cdot n_м^2}{1800}, \text{ Нм.} \qquad (6.1)$$

где m_c – масса створок вместе с массой связанных с ними деталей, кГ; I_c – приведенный к валу двигателя момент инерции вращающихся частей механизма, кГм^2; V_c – максимальное значение скорости створок, м/с; $n_м$ – максимальное значение частоты вращения вала двигателя, об/мин.

На основе приведенной зависимости можно сделать вывод, что для тихоходных лифтов наиболее рациональным путем уменьшения кинетической энергии является снижение скорости. Для скоростных лифтов предпочтительнее уменьшение массы створок.

Требования ПУБЭЛ в части ограничения усилия сжатия створок имеют прямое отношение к конструкциям привода с электромеханической системы автоматического реверса привода движения створок.

При установке на кабине электронной системы наличия препятствий на пути движения створок типа «антенна» автоматический реверс движения створок происходит без контакта их с препятствием. При надежно работающей системе «антенна» требование ограничения усилия сжатия створок и кинетической энергии практически теряют смысл.

Необходимость обеспечения нулевой скорости створок продиктована стремлением исключить ударные нагрузки и связанный с ними шум в конце рабочего хода створок.

В настоящее время эта задача решается двумя основными способами.

Первый способ основан на использовании кинематической схемы привода, обеспечивающей необходимый график изменения скорости створок (рис.6.7, 6.9, 6.11, 6.12).

Второй способ не предъявляет особых требований к кинематической схеме механизма и основан на применении системы программного управления скоростью створок при наличии регулируемого привода.

Первый способ управления получил широкое распространение с самого начала появления автоматического привода дверей, когда промышленной электроники и эффективных методов управления приводом практически не было. Разработанные в те времена кинематические схемы привода продолжают успешно применяться и в настоящее время (рис.6.7 и т.п.).

На рис.6.9 и 6.11 приведены наиболее распространенные схемы привода, обеспечивающие синусоидальный график движения створок с нулевой скоростью в конце пути передвижения.

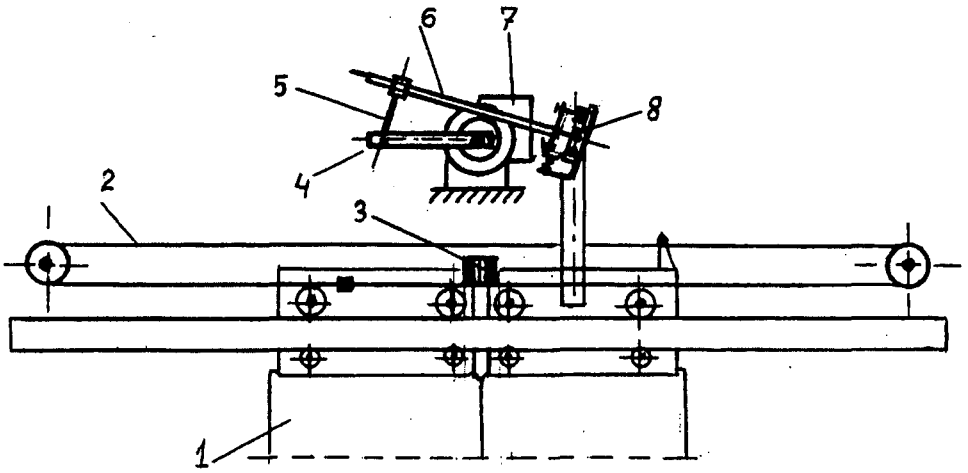


Рис.6.9. Схема механизма привода автоматических дверей штангового типа
1 – створка, *2* – синхронизирующий канат, *3* – контакт контроля закрытия створок штепсельного типа, *4* – водило, *5* – кронштейн шарнирного крепления штанги, *6* – штанга, *7* – механическая передача с двигателем, *8* – устройство ограничения усилия сжатия створок с микропереключателем реверса

Штанговый механизм привода автоматических дверей успешно применяется в лифтах отечественного и зарубежного производства (АО КМЗ, фирма ОТИС и др.).

Данная конструкция является модификацией механизма привода с отводным роликом (рис.6.7). Благодаря связи водила *4* со створкой посредством штанги *6* и

возможности изменения ее длины облегчается перенастройка привода на необходимую ширину дверного проема.

Жесткая кинематическая связь створок с приводом потребовала применения механизма ограничения тягового усилия штанги на основе применения телескопической вставки и защелки *8*, контролирующей предельную силу сжатия створок и, воздействующей на микропереключатель реверса при встрече створки с препятствием.

Схема отечественной конструкции механизма реверса с разрывной телескопической штангой приведена на рис.6.10. Это устройство применяется в лифтах АО КМЗ.

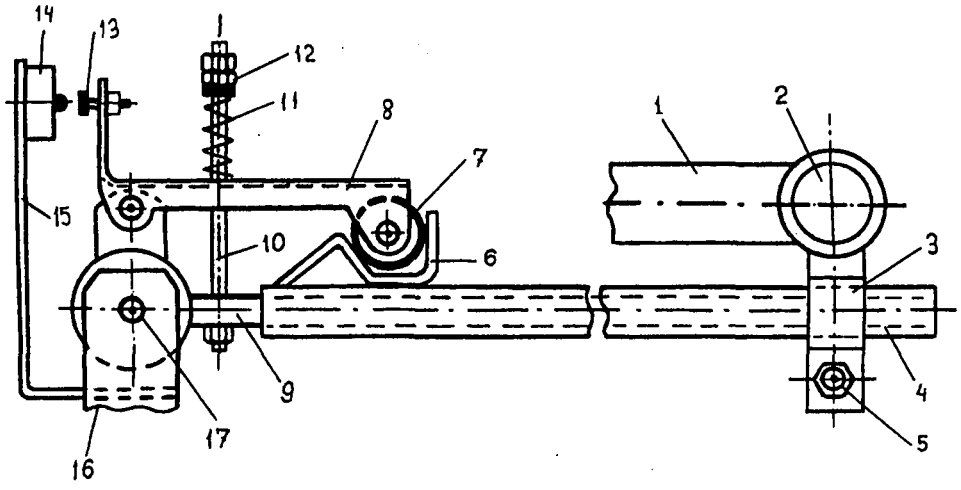


Рис.6.10. Схема механизма реверса привода дверей с разрывной телескопической штангой *1* - водило привода створки, *2*, *17* - шарнир, *3* - хомут зажимной, *4* - полая штанга, *5* - гайка, *6* - гнездо роликовой защелки, *7* - ролик, *8* - рычаг, *9* - телескопическая вставка, *10* - тяга, *11* - пружина, *12* - регулировочные гайки с опорной шайбой, *13* - болт регулировочный, *14* - микропереключатель, *15*, *16* - кронштейн

Конструкция механизма реверса с роликовой защелкой должно гарантировать ограничение усилия сжатия створок до безопасного уровня в 150 Н и автоматическое включение реверса при встрече с препятствием.

Механизм автоматического реверса состоит из телескопической штанги *4* с выдвижной секцией *9*, роликовой защелки, настроенной на предельное усилие растяжения штанги и микропереключателя, обеспечивающего реверсирование двигателя привода дверей в момент достижения предельной величины усилия.

Величина предельного усилия растяжения штанги ограничивается силой сопротивления перекатывания ролика по наклонной плоскости гребня гнезда *8*, которая определяется углом наклона гребня и силой предварительного сжатия пружины *11*.

Обратный скос гребня роликового гнезда сделан более пологим, чтобы облегчить приведение системы в исходное состояние в конце хода раскрытия створки после реверса. Гайки *12* служат для регулировки величины предельного усилия «разрыва» штанги.

Кривошипно-шатунный (рычажный) механизм привода автоматических дверей, схематично представленный на рис.6.11, отличается наличием жесткой кинематической связи между створками и обычно оснащается системой реверса с электронным датчиком типа «антенна», которая дублируется устройством, реагирующим на перегрузку двигателя. Работает достаточно надежно и содержит небольшое количество деталей.

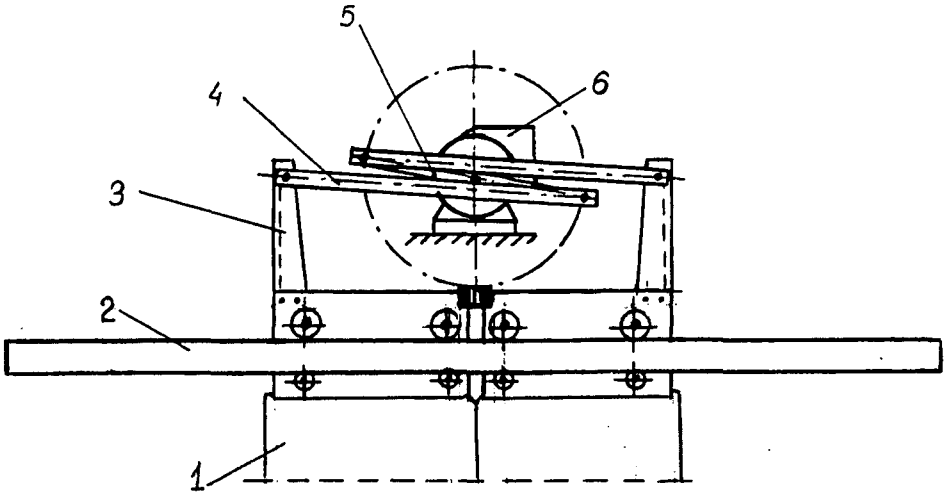


Рис.6.11. Кривошипно-шатунный механизм привода автоматических дверей
1 – створки, *2* – линейка, *3* – кронштейн, *5* – тяга шатуна, *6* – механическая передача с двигателем

При качественном исполнении привод автоматических дверей с кривошипно-шатунным механизмом хорошо себя зарекомендовали на практике. Имеет технологичную конструкцию, но требует применения надежной системы автоматического реверса. Применяется в лифтах фирмы ОТИС.

Рассмотренные выше конструкции привода с синусоидальным законом изменения скорости имеют достаточно сложное устройство и плохо используют скоростные возможности привода. График изменения скорости далек от оптимального. Это становится наиболее заметно в скоростных лифтах.

В связи с этим, представляет интерес необычная конструкция привода, разработанного доцентом кафедры Детали машин Московского Государственного Строительного Университета (МГСУ) Богородицким М.Д. совместно с работниками Щербинского лифтостроительного завода (г. Москва) (рис.6.12) [8].

В устройстве, представленном на рис.6.12*а* палец *3* с ползуном *4*, жестко связанный с тяговым органом *5*, перемещается по траектории, включающий криволинейные и линейный участок. Благодаря отводке *2*,взаимодействующей с ползуном *4* створка *1* большую часть пути проходит с максимально допустимой скоростью и плавно замедляется до нулевой скорости на коротких участках разгона и торможения (точки A и D).

На Щербинском лифтостроительном заводе было создано несколько опытных образцов, которые успешно прошли ресурсные испытания.

Конструкция этого уникального привода была удостоена Золотой медалью ВДНХ.

В практике лифтостроения находят применение и другие решения, но они не имеют существенных отличий от рассмотренных выше.

В настоящее время наметилась устойчивая тенденция широкого распространения более простых по кинематике механизмов с регулируемым электроприводом.

Основанием такой тенденции послужило применение микропроцессорных систем управления лифтами и создание привода переменного трехфазного тока с амплитудно-частотным регулированием напряжения питания.

Ниже приводятся простые кинематические системы привода автоматических дверей, рассчитанные на использование управляемого привода переменного и постоянного тока.

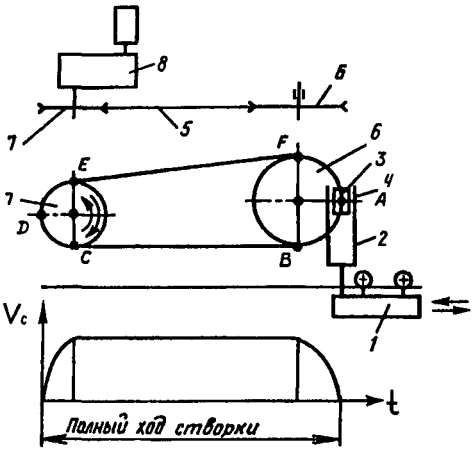


Рис.6.12. Схема привода с кинематическим способом оптимизации графика движения створок с двумя шкивами разного диаметра
1 – каретка со створкой, *2* – отводка, *3* – ползун, *4* – палец шарнирно закрепленный на ползуне, *5* – гибкий тяговый элемент, *6*, *7* – ведомый и ведущий шкив, *8* – редуктор с двигателем

Автоматическое реверсирование движения створок при встрече с препятствием решается на основе использование чувствительной электронной системы типа «антенна» и инфракрасной фотоэлектронной системы контроля дверного проема. В некоторых конструкциях включение реверса производится устройством, контролирующим нагрузку двигателя.

На рис.6.13 представлен винтовой привод автоматических дверей, который в меньших масштабах использовался уже в 50-х годах. С появлением микропроцессорных систем управления приводом, масштабы его применения должны заметно увеличиться.

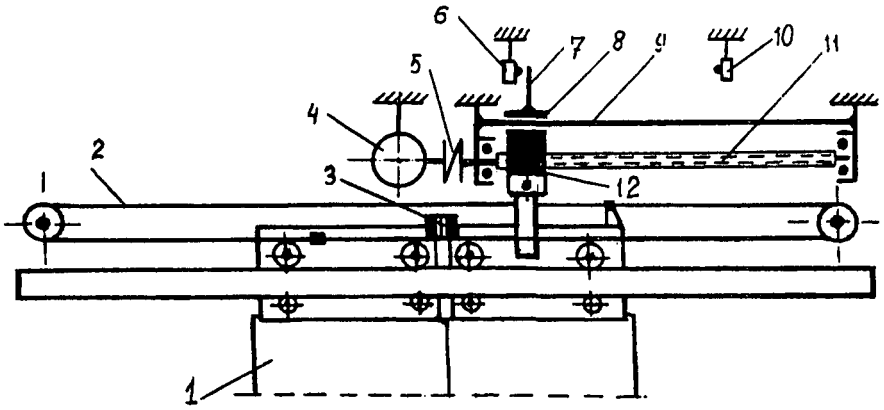


Рис.6.13. Винтовой привод автоматических дверей
1 – створка с кареткой движущейся по линейке, *2* – канат синхронизации взаимно противоположного движения створок, *3* – штепсельное контактное устройства контроля притвора створок, *4* – электродвигатель, *5* – соединительная муфта, *6*, *10* – конечный выключатель, *7* – упор, *8* – башмак каретки, *9* – направляющая штанга , *11* – ходовой винт, *12* – каретка гайки ходового винта

Несомненным достоинством такого решения является простота конструкции и технологичность. Основу механизма составляет электродвигатель, непосредственно вращающий ходовой винт и гайка, движущаяся по направляющим и кинематически связанная со створками дверей кабины.

При использовании быстроходного ходового винта приходится считаться с повышенными требованиями к его динамической уравновешенности с целью исключения вибраций и шума. Однако все эти вопросы технически вполне разрешимы.

Наличие жесткой связи со створками требует использования весьма надежной системы автоматического реверса.

Направляющая *9* уравновешивает реактивный момент гайки, исключая его передачу на створку дверей. Установленный на каретке упор *7* воздействует на концевые выключатели *6*, *10*.

В конструкции имеется датчик контроля пути створки, необходимый для работы микропроцессорной системы программного управления приводом. Концевые выключатели могут не устанавливаться при надежной системе контроля пути перемещения створок.

При наличии управляемого привода хорошо себя зарекомендовала система, в которой используются зубчатые ременные передачи. Несомненным достоинством такого привода автоматических дверей является высокая плавность работы, бесшумность и простота конструкции (рис.6.14).

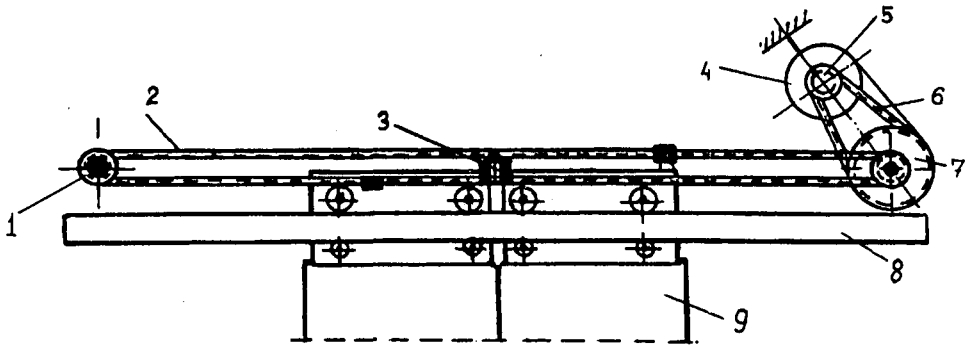


Рис.6.14. Автоматические двери с зубчатой ременной передачей
1 – зубчатый шкив с датчиком контроля пути створки, *2* – зубчатый ремень передачи движения створкам, *3* – штепсельное контактное устройство контроля притвора створок, *4* – электродвигатель привода, *5*, *6*, *7* – шкивы и ремень зубчатой ременной передачи, *8* – линейка перемещения створок, *9* – створка

Основу конструкции механизма привода составляет зубчатый ремень *2*, передающий движение створкам за счет их жесткого соединения с верхней и нижней его ветвями. Ремень *2* получает движение от зубчатого шкива *7* промежуточной зубчатой ременной передачи. Наличие зубьев на ремне обеспечивает его взаимодействие со шкивами без проскальзывания. В связи с этим, такой привод нуждается в надежной системе ограничения усилия сжатия створок и электронного устройства автореверса типа «антенна».

Несомненный интерес представляет канатная система привода автоматических раздвижных дверей, в которой синхронизирующий канат одновременно используется в качестве тягового и получает движение от канатоведущего шкива, установленного на выходном валу редуктора управляемого электропривода.

Наличие фрикционной связи между тяговым канатом и КВШ делает такую систему более безопасной, чем рассмотренные выше механизмы (рис.6.15).

Створки дверей кабины двигаются во взаимно-противоположных направлениях благодаря кинематической связи с разными ветвями тягового каната. Необходимое сцепление тягового каната с КВШ обеспечивается геометрическими характеристиками его обода и начальным натяжением, которое создается посредством натяжного отклоняющего ролика, который дополнительно увеличивает угол обхвата шкива.

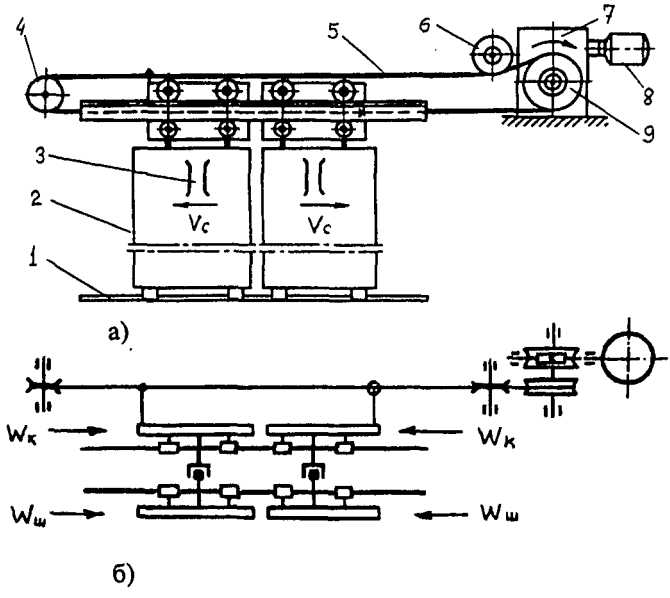


Рис.6.15. Канатный механизм привода автоматических дверей а) схема канатного механизма: *1* – направляющая башмачков створок, *2* – створка, *3* – отводка створок дверей шахты, *4* – отклоняющий блок, *5* – тяговый канат, *6* – натяжной отклоняющий блок, *7* – редуктор, *8* – электродвигатель, *9* – канатоведущий шкив (КВШ); б) расчетная схема привода автоматических дверей; $W_к$, $W_ш$ – сопротивление движению створки дверей кабины и шахты, V_c – скорость движения створки

При достаточном начальном натяжении работа фрикционной передачи усилия без скольжения каната может быть обеспечена даже при полукруглой канавке КВШ.

Регулировкой силы начального натяжения тягового каната можно обеспечить ограничение силы сжатия створок на допустимом безопасном уровне.

Рассмотренные выше механизмы привода автоматических дверей с управляемыми характеристиками двигателя объединяет наличие линейной зависимости между частотой вращения вала двигателя и скоростью движения створок. Это обстоятельство делает необходимым применение той или иной системы программного управления процессом разгона и замедления створок до полной плавной остановки.

Путем программирования микропроцессорного управляющего устройства можно получить практически любой закон диаграммы изменения скорости створок.

Расчет таких механизмов привода предполагает трапецеидальный характер изменения скорости при программно установленных заданных ускорения разгона и торможения створок.

Рассмотрим основы методики расчета привода автоматических дверей на примере канатной системы (рис.6.15*б*).

1) На основе опыта проектирования и предварительных проработок определить основные параметры конструкции кабинных и шахтных дверей.

2) Рассчитывается сопротивление движению створок дверей кабины и шахты.

Суммарное сопротивление движению створок дверей кабины и шахты

$$W = (n_к \cdot W_к + n_ш \cdot W_ш) \cdot K_б, \quad (6.2)$$

где $n_к$, $n_ш$ - число створок дверей кабины и шахты; $W_к$, $W_ш$ - сопротивление движению створки дверей кабины и шахты, Н; $K_б = 1{,}15 \div 1{,}25$ - коэффициент, учитывающий сопротивление движению башмачков створок.

Сопротивление движению створки дверей кабины

$$W_к = \frac{2}{D_р} \cdot \left(\mu_к + \mu_т \cdot \frac{d_т}{2} \right) \cdot G_к \cdot g, \text{ Н}. \quad (6.3)$$

Сопротивление движению створки двери шахты, приведенное к створке двери кабины:

- при наклонных линейках

$$W_ш = \left[\frac{2}{D_р} \cdot \left(\mu_к + \mu_т \cdot \frac{d_т}{2} \right) + tg\alpha \right] \cdot G_ш \cdot g, \text{ Н}, \quad (6.4)$$

где $D_р$ - диаметр ролика каретки, см; $d_т$ - диаметр трения подшипника ролика, см; $\mu_к$ - коэффициент трения качения ролика, см. ($\mu_к = 0{,}04$ см для капронового обода ролика); $\mu_т = 0{,}02$ - приведенное значение коэффициента трения в подшипниках качения ролика; $G_ш$ - масса створки двери шахты, кГ; α - угол наклона линейки створки двери шахты, гр. ($\alpha = 2°38'$ примерное значение угла наклона линейки);

- при горизонтальных линейках шахтных дверей и грузовом закрытии

$$W_ш^г = \frac{2}{D_р} \cdot \left(\mu_р + \mu_т \cdot \frac{d_т}{2} \right) \cdot G_ш \cdot g \cdot (K_г - 1), \text{ Н}, \quad (6.5)$$

где $K_г = 1{,}5$ - коэффициент запаса силы тяжести закрывающего груза.

3) Определяется скорость движения створок.

Скорость открытия створок дверей определяется с учетом ширины дверного проема и расчетной скорости движения кабины лифта по рекомендациям принятым в расчете вертикального транспорта (п.2).

Расчетное значение скорости должно приниматься с учетом допустимой величины кинетической энергии приведенной массы створок (формула 6.1).

Предварительно, величина скорости может быть определена в зависимости от ширины дверного проема и требуемой величины времени открытия дверей

$$V_с = \frac{b_с}{t_с}, \text{ м/с}, \quad (6.6)$$

где $b_с$ - ширина дверного проема, м; $t_с = 1 \div 2{,}5$ - время открытия дверей (большие значения для многостворчатых дверей при широком дверном проеме).

4) Рассчитывается мощность и определяются параметры двигателя

$$N_д = \frac{W \cdot V_с}{\eta_м} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (6.7)$$

где $\eta_м$ - коэффициент полезного действия механизма (величина КПД зависит от типа используемой механической передачи и может изменяться от 0,75 до 0,92).

Обычно мощность привода дверей не выходит за пределы диапазона 0,18–0,4 кВт.

В зависимости от принятой системы управления выбирается двигатель постоянного или переменного трехфазного тока соответствующей мощности.

По каталогу определяются его основные характеристики.

5) Проверяется соответствие величины скорости створок допускаемой величине кинетической энергии

$$V_c \le \sqrt{\frac{1}{m_c}\cdot\left(2\cdot[K_c]-\frac{I_c\cdot\pi^2\cdot n_м^2}{900}\right)}, \text{ м/с}, \qquad (6.8)$$

где $[K_C]$=10 Дж - допускаемое ПУБЭЛ значение величины кинетической энергии створок дверей; m_c - приведенное значение массы движущихся створок, кГ; I_c - приведенное значение момента инерции вращающихся частей привода, кГм^2; $n_м$ - максимальное значение величины частоты вращения вала двигателя, об/мин.

6) Определяется передаточного числа редуктора.

$$U_р = \frac{\pi\cdot D_ш\cdot n_н}{60\cdot V_{ср}}, \qquad (6.9)$$

где $V_{ср}$ - расчетное значение скорости, принятое по критерию допускаемой величины кинетической энергии створок; $n_н$ - номинальная величина частоты вращения вала двигателя, об/мин; $D_ш$ - диаметр КВШ, м.

Диаметр канатоведущего шкива определяется по конструктивным соображениям. Практически его значение изменяется в пределах от 140 до 180 мм.

7) Выбирается типа механической передачи и определяются ее параметры с учетом требуемого значения величины передаточного числа и мощности привода.

8) По заданной программе изменения скорости створок дверей определяется время разгона и торможения: $t_р$, $t_т$.

9) Рассчитываются пути разгона, установившегося движения и торможения

$$S_р = \frac{V_{ср}}{2}\cdot t_р;\ S_т = \frac{V_{ср}}{2}\cdot t_т;\ S_у = b_c - S_р - S_т. \qquad (6.10)$$

10) Уточняется время открытия створок дверей

$$t_{ср} = t_р + t_т + \frac{S_у}{V_{ср}}. \qquad (6.11)$$

11) Рассчитываются силы начального натяжения тягового каната.

Из условия допускаемой ПУБЭЛ величины силы сжатия створок определяется величина натяжения набегающей ветви канат (при двух створках)

$$S_н = 2\cdot[P_c], \text{ Н}. \qquad (6.12)$$

Сила начального натяжения каната равна силе натяжения сбегающей ветви

$$S_0 = \frac{S_н}{e^{\mu\cdot\alpha}}. \qquad (6.13)$$

Проскальзывание каната будет ограничивать усилие сжатия створок.

Расчет привода автоматических дверей с механическим способом управления диаграммой скорости движения створок производится аналогичным способом с некоторыми особенностями, связанными с нелинейным характером функциональной зависимости скорости створок от частоты вращения вала двигателя.

ГЛАВА 7
НАПРАВЛЯЮЩИЕ

Направляющими называются неподвижно установленные в шахте стальные рельсы, расположенные по боковым сторонам кабины (противовеса), которые гарантируют прямолинейное движение без поперечного раскачивания и обеспечивают постоянство безопасных зазоров между подвижными и неподвижными частями оборудования в шахте лифта.

В аварийных режимах посадки на ловители направляющие служат прочной основой для плавного торможения и надежного удержания кабины (противовеса) до момента снятия с ловителей. Возникающие при этом значительные динамические нагрузки непосредственно воспринимаются направляющими и устройствами их крепления в шахте.

В нормальных рабочих режимах направляющие воспринимают силы нормального давления башмаков, которые обусловлены смещением центра масс груза и кабины относительно канатной подвески или процессом загрузки кабины средствами напольного транспорта.

От прочности, жесткости и точности установки направляющих зависит надежность и безопасность работы лифта. В связи с этим раздел 5.3 ПУБЭЛ предъявляет ряд специальных требований к конструкции направляющих [44].

7.1. Конструкция и установка направляющих в шахте

Направляющие изготавливаются из стального проката обычного и специального профиля (рис.7.1).

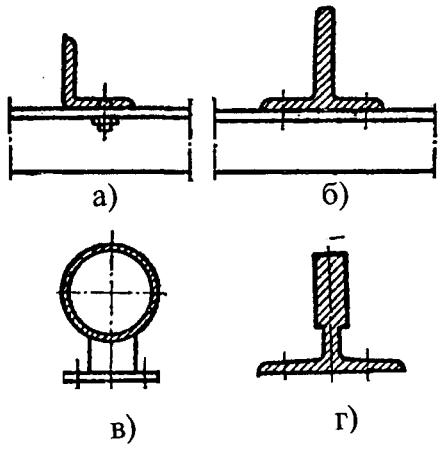


Рис.7.1. Конструкция направляющих
а) уголок, б) тавр, в) труба, г) специальный тавровый профиль

Для противовесов и малых грузовых лифтов могут применяться направляющие из стального проката уголкового профиля (рис.7.1 *а, б*). Направляющие таврового прокатного профиля не могут применяться при оборудовании кабины (противовеса) ловителями из-за уклона боковых поверхностей головки (рис.7.1 *б*).

Трубчатые направляющие применяются в лифтах башенных кранов, в виде последовательной цепочки установленных с небольшим торцевым зазором отрезков в связи с заметной поперечной податливостью и колебанием башни.

Наиболее целесообразной является конструкция направляющей специального таврового профиля (рис.7.2. и таб.7.1). На рис.7.2 приведены размеры необходимые для определения координат центра тяжести сечения, момента инерции и момента сопротивления.

Торцевая и боковые поверхности головки направляющей обрабатываются фрезерованием или протяжкой. В последнем случае, они называются калиброванными.

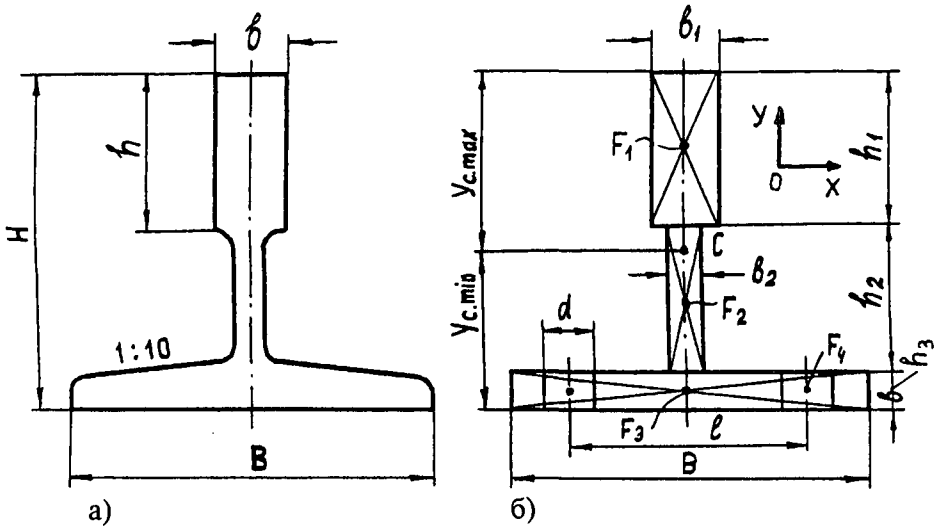


Рис.7.2. Направляющая таврового профиля
а) схема поперечного сечения, б) расчетная схема

Таблица 7.1. **Основные размеры направляющих таврового профиля**

Обозначение профиля	Размеры поперечного профиля, мм				Масса 1 м, кг	Грузоподъемность лифта, кГ
	H	*h*	*B*	*b*		
НТ-1	110	60	130	25	31,4	3200 и 5000
НТ-2	90	50	120	16	20,7	1000 и 2000
НТ-3	60	35	90	16	11,8	400 и 500
НТ-3А	65	30	70	14	9,8	320 и 400

Лифтовые направляющие таврового профиля собираются из отрезков длиной 4 - 5 м из условия удобства транспортировки.

На торце одной стороны отрезка делается шип, а на противоположной паз. Подошвы на концах отрезка обрабатываются со строгим обеспечением постоянства расстояния до головки профиля и перпендикулярности обработанной поверхности боковым граням головки.

Опорные поверхности с каждой стороны направляющей имеют отверстия для болтового соединения.

Подготовленные таким образом отрезки направляющих легко стыкуются. Для обеспечения равнопрочности стыка и направляющей применяются специальные стыковые накладки или используются короткие отрезки направляющей (см. рис.7.3).

Крепление направляющих в шахте производится с шагом 2 - 3,5 м с помощью специальных кронштейнов, жестко связанных со стеной или металлическим каркасом шахты.

Соединение направляющей с кронштейном может быть жестким или подвижным с помощью прижимных планок (см. рис.7.4).

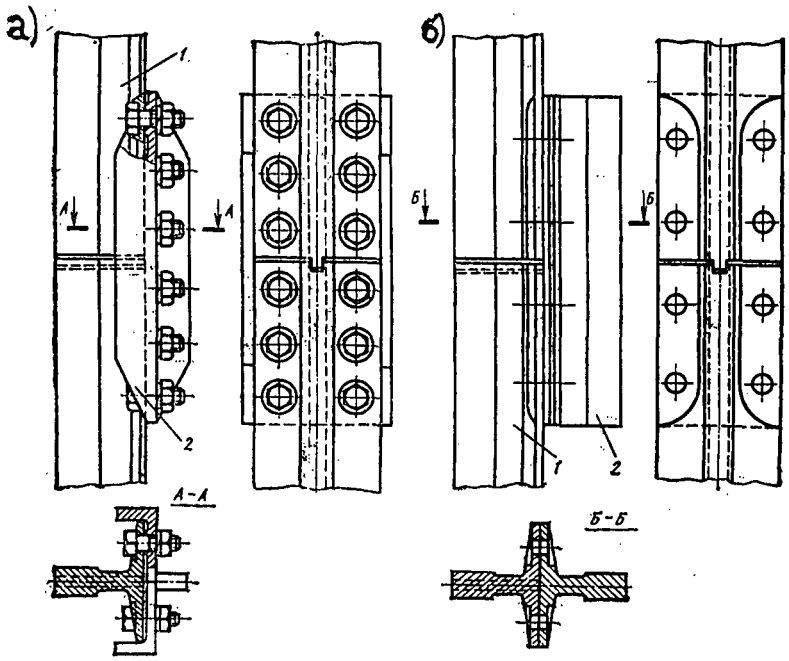


Рис.7.3. Схема стыковки отрезков направляющей
а) стыковой накладкой, б) отрезком направляющей

Жесткое крепление производится болтами, проходящими через направляющую и опорную конструкцию кронштейна или скобы.

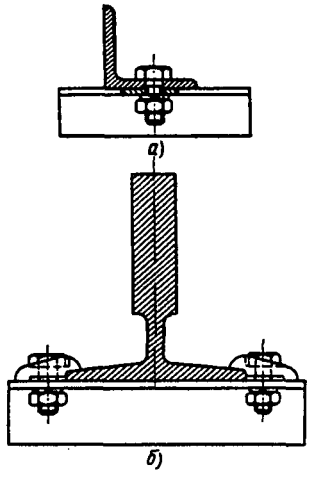


Рис.7.4. Соединение направляющей с кронштейном
а) жесткое, б) подвижное

Подвижное соединение посредством сил трения исключает опасность искривления направляющих при осадке конструкции здания и в связи с температурными деформациями (рис.7.4*б*).

Способы крепления кронштейнов зависит от конструкции шахты. Если шахта имеет каркасную конструкцию, кронштейны закрепляются на ее несущих элементах.

Установка кронштейнов в глухой шахте с кирпичными или бетонными стенами осуществляется несколькими способами (см. рис.7.5).

В зданиях из сборного или монолитного железобетона кронштейны могут крепиться к предварительно установленным закладным элементам или дюбелями (рис.7.5*а,б*).

Крепление к элементам, закладываемым в ниши стен, с последующей заливкой цементным раствором, может производиться в кирпичных стенах шахт и в железобетонных конструкциях (рис.7.5*в*).

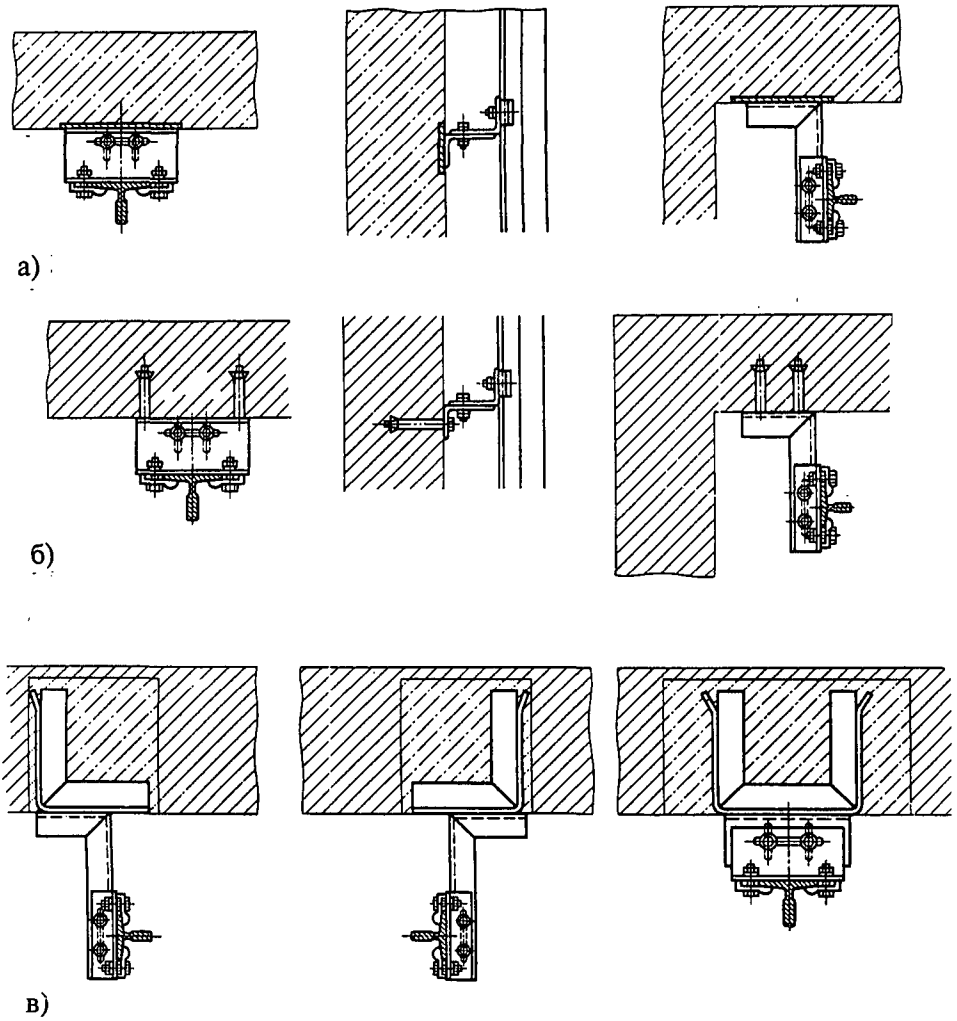


Рис.7.5. Способы установки кронштейнов в конструкции глухой шахты
а) с закладными элементами, б) дюбелями, в) с элементами, закладываемыми в ниши

Частичная разгрузка узлов крепления направляющих от действия продольных сил может быть обеспечена подвеской направляющих к перекрытию или упором в пол приямка шахты (рис.7.6).

При плавающей установке направляющих (рис.7.6*а*) крепление их к кронштейнам производится прижимами так, что верхняя часть не доводится до перекрытия на 30 - 50 мм, а нижняя не доходит до пола приямка на 100 - 150 мм. При этом, обеспечивается возможность вертикального перемещения направляющих при усадке здания и температурных деформациях путем соответствующей затяжке болтов прижимных планок [52].

При высоте подъема до 45 м и грузоподъемности лифта не выше 1000 кГ устанавливается 18 пар прижимов с шагом 2,5 м.

В лифтах с грузоподъемностью 2000 - 5000 кГ и той же высоте устанавливается 22 пары прижимов с шагом 2 м.

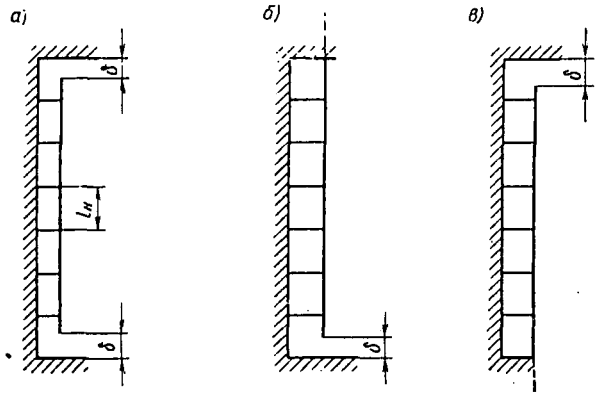


Рис.7.6. Способы установки направляющих в шахте
а) «плавающая» установка, б) подвесная, в) опорная

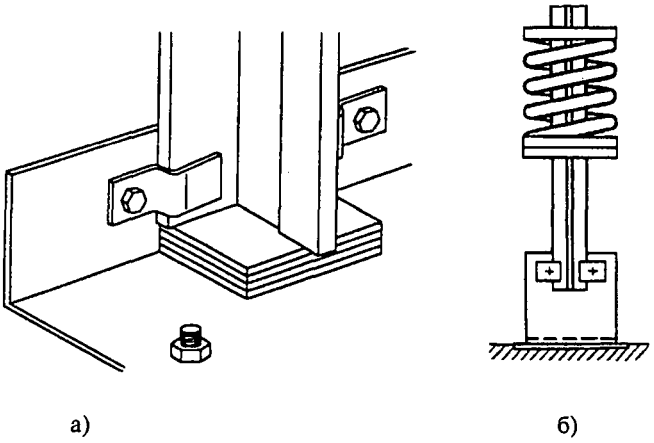


Рис.7.7. Способы крепления направляющих на полу приямка
а) фундаментными болтами;
б) с помощью закладного элемента

Подвеска направляющих к перекрытию и балкам применяется значительно реже.

Опорная установка направляющих применяется при небольших высотах подъема и в тех случаях, когда буферные пружины устанавливаются на направляющих.

При этом способе, к торцам нижней части направляющих прикрепляют опорные конструкции из стального листа, которые привариваются к закладным элементам или устанавливаются на фундаментных болтах (рис.7.7).

Расстояние между головками направляющих по ширине шахты должно точно соответствовать проектному значению с допускаемым отклонением +1 мм по всей высоте шахты.

При вертикальной установке направляющих отклонение от вертикали при высоте до 50 м не должно превышать 1 мм на 1 м высоты.

Максимальное отклонение от прямолинейности не должно превышать 2,5 мм на длине в 5 м [52].

7.2. Расчет направляющих

Прочностной расчет направляющих производится с учетом нагрузок действующих в рабочем режиме и при посадке на ловители (рис.7.8). На рис.7.8 приняты следующие обозначения: l, $l_р$ – величина пролета крепления направляющей и ее расчетный пролет; e – эксцентрицитет приложения продольной силы R относительно центра тяжести сечения направляющей; $N_н$, $N_п$ – нагрузка, действующая в плоскости направляющих в перпендикулярном к ней направлении; R – расчетная величина тормозной силы ловителя; $M_н$, $M_п$, M_R – изгибающие моменты в опасном сечении направляющей.

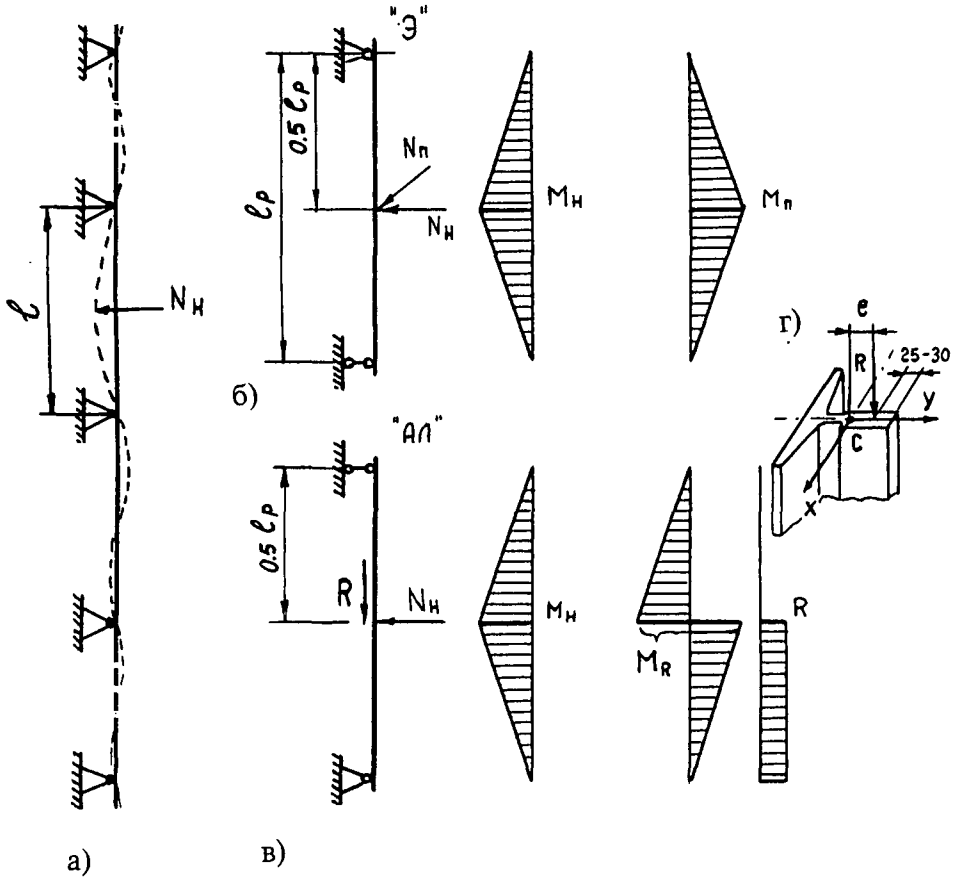


Рис.7.8. Расчетные схемы направляющих
а) многоопорная балка, б) двухопорная балка

Направляющая рассматривается как неразрезная многопролетная балка, загруженная в одном пролете поперечными, нормальными силами и продольной тормозной силой при посадке кабины (противовеса) на ловители.

Методика расчета направляющих противовеса особой специфики не имеет.

В связи с этим, более детально рассмотрим расчет направляющей кабины.

1) **Предварительно определяются параметры профиля и шаг крепления направляющей.**

Шаг крепления направляющей и геометрические характеристики профиля поперечного сечения определяются в зависимости от грузоподъемности кабины (п.7.1; табл.7.1 и рис.7.2).

2) **Рассчитывается величины моментов инерции и моментов сопротивления поперечного сечения направляющей (рис.7.2*б*).**

Определяются координаты центра тяжести сечения.

Площадь поперечного сечения **брутто**

$$F_б = F_1 + F_2 + F_3 = b_1 \cdot h_1 + b_2 \cdot h_2 + b_3 \cdot h_3 . \qquad (7.1)$$

Площадь поперечного сечения нетто (учет ослабления отверстиями)

$$F_{н} = F_1 + F_2 + F_3 - 2 \cdot F_4 = b_1 \cdot h_1 + b_2 \cdot h_2 + b_3 \cdot h_3 - 2 \cdot b_4 \cdot h_4 . \quad (7.2)$$

Координаты центра тяжести сечения **брутто**

$$Y_{сб} = (F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2 + F_3 \cdot Y_3)/F_{б} \; ; \; X_{сб} = 0 . \quad (7.3)$$

Координаты центра тяжести сечения **нетто**

$$Y_{сн} = (F_1 \cdot Y_1 + F_2 \cdot Y_2 + F_3 \cdot Y_3 - 2 \cdot F_4 \cdot Y_4)/F_{н} \; ; \; X_{сн} = 0 , \quad (7.4)$$

где Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 - координаты центра элементарных площадок поперечного сечения относительно любой выбранной точки горизонтальной оси сечения.

Моменты инерции сечения **брутто**

$$I_{хб} = \sum_{i=1}^{i=3} \left(F_i \cdot Y_i^2 + \frac{b_i \cdot h_i^3}{12} \right), \quad (7.5)$$

$$I_{уб} = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{h_i \cdot b_i^3}{12} . \quad (7.6)$$

Моменты инерции **нетто**

$$I_{хн} = \sum_{i=1}^{i=3} F_i \cdot Y_i^2 - 2 \cdot \left(F_4 \cdot Y_4^2 + \frac{d \cdot h_3^3}{12} \right), \quad (7.7)$$

$$I_{ун} = \sum_{i=1}^{i=3} \frac{h_i \cdot b_i^3}{12} - \frac{h_4 \cdot b_4^3}{6} . \quad (7.8)$$

Минимальная величина радиуса инерции **брутто**

$$r_{и} = \sqrt{I_{хб}/F_{б}} . \quad (7.9)$$

Моменты сопротивления брутто при изгибе в плоскости направляющих для верхней точки сечения

$$W_{н}^{нб} = I_{хб}/Y_{c\,max} , \quad (7.10)$$

для нижней точки сечения

$$W_{н}^{нб} = I_{хб}/Y_{c\,min} . \quad (7.11)$$

Момент сопротивления **брутто** при изгибе в плоскости перпендикулярной плоскости направляющих для крайней точки основания сечения направляющей

$$W_{п}^{кб} = 2I_{уб}/B , \quad (7.12)$$

для точки на боковой поверхности головки направляющей

$$W_{п}^{гб} = 2 \cdot I_{уб}/b_1 . \quad (7.13)$$

Момент сопротивления **нетто** при изгибе в плоскости направляющих в верхней точке сечения

$$W_{н}^{вн} = I_{хн}/Y_{c\,max} , \quad (7.14)$$

в нижней точке сечения

$$W_{н}^{нн} = I_{хн}/Y_{c\,min} . \quad (7.15)$$

Момент сопротивления **нетто** при изгибе в плоскости перпендикулярной плоскости направляющих в крайней точке основания сечения направляющей

$$W_{\text{П}}^{\text{кн}} = 2I_{\text{УН}}/B\,, \tag{7.16}$$

в точке на боковой поверхности головки

$$W_{\text{П}}^{\text{гн}} = 2I_{\text{УН}}/b_1\,. \tag{7.17}$$

3) Производится расчет направляющей в рабочем режиме работы лифта с 10% перегрузкой кабины (рис.7.8 *а, б*).

Предполагается, что в центре пролета направляющей действуют расчетная, нормальная сила $N_{\text{Н}}$ в плоскости направляющих и нормальная сила $N_{\text{П}}$ перпендикулярная плоскости направляющих. Нормальные силы определяются рассмотренным выше методом (п.3) при смещении центра масс груза в поперечном и продольном направлениях на величину $A/6$ и $B/6$, соответственно.

Пролет реальной многопролетной балки заменяется расчетным эквивалентным, учитывающим влияние жесткости соседних пролетов, путем сокращения его длины до величины $l_{\text{р}} = \frac{5}{6}\cdot l$.

В среднем сечении пролета во взаимно перпендикулярных направлениях действуют изгибающие моменты от поперечных сил в плоскости направляющих

$$M_{\text{н}} = N_{\text{н}}\cdot l_{\text{р}}/4\,, \tag{7.18}$$

в плоскости перпендикулярной плоскости направляющих

$$M_{\text{п}} = N_{\text{п}}\cdot l_{\text{р}}/4\,. \tag{7.19}$$

Наибольшее расчетное нормальное напряжение определяется геометрическим сложением нормальных напряжений, действующих в двух плоскостях изгиба

$$\sigma_{\text{р}} = \sqrt{\sigma_{\text{н}}^2 + \sigma_{\text{п}}^2} = \sqrt{\left(\frac{M_{\text{н}}}{W_{\text{н}}}\right)^2 + \left(\frac{M_{\text{п}}}{W_{\text{п}}}\right)^2}\,, \tag{7.20}$$

где $W_{\text{н}}$, $W_{\text{п}}$ - *минимальные значения величины момента сопротивления сечения* направляющей в соответствующих плоскостях изгиба.

Коэффициент запаса прочности определяется по отношению к пределу текучести материала направляющей (для Ст.20 ГОСТ 1050-74 $\sigma_{\text{Т}}$ = 35000 Н/см^2)

$$n = \frac{\sigma_{\text{Т}}}{\sigma_{\text{р}}} \geq [n]_{\text{э}}\,, \tag{7.21}$$

где $[n]_{\text{э}}$ - допускаемый запас прочности в рабочем режиме «Э»[п.4].

4) Производится расчет направляющей в режиме посадки на ловители (рис.7.8 *в, г*).

В аварийном режиме посадки на ловители («АЛ») учитывается действие наибольшей по величине нормальной силы $N_{\text{н}}$ и тормозной силы ловителя R.

Расчетные силы определяются с учетом ускорений, действующих при посадке на ловители. Величина нормальной силы определяется рассмотренным выше методом в режиме «АЛ».

Тормозная сила ловителя определяется с учетом возможной неравномерности распределения нагрузки по ловителям

$$R = 0{,}5 \cdot K_{н} \cdot (1{,}1 \cdot Q + Q_{к}) \cdot \left(1 + \frac{[a]_{л}}{g}\right), \qquad (7.22)$$

где $K_{н}$ = 1,25 - коэффициент неравномерности распределения нагрузки по ловителям; $[a]_{л} = 25 \cdot g$ - допускаемое ускорение при посадке на ловители [44].

Тормозная сила ловителя действует с эксцентрицитетом относительно центра тяжести сечения направляющей и приложена на расстоянии 25 - 30 мм от головки направляющей. В связи с этим, в середине пролета направляющей будет действовать сложная комбинация нагрузок: изгибающий момент от нормальной силы $N_{н}$, продольная сжимающая сила R и сосредоточенный момент от тормозной силы ловителя [29].

Максимальный изгибающий момент в середине пролета направляющей

$$M_{max} = \frac{R \cdot e}{2} + \frac{N_{н} \cdot l_{р}}{4}. \qquad (7.23)$$

Результирующее напряжение сжатия в середине пролета

$$\sigma_{сж} = \frac{M_{max}}{W_{н}} + \frac{R}{\varphi \cdot F_{б}}, \qquad (7.24)$$

где φ - коэффициент понижения допускаемого напряжения сжатия, зависящий от гибкости λ и материала направляющей.

Величина гибкости определяется расчетом в зависимости от радиуса инерции сечения **брутто** и расчетной длины пролета направляющей

$$\lambda = \mu \cdot l_{р} / r_{и}, \qquad (7.25)$$

где μ - коэффициент приведенной длины при продольном изгибе.

Коэффициент запаса прочности в режиме посадки на ловители

$$n_{л} = \frac{\sigma_{т}}{\sigma_{сж}} \geq [n]_{л}, \qquad (7.26)$$

где $[n]_{л}$ - допускаемый запас прочности для режима посадки на ловители (п.4)

5) Проверка жесткости направляющей

Прогиб в плоскости направляющих

$$f_{н} = \frac{N_{н} \cdot l_{р}^{3}}{48 \cdot E \cdot I_{хб}}, \text{ см.} \qquad (7.27)$$

Прогиб в плоскости перпендикулярной плоскости направляющих

$$f_{п} = \frac{N_{п} \cdot l_{р}^{3}}{48 \cdot E \cdot I_{уб}}, \text{ см,} \qquad (7.28)$$

где $E = 2{,}17 \cdot 10^{7}$ Н/см^{2} - модуль упругости для Ст.20.

Прогиб направляющей не должен превышать величины $\frac{l}{1000}$.

ГЛАВА 8
ЛОВИТЕЛИ

Ловителем принято называть устройство для торможения, фиксации неподвижного состояния и удержания на направляющих кабины (противовеса), движущейся вниз с аварийным превышением скорости.

Ловители устанавливаются на кабинах лифтов всех типов и на противовесы, если они расположены над помещениями, где могут находиться люди или над переходами, которые не могут выдержать удар падающего противовеса [44].

По принципу работы, ловители представляют собой разновидность линейного колодочного тормоза, отличающегося тем, что давление на колодку создает специальное самозаклинивающееся устройство в момент касания направляющей поверхностью тормозной колодки.

Ловители должны обеспечивать замедление кабины (противовеса) с безопасными для здоровья людей ускорениями и надежно удерживать кабину на направляющих до момента снятия с ловителей.

Включение ловителей должно происходить автоматически при аварийном превышении скорости или ослаблении канатной подвески.

В лифтах с КВШ ловители могут приводиться в действие только ограничителем скорости, тогда как, при наличии барабанной лебедки и в малых грузовых лифтах, ловители могут включаться устройством, контролирующим ослабление натяжение канатов.

Классификация ловителей

По характеру действия: ловители резкого торможения, плавного торможения и комбинированные.

Ловители резкого торможения обеспечивают быструю остановку кабины (противовеса) за доли секунды на весьма малых тормозных путях в связи с тем, что торможение происходит за счет работы сил трения и сил сопротивления пластического деформирования поверхности направляющей. В этих ловителях отсутствует упругий элемент, ограничивающий силу нормального давления на тормозную колодку.

Ловители плавного торможения обеспечивают плавное замедление кабины за счет работы сил трения гладких (или с поперечной насечкой) тормозных колодок при ограничении силы нормального давления за счет наличия упругого элемента.

Комбинированные ловители представляют собой ловители резкого торможения, взаимодействующие с кабиной (противовесом) через амортизирующее устройство.

По характеру изменения тормозного усилия на пути торможения: с постоянной или линейно врастающей тормозной силой.

По расположению улавливающих элементов: односторонние и двухсторонние.

В конструкции двухсторонних ловителей улавливающие элементы симметрично расположены относительно головки направляющей, тогда как у односторонних – только с одной стороны.

Раздел 5.7 ПУБЭЛ предъявляет ряд требований, гарантирующих безопасность применения ловителей. Ниже приводится содержание некоторых из них.

Не допускается применение электрических, гидравлических или пневматических устройств для привода ловителей.

Ловители должны затормаживать и останавливать кабину с грузом или противовес при обрыве канатной подвески. При этом масса груза в кабине должна превышать номинальную на 10%.

Для лифтов самостоятельного пользования масса расчетного груза должна определяться по фактической полезной площади пола из условия свободного заполнения (табл.1 ПУБЭЛ).

За расчетную скорость посадки на ловители следует принимать предельную величину скорости настройки ограничителя скорости.

Момент срабатывания ловителей кабины должен контролироваться выключателем, отключающим привод механизма подъема.

Замедление пустой кабины при посадки на ловители не должно превышать предельного значения в 25 м/с^2.

При скорости кабины всех типов лифтов более 0,75 м/с и в больничных лифтах, независимо от скорости, должны устанавливаться ловители плавного торможения.

После подъема кабины (противовеса), остановленной ловителями, они автоматически должны приводиться в исходное состояние.

При использовании комбинированных ловителей, ускорение замедления купе должно быть равно 9,81 м/с^2. Эти ловители допускается применять в лифтах со скоростью кабины не более 1 м/с.

Ловители должны оснащаться табличкой с указанием наименования производителя, заводского номера, года изготовления, типа ловителя и номинальной скорости лифта, для которого они предназначены.

8.1. Улавливающие устройства их основные характеристики

Основу конструкции ловителей составляют улавливающие устройства, работающие на основе самозаклинивания между поверхностью головки направляющей и конструкцией рамы кабины (противовеса).

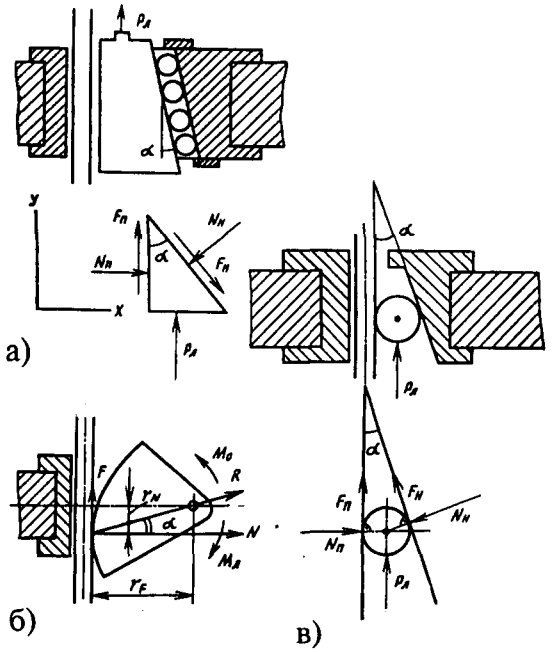


Рис.8.1. Схемы улавливающих устройств
а) клинового, б) эксцентрикового, в) роликового

Момент самозатягивания определяется действием механизма привода ловителей, который вводит в соприкосновение рабочую поверхность улавливающего устройства с боковой поверхностью головки направляющей. Возникающая при этом начальная сила трения инициирует процесс самозатягивания с последующей посадкой кабины (противовеса) на ловители [3, 29].

Возможность самозатягивания определяется параметрами улавливающего устройства, которое независимо от конструкции, представляет собой разновидность клинового механизма (рис.8.1).

Геометрические параметры улавливающих устройств определяются из условия самозатягивание в момент, когда тормозная сила ловителей $P_л = 0$.

Параметры клинового улавливающего устройства определяются из уравнений равновесия клина (рис.8.1 *а*):

$$\sum X = 0, N_{\text{п}} + F_{\text{н}} \cdot \sin\alpha - N_{\text{н}} \cdot \cos\alpha = 0\,, \tag{8.1}$$

$$\sum Y = 0; P_{\text{л}} + F_{\text{п}} - F_{\text{н}} \cdot \cos\alpha - N_{\text{н}} \cdot \sin\alpha = 0\,. \tag{8.2}$$

Решение системы уравнений равновесия позволяет получить аналитическое выражение величины включающего усилия.

$$P_{\text{л}} = \frac{F_{\text{н}} \cdot \left[\left(\sin\alpha \cdot \mu_{\text{н}} + \sin\alpha\right) - \left(\cos\alpha \cdot \mu_{\text{п}} - \sin\alpha \cdot \mu_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{н}}\right)\right]}{\mu_{\text{н}}}, \tag{8.3}$$

где $\mu_{\text{п}}$, $\mu_{\text{н}}$ - величина коэффициента трения рабочей поверхности клина по направляющей и задней наклонной поверхности по направляющей колодке.

Условие самозатягивания предполагает равенство $P_{\text{л}} = 0$, поэтому числитель дроби 8.3 равен нулю:

$$\cos\alpha \cdot \mu_{\text{н}} + \sin\alpha - \cos\alpha \cdot \mu_{\text{п}} + \sin\alpha \cdot \mu_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{н}} = 0\,, \tag{8.4}$$

откуда имеем искомое расчетное соотношение

$$\text{tg}\alpha = \frac{\mu_{\text{п}} - \mu_{\text{н}}}{1 + \mu_{\text{п}} \cdot \mu_{\text{н}}}\,. \tag{8.5}$$

Таким образом, условие самозатягивания клина выполняется, если величина коэффициента трения на его рабочей поверхности больше, чем на задней, наклонной.

Для обеспечения надежного самозатягивания, между задней поверхностью клина и его опорной колодкой устанавливается роликовая батарея или тормозная поверхность оснащается закаленными зубьями.

Параметры эксцентрикового улавливающего устройства определяются из условий равновесия эксцентрика (рис.8.1 *б*).

Из уравнения моментов относительно оси шарнира подвески эксцентрика определим начальный момент, создаваемый механизмом привода ловителей:

$$\sum M_0 = 0; \quad M_{\text{л}} + F \cdot r_F - N \cdot r_N - M_{\text{с}} = 0\,, \tag{8.6}$$

где $M_{\text{с}} = R \cdot \mu_{\text{с}} \cdot r_{\text{с}} = \sqrt{N^2 + F^2} \cdot \mu_{\text{с}} \cdot r_{\text{с}}$ – момент сил трения в шарнире эксцентрика.

После преобразования выражения 8.6 получим

$$M_{\text{л}} + N \cdot \mu \cdot r_F - N \cdot r_N - N \cdot \sqrt{1 + \mu^2} \cdot \mu_{\text{с}} \cdot r_{\text{с}} = 0\,, \tag{8.7}$$

где $\mu_{\text{с}}$, $r_{\text{с}}$ - коэффициент трения и радиус трения подшипника шарнира подвески эксцентрика; μ - коэффициент трения между тормозящей поверхностью эксцентрика и направляющей; $M_{\text{л}}$ - момент, который нужно приложить к эксцентрику, чтобы получить необходимую для самозатягивания силу трения.

После алгебраических преобразований получим

$$M_{\text{л}} = N \cdot \left(r_N + r_{\text{с}} \cdot \mu_{\text{с}} \cdot \sqrt{1 + \mu^2} - r_F \cdot \mu\right). \tag{8.8}$$

Условие самозатягивания эксцентрика ($M_л = 0$) выполняется при следующем соотношении характеристик эксцентрика

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{r_N}{r_F} = \mu - \mu_c \cdot \frac{r_c}{r_F} \cdot \sqrt{1+\mu^2} \,. \tag{8.9}$$

Роликовое улавливающее устройство рассчитывается аналогичным способом, из уравнений равновесия (рис.8.1 *в*):

$$\sum X = 0;\ N_п - N_н \cdot \cos\alpha - F_н \cdot \sin\alpha = 0\,, \tag{8.10}$$

$$\sum Y = 0;\ F_п + F_н \cdot \cos\alpha + P_л - N_н \cdot \sin\alpha = 0\,. \tag{8.11}$$

Величина включающего усилия определяется решением системы уравнений

$$P_л = F_н \cdot \left(\frac{\sin\alpha}{\mu_н} - \cos\alpha - \frac{\cos\alpha}{\mu_н} \cdot \mu_п - \sin\alpha \cdot \mu_п \right). \tag{8.12}$$

Из условия самозатягивания имеем ($P_л = 0$), при $\mu_п = \mu_н = \mu$, получим

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{2 \cdot \mu}{1 - \mu^2}. \tag{8.13}$$

Величина коэффициента трения зависит от характеристик тормозящих поверхностей ловителей (табл.8.1.) [24, 50].

Таблица 8.1. **Коэффициент трения тормозящей поверхности по обработанной стальной направляющей**

Вид тормозящей поверхности	Коэффициент трения μ
С закаленными зубьями	0,18 - 0,35
Гладкая плоская	0,08 - 0,15
Стальной гладкий ролик	0,0 1 - 0,03
Ролик или эксцентрик с насечкой	0,14 - 0,33

Размеры тормозящих поверхностей улавливающих устройств уточняются по условию контактной прочности с учетом износостойкости.

Площадь гладкой тормозящей поверхности клинового улавливающего устройства определяется условием контактной прочности

$$b \cdot h \geq \frac{N}{[\sigma]_{см}}, \tag{8.14}$$

где b, h - ширина и высота тормозящей поверхности клина, см; $[\sigma]_к$ - допускаемое удельное контактное давление, Н/см^2 (1500÷2000 Н/см^2).

Для клина с закаленными зубьями ширина зуба проверяется по линейной контактной прочности

$$b \geq \frac{N}{Z \cdot K_z \cdot [q]}, \tag{8.15}$$

где Z - число зубьев на тормозной поверхности клина (обычно 3 или 5 зубьев высотой 3 - 5 мм, с прямым углом при вершине); $[q]$ - допускаемое давление на единицу ширины зуба (12000 Н/см для зуба, закаленного до твердости 600 НВ); $K_z = 0{,}75$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки по зубьям [52].

Ширина зубьев эксцентрика проверяется из условия работы одного зуба

$$b = N/[q]\,. \tag{8.16}$$

Размеры ролика и эксцентрика с гладкой тормозящей поверхностью определяются из условия контактной прочности по формуле Герца [2]

$$\sigma_к = 0{,}418 \cdot \sqrt{\frac{N \cdot E}{b \cdot r}} \le [\sigma]_к\,, \tag{8.17}$$

где $E = 2{,}17 \cdot 10^7$ Н/см^2 – модуль упругости стали; b, r – ширина и радиус кривизны рабочей поверхности, см; N – сила нормального давления, Н; $[\sigma]_к$ – допускаемое контактное напряжение, составляющее 0,7–0,9 предела текучести материала ролика.

8.2. Механизм привода ловителей

Ловители приводятся в действие от ограничителя скорости и только, в ограниченном числе случаев, от канатной подвески.

Системы приводных механизмов, связанные с канатной подвеской, могут иметь различную конструкцию, но однотипный принцип действия. В его основе лежит использование пружинного устройства, которое находится в сжатом состоянии, когда канаты имеют нормальное натяжение. Сжимающая сила значительно уменьшается при ослаблении канатов, и увеличение длины пружины воздействует на ловители.

Приводные механизмы, работающие от ограничителя скорости, получили преимущественное распространение, так как ограничитель скорости срабатывает в любой аварийной ситуации, сопровождающейся превышением расчетной скорости.

Механизмы привода ловителей являются промежуточным звеном между канатом ограничителя скорости и ловителями, обеспечивающим жесткую кинематическую связь между ними и одновременность срабатывания благодаря наличию между ними синхронизирующего механизма с тягой, валом или канатной связью.

В приводном механизме ловителей, по требованию ПУБЭЛ, устанавливается контактное устройство, отключающее привод при срабатывании ловителей. При оборудовании противовеса ловителями контактное устройство устанавливается на ограничителе скорости.

Приводной механизм включения ловителей может устанавливаться в верхней или нижней части каркаса кабины. Его расположение не оказывает какого-либо влияния на надежность работы ловителей и обычно определяется конструктивными соображениями. Так, при верхнем расположении механизма включения, ловители могут устанавливаться на верхней или нижней балке каркаса. В последнем случае, клинья или ролики ловителей связываются с механизмом включения вертикальными тягами.

Рассмотрим работу приводного механизма ловителей резкого торможения, установленного в верхней балке каркаса кабины (рис.8.2).

Канат ограничителя скорости *1* посредством коушей *2* и прижимных планок закреплен на приводном рычаге *4*, установленном на валике *5* вместе с рычагами *6*, *9*. Тяга *8* передает движение рычагам *6* и *9*, воздействуя на клинья правого ловителя.

Наличие жесткой кинематической связи между ловителями и регулировочной муфты *15* позволяет обеспечить одновременность срабатывания ловителей.

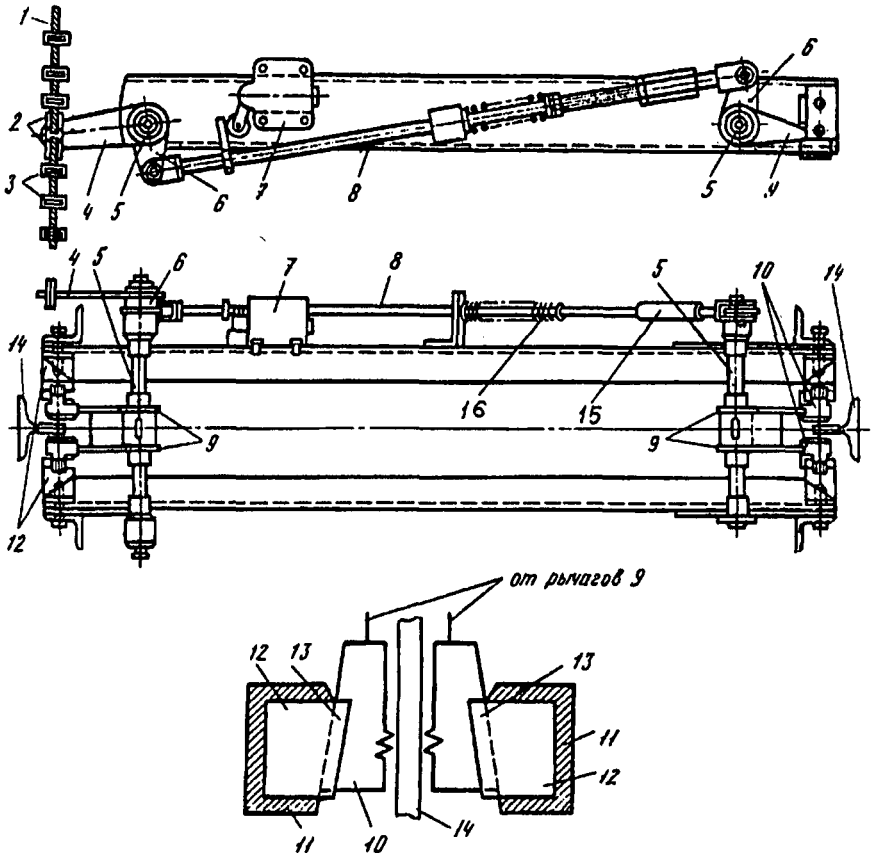


Рис.8.2. Приводной механизм ловителей резкого торможения
1 – канат, *2* – коуш, *3* – прижимные планки, *4* – рычаг приводной, *5* – валик, *6* – рычаг, *7* – контактное устройство, *8* – тяга, *9* – рычаг привода клиньев, *10* – клинья, *11* – балка каркаса кабины, *12* – колодка направляющая, *13* – направляющий паз колодки, *14* – направляющая кабины, *15* – муфта регулировочная, *16* – пружина

Предварительно сжатая пружина *16* предназначена для предотвращения самопроизвольного включения ловителей и возврата клиньев в исходное положение после снятия кабины с ловителей. На тяге закреплена планка, удерживающая контактное устройство *7* в состоянии «включено» в рабочем режиме.

При аварийном превышении скорости опускания кабины срабатывает ограничитель скорости и начинает тормозить канат с силой достаточной для подъема рычага *4* вверх. Вращение рычага *4* по часовой стрелке приводит к подъему клиньев левого и правого ловителя, до момента касания зубьями поверхности направляющих.

Начинается процесс самозатягивания клиньев и торможения кабины до полной остановки. Приводная планка, установленная на тяге *8* перестает воздействовать на контактное устройство *7* и привод лебедки отключается.

Снятие кабины с ловителей производится подъемом кабины на малой скорости или ручным приводом. Под действием пружины тяги *16* ловители переводятся в исходное положение.

Аналогичный приводной механизм применяется для ловителей плавного торможения.

Более простой способ синхронизации работы ловителей используется в приводном механизме фирмы ОТИС, где синхронизация обеспечивается с помощью вала, проходящего вдоль верхней балки каркаса кабины (рис.8.3).

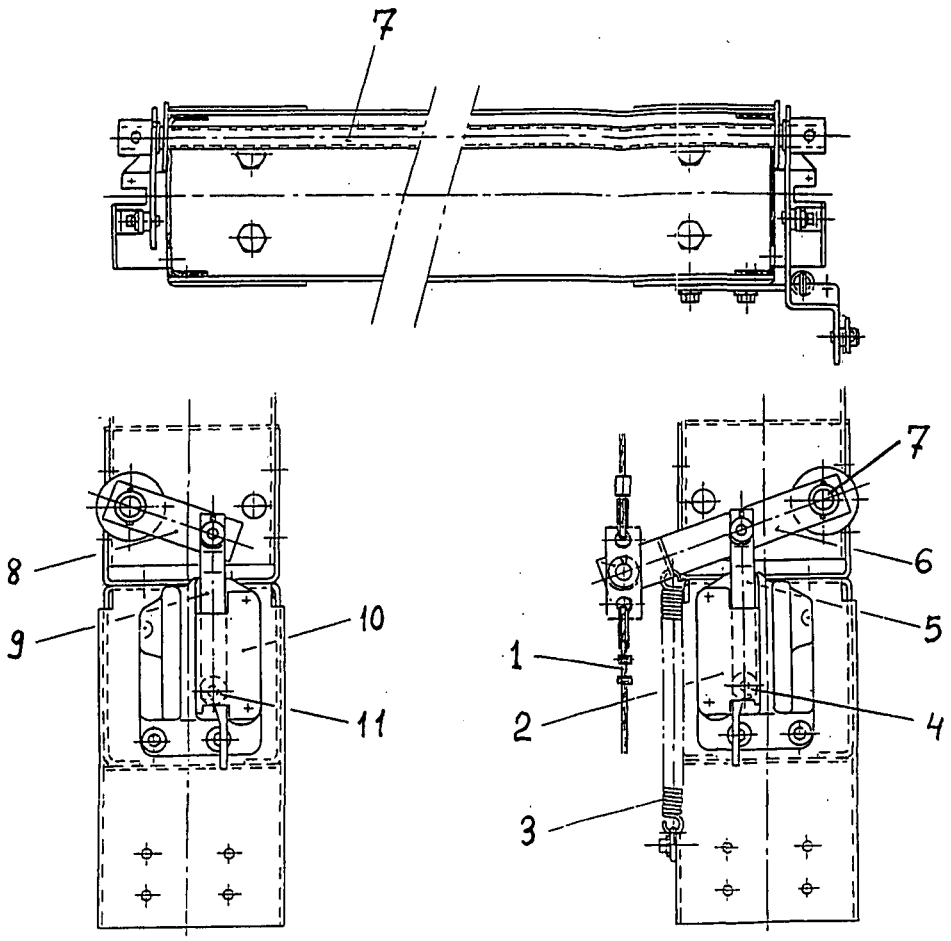


Рис.8.3. Приводной механизм с синхронизирующим валом
1 - канат; *2*, *10* - ловитель; *3* - пружина; *4*, *11* - ролик ловителя; *5*, *9* - тяга; *6* - приводной рычаг; *7* - вал, *8* - рычаг

При аварийном превышении скорости, торможение каната *1* ограничителем скорости вызывает поворот рычага *6*, вала *7* и рычага *8* так, что тяги *5*, *9* поднимают ролики *4*, *11*, инициируя включение ловителей.

Пружина *3* предотвращает самопроизвольное включение ловителей при пуске кабины на опускание и возвращает механизм ловителей в исходное состояние.

Данная конструкция практически не нуждается в регулировки, содержит мало деталей и отличается технологичностью. Ловители устанавливаются на торцевой частей верхней балки каркаса, что обеспечивает удобный доступ при их техническом обслуживании.

Необычное устройство имеет отечественная конструкция приводного механизма ловителей с канатной системой синхронизации работы ловителей (рис.8.4).

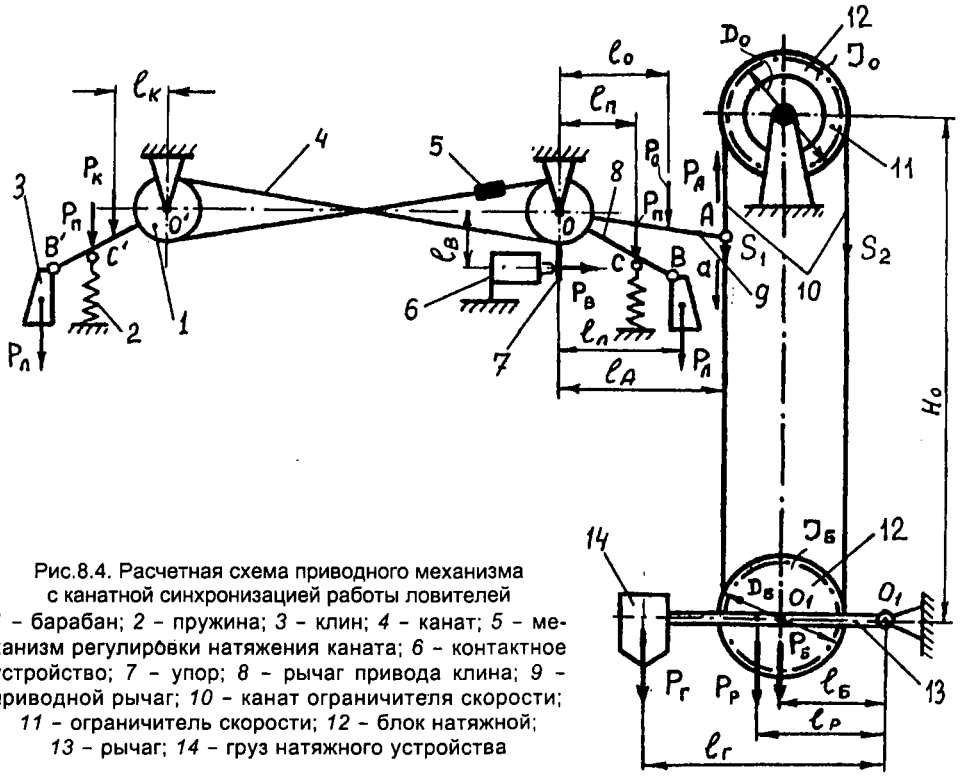


Рис.8.4. Расчетная схема приводного механизма с канатной синхронизацией работы ловителей
1 – барабан; *2* – пружина; *3* – клин; *4* – канат; *5* – механизм регулировки натяжения каната; *6* – контактное устройство; *7* – упор; *8* – рычаг привода клина; *9* – приводной рычаг; *10* – канат ограничителя скорости; *11* – ограничитель скорости; *12* – блок натяжной; *13* – рычаг; *14* – груз натяжного устройства

На рис.8.4 приняты следующие обозначения: $P_п$ – сила натяжения пружины, Н; $P_л$ – сила тяжести подвижных частей ловителя, Н; $P_в$ – сила давления возвратной пружины контактного устройства в состоянии «включено», Н; $P_б$, $P_г$, $P_р$ – сила тяжести блока, натяжного груза и рычага, Н; $l_А$, $l_б$, $l_г$, $l_л$, $l_п$, $l_р$ – плечи приложения соответствующей силы, м; S_1, S_2 – натяжение рабочей и холостой ветви каната ограничителя скорости, Н; a – ускорение разгона кабины, м/с^2; $P_А$ – приведенное значение силы сопротивления разгону системы ограничителя скорости; I_0, $I_б$ – момент инерции шкива ограничителя скорости и блока натяжного устройства, кГм^2; H_0, D_0, $D_б$ – длина каната, диаметры шкива и натяжного блока ограничителя скорости, м.

При аварийном превышении скорости, торможение каната *10* ограничителем скорости вызывает поворот рычага *9* против часовой стрелки. Принятая перекрестная схема запасовки каната на барабанах *1* обеспечивает одновременный подъем клиньев *3* до момента срабатывания ловителей. Упор *7* перестает взаимодействовать с контактным устройством *6* и привод лебедки выключается.

Конструкция не отличается новизной. В 50-х годах ее прототип применялся фирмой Шендлер (Швейцария) в пассажирских лифтах с комбинированными ловителями. Только вместо шкивов применялись равноплечие рычаги [29].

Несомненным достоинством данного решения является небольшая масса конструкции и возможность ее установки на кабинах любой ширины. Недостатком следует считать необходимость в регулировке в связи с возможностью вытяжки каната и возможным нарушением одновременности срабатывания ловителей.

Приводной механизм включения ловителей должен удовлетворять двум основным условиям: исключение возможности самопроизвольного включения ловителей при пуске кабины вниз и обеспечивать надежное включение ловителей при срабатывании ограничителя скорости.

Рассмотрим методику расчетного обоснования параметров приводного механизма на примере канатной системой синхронизации работы ловителей (рис.8.4).

Проверка условия предотвращения самопроизвольного включения ловителей

При включении привода лебедки на опускание кабина и связанный с ней канат в точке A испытывают ускорение разгона a.

Так как система ограничителя скорости включает массы вращающихся и поступательно движущихся частей, разгон будет сопровождаться действием инерционных сил и сил трения P_A, приложенных к приводному рычагу в направлении включения ловителей.

Для исключения самопроизвольного срабатывания ловителей силы сопротивления включению, приведенные к точке A должны с запасом превышать величину направленной вверх силы P_A. Расчетным путем следует установить соответствующие силовые соотношения и откорректировать параметры механизма в случае необходимости.

1) Рассчитывается величина силы сопротивления разгону системы ограничителя скорости, приведенной к точке A

$$P_A = P_A^{и} + P_A^{к} + P_A^{т}, \text{ Н}, \tag{8.18}$$

где $P_A^{и}$ – приведенная к точке A сила инерции, Н; $P_A^{к}$ – приведенная сила сопротивления перегибу каната на шкиве и блоке, Н; $P_A^{т}$ – приведенная сила трения в подшипниках шкива и блока, Н.

Приведенная сила инерции вращающихся и поступательно движущихся частей

$$P_A^{и} = \left(I_0 + I_б + \frac{q_к \cdot H_0 \cdot D_0^2}{2} \right) \cdot \frac{4 \cdot a}{D_0^2}, \tag{8.19}$$

где a – максимальная расчетная величина ускорение пуска кабины, м/с^2; H_0 – расчетная длина каната ограничителя скорости, м; $q_к$ – масса 1 м каната ограничителя скорости, кГ/м; I_0, $I_б$ – момент инерции шкива ОС и натяжного блока, кГм^2.

Приведенная сила сопротивления перегибу каната на шкиве и блоке

$$P_A^{к} = 2 \cdot K_п \cdot \left(g \cdot q_к \cdot H_0 + \frac{P_г \cdot \ell_г + P_б \cdot l_б + P_р \cdot l_р}{2 \cdot l_б} \right), \text{ Н}, \tag{8.20}$$

где $K_п = 0{,}02$ – коэффициент, учитывающий дополнительные потери при перегибе каната на натяжном блоке и шкиве.

Приведенная сила трения в подшипниках шкива и блока

$$P_{\text{А}}^{\text{Т}} = \frac{2 \cdot \mu_{\text{т}} \cdot r_{\text{т}}}{D_0} \cdot \left(2 \cdot g \cdot q_{\text{к}} \cdot H_0 + \frac{P_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}} + P_{\text{б}} \cdot l_{\text{б}} + P_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}}{l_{\text{б}}} \right), \text{ Н}, \tag{8.21}$$

где $D_0 = D_{\text{б}}$ – диаметр шкива ограничителя скорости и натяжного блока, м; $\mu_{\text{т}}$, $r_{\text{т}}$ – коэффициент трения подшипника шкива (блока) и радиус трения, м.

2) Определяется начальное значение приведенной величины силы сопротивления включению ловителей в момент пуска кабины.

Силы сопротивления включению зависят от действия сил тяжести, инерции, начальным значением силы растяжения пружины и сопротивления включению контактного устройства. Все действующие силы приводятся к точке *А*

$$F_{\text{н}} = \left(\frac{2 \cdot P_{\text{л}} \cdot l_{\text{п}}}{l_{\text{А}}} + \frac{2 \cdot P_{\text{к}} \cdot l_{\text{к}}}{l_{\text{А}}} + \frac{P_0 \cdot l_0}{l_{\text{А}}} \right) \cdot \left(1 - \frac{a}{g} \right) + \frac{P_{\text{пн}} \cdot l_{\text{п}} - P_{\text{в}} \cdot l_{\text{в}}}{l_{\text{А}}}, \text{ Н}, \tag{8.22}$$

где $P_{\text{пн}}$ – начальное значение растягивающего усилия пружины, Н.

3) Рассчитывается коэффициент запаса сопротивления самопроизвольному включению ловителей

$$n_F = \frac{F_{\text{н}}}{P_{\text{А}}} \le [n]_F, \tag{8.23}$$

где $[n]_F = 1{,}25$ – рекомендуемое значение коэффициента запаса.

Проверка условий надежности срабатывания ловителей при срабатывании ограничителя скорости

Рациональный выбор параметров приводного механизма включения является необходимым, но не достаточным условием надежности включения ловителей. Необходимо, чтобы сила трения между канатов и ободом шкива ограничителя скорости была с гарантией больше конечного значения сопротивления включению ловителей.

С этой целью производиться следующий расчет.

1) Определяется конечное значение приведенной величины силы сопротивления включению ловителей

$$F_{\text{к}} = \left(\frac{2 \cdot P_{\text{л}} \cdot l_{\text{л}}}{l_{\text{А}}} + \frac{2 \cdot P_{\text{к}} \cdot l_{\text{к}}}{l_{\text{А}}} + \frac{P_0 \cdot l_0}{l_{\text{А}}} \right) + \frac{P_{\text{пк}} \cdot l_{\text{п}}}{l_{\text{А}}}, \text{ Н}, \tag{8.24}$$

где $P_{\text{пк}}$ – конечное значение силы растяжения пружины, Н.

2) Рассчитывается величина силы натяжения холостой ветви каната ограничителя скорости.

$$S_2 = \left(g \cdot q_{\text{к}} \cdot H_0 + \frac{P_{\text{б}} \cdot l_{\text{б}} + P_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}} + P_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}}{2 \cdot l_{\text{б}}} \right), \text{ Н}. \tag{8.25}$$

3) Определяется предельное значение величины окружной силы трения между канатом и канавкой шкива

$$P_{\text{т}} = S_2 \cdot (\gamma_0 - 1), \text{ Н}, \tag{8.26}$$

где $\gamma_0 = 1{,}73$ – величина коэффициента тяговой способности шкива ограничителя скорости при канавке полукруглой с подрезом (угол подреза $\delta = 70°$).

4) Проверяется выполнение условия надежного включения ловителей при срабатывании ограничителя скорости

$$n_{\text{р}} = \frac{P_{\text{т}}}{P_{\text{к}}} \geq [n]_{\text{р}}, \tag{8.27}$$

где $[n]_{\text{т}} = 1{,}5$ - допускаемое значение величины коэффициента запаса усилия включения ловителей.

5) Производится проверка возможности проскальзывания каната по ободу шкива ограничителя до момента срабатывания ограничителя при свободном падении кабины.

Рассматривается вариант установки данного приводного механизма на лифте с минимальной высотой подъема, при которой силой тяжести каната ограничителя скорости можно пренебречь. В этом случае точка A приводного рычага движется с ускорением свободного падения $g = 9{,}81$ м/с^2 и на ободе шкива действует приведенная сила инерции, направленная в сторону противоположную направлению вращения. Если сила инерции окажется больше силы сцепления, каната будет проскальзывать и ограничитель скорости не сможет точно контролировать аварийное превышение скорости кабины.

Надежность работы приводного механизма в этой ситуации будет определяться наличием запаса сцепления

$$n_{\text{с}} = \frac{P_{\text{т min}}}{P_{\text{и0}}} = \left(\frac{P_{\text{б}} \cdot l_{\text{б}} + P_{\text{г}} \cdot l_{\text{г}} + P_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}}}{2 \cdot l_{\text{б}}} \right) \cdot \frac{(\gamma_0 - 1) \cdot D_0^2}{4 \cdot I_0 \cdot g}, \tag{8.28}$$

где $P_{\text{т min}}$ - минимальная сила сцепления каната со шкивом, Н; $P_{\text{и0}}$ - приведенная к ободу шкива сила инерции ускоренного вращения шкива ограничителя скорости, Н.

6) Проверяется величина коэффициента запаса прочности каната ограничителя скости в динамическом режиме свободного падения кабины с максимальной высоты H_0.

Натяжение каната в точке A будет определяться действием приведенной силы инерции ускоренного движения шкива ограничителя скорости, натяжного блока и каната и действием соответствующих сил сопротивлений.

$$S_{\text{д}} = \left(I_0 + I_{\text{б}} + \frac{q_{\text{к}} \cdot H_0 \cdot D_0^2}{2} \right) \cdot \frac{4 \cdot g}{D_0^2} + K_{\text{д}} \cdot \left(P_{\text{А}}^{\text{к}} + P_{\text{А}}^{\text{т}} \right), \tag{8.29}$$

где $K_{\text{д}} = 1 + \frac{g}{g} = 2$ - коэффициент динамичности учитывает возрастание натяжения каната на участках охвата шкива и натяжного блока ограничителя скорости.

Коэффициент запаса разрывного усилия каната

$$n = R / S_{\text{д}}, \tag{8.30}$$

где R - величина разрывного усилия предварительно выбранного каната ограничителя скорости, Н.

8.3. Конструкция, устройство и принцип действия ловителей

Ловители резкого торможения могут изготавливаться на основе применения улавливающих устройств клинового, роликового и эксцентрикового типа.

Рабочая поверхность тормозящего элемента конструкции обычно оснащается зубьями или поперечной насечкой, что более характерно для роликовых и эксцентриковых ловителей.

Для облегчения процесса снятия с ловителей после устранения аварийной ситуации преимущественно применяются двусторонняя конструкция, с симметричным расположением улавливающих устройств.

Конструкция двухсторонних клиновых ловителей резкого торможения рассмотрена выше (рис.8.2).

Применение зубьев и насечки с повышенной твердостью обеспечивает увеличение приведенного значения коэффициента трения за счет работы пластического деформирования поверхности направляющей.

Ловители резкого торможения останавливают кабину и противовес на очень малом тормозном пути, измеряемым несколькими десятками миллиметров, поэтому область их применения ограничена лифтами со скоростью движения кабины не более 0,75 м/с. Клиновые ловители с зубьями работают с линейно изменяющейся тормозной силой о чем свидетельствует характерный треугольный след на более пластичной чем зуб поверхности направляющей.

Эксцентриковые и роликовые ловители с поперечной насечкой оставляют на поверхности след менее определенной формы глубиной до 1 мм [29].

Ловители плавного торможения имеют устройство, ограничивающее силу нормального давления на тормозные колодки с гладкой рабочей поверхностью. Тормозная сила на всем пути замедления сохраняет обычно постоянное значение, определяемое конструкцией или регулировкой.

Ограничение силы нормального давления до установленного уровня достигается применением предварительно сжатой пружины или упруго деформируемого элемента конструкции.

В конструкции лифтов отечественного производства долгое время применялись клещевые ловители плавного торможения одностороннего типа (рис.8.5).

Рычаги *1* и *4* образуют клещи с шарниром, ось которого закреплена в балке вертикальной рамы каркаса кабины. С длинной стороны рычагов установлена предварительно сжатая пружина *8*, а с противоположной – тормозная колодка *2* и клин *3*, перемещающийся вертикально в пазу направляющей клиновой колодки. При включении приводного механизма ловителей клин *3*, поднимаясь вверх, скользит по наклонному пазу колодки *2*, касается поверхности направляющей кабины и, после самозаклинивания, раздвигает короткие плечи рычагов *1* и *4*, включает в работу пружину *8*. Сила предварительного сжатия пружины определяет величину силы нормального давления на тормозящие поверхности деталей *2*, *3* и постоянство тормозной силы на всем пути замедления. Регулировка силы предварительного сжатия пружины *8* производится гайкой *12* и фиксируется на требуемом уровне контргайкой *10*.

Величина суммарного зазора между боковыми поверхностями головки направляющей и тормозящими поверхностями ловителя регулируется втулкой *11* так, что при ввертывании втулки в резьбовое отверстие длинного плеча рычага *1* суммарный зазор уменьшается, а при вывертывании увеличивается.

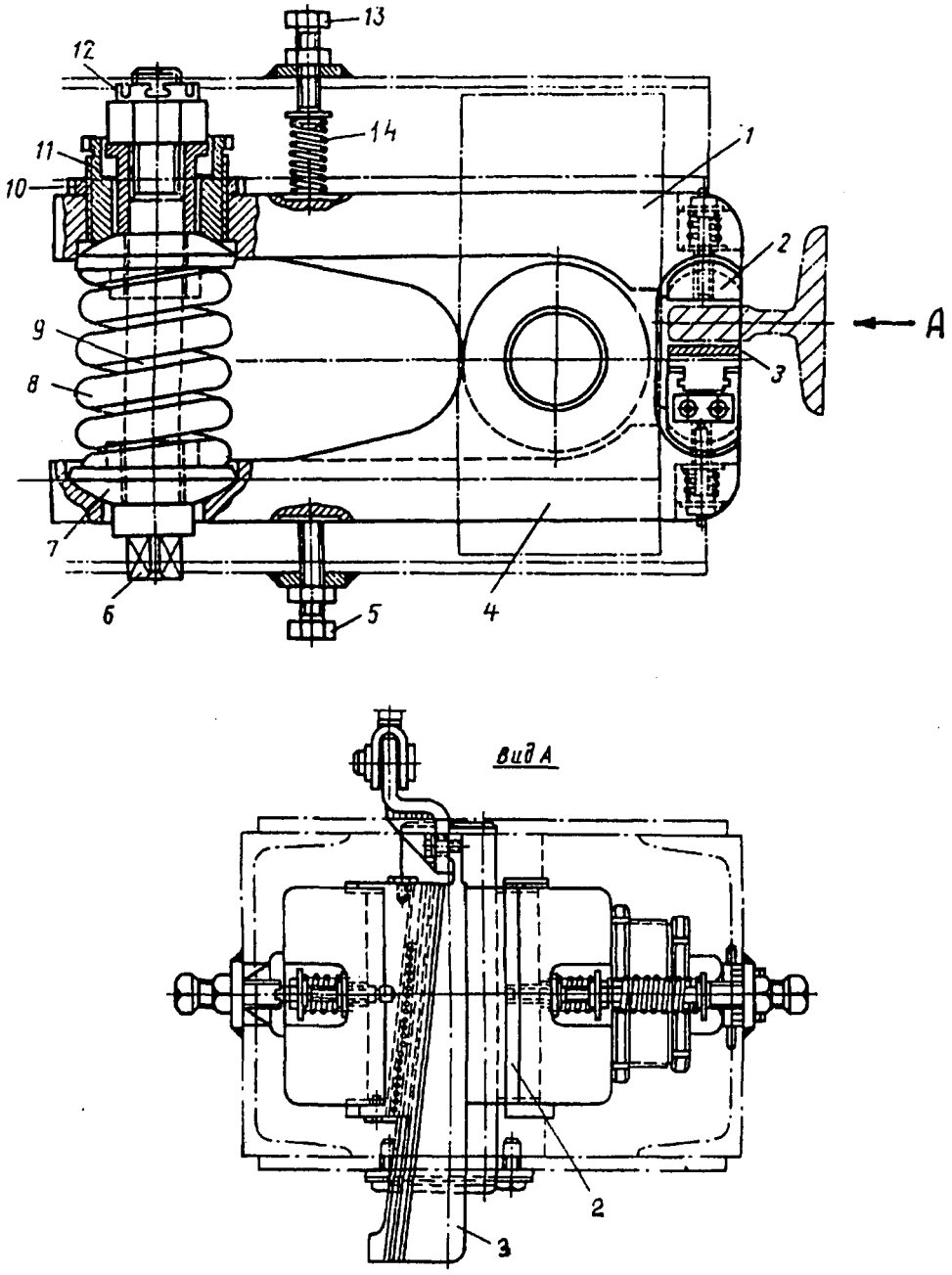


Рис.8.5. Клещевой односторонний ловитель плавного торможения
1, *4* – двуплечий рычаг; *2* – колодка тормозная; *3* – клин; *5*, *13* – болт регулировочный; *6* – квадратный хвостовик болта; *7* – шайба опорная; *8* – пружина; *9* – болт; *10* – контргайка, *11* – втулка; *12* – гайка; *14* – пружина

Регулировка равенства зазоров между направляющей, колодкой *2* и клином *3* производится болтом *5* и возвратной пружиной *14*, которая прижимает рычаги к торцу болта *5* так, что при ввертывании и вывертывании болта, клещи поворачиваются по или против часовой стрелке.

Концевые части рычагов, к которым крепится колодка *2* и клин *3*, имеют возможность самоустановки благодаря наличию специальных пружин и цилиндрических опорных поверхностей.

Для уменьшения сил трения задняя наклонная поверхность клина *3* перемещается по роликовой батарее.

Очевидным достоинством клещевых ловителей является возможность легкой перенастройки на необходимую тормозную силу и установки на направляющие с разной шириной головки. Это позволило организовать массовое производство ловителей, которыми можно было установить практически на любой лифт при соответствующей настройке.

Заложенная в конструкции клещевых ловителей возможность регулировки тормозной силы и зазоров не исключала возможности ее нарушения в условиях эксплуатации и существенно усложнила конструкцию. Это послужило основанием для поиска более технологичных и простых решений.

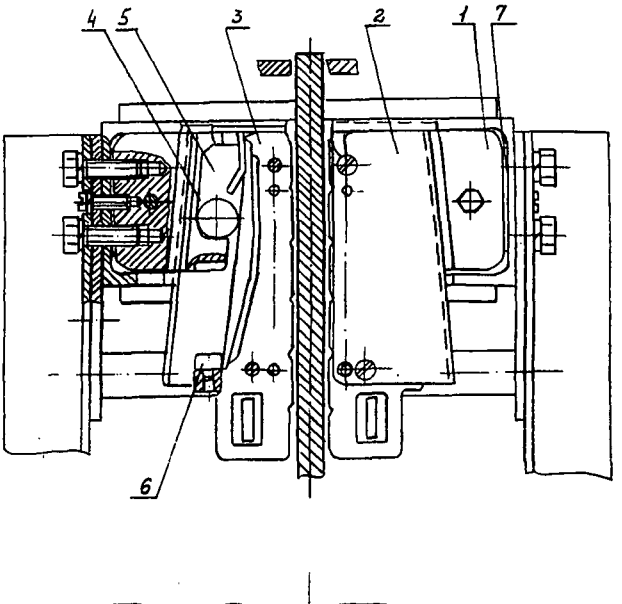


Рис.8.6. Подпружиненный ловитель с роликовым механизмом заклинивания

1 – колодка направляющая, *2* – щека, *3* – клин, *4* – ролик, *5* – пружина, *6* – упор, *7* – прокладка

Клиновые подпружиненные ловители плавного торможения АО КМЗ имеют более простую конструкцию, практически не требующую регулировки (рис.8.6).

Рассматриваемый тип ловителя имеет два, симметрично расположенных улавливающих устройства с упругим звеном, ограничивающим силу торможения.

При срабатывании ограничителя скорости рычаги приводного механизма поднимают клинья *3*. Ролики *4* заклиниваются и деформируют пружину *7* на величину, определяемую вертикальным ходом клина и углом наклона пружины. Сила нормального давления на тормозящие поверхности определяется жесткостью и прогибом пружины *7*. Простая

замена пружинной вставки позволяет изменять нормальное давление и тормозную силу ловителя. Ролик *4* с направляющей не взаимодействует и играет вспомогательную роль передачи нагрузки на деформируемое звено, поэтому ловитель данной конструкции можно считать роликовым лишь условно.

Несомненный интерес также представляет конструкция роликового ловителя плавного торможения, которая применяется фирмой ОТИС (рис.8.7).

Ловители этого типа отличаются простотой конструкции и хорошо зарекомендовали себя в условиях эксплуатации в жилых и административных зданиях.

Ловитель имеет одностороннюю конструкцию. Улавливающее роликовое устройство располагается только с одной стороны направляющей. На другой стороне находится плоский башмак со сменной рабочей накладкой *4*.

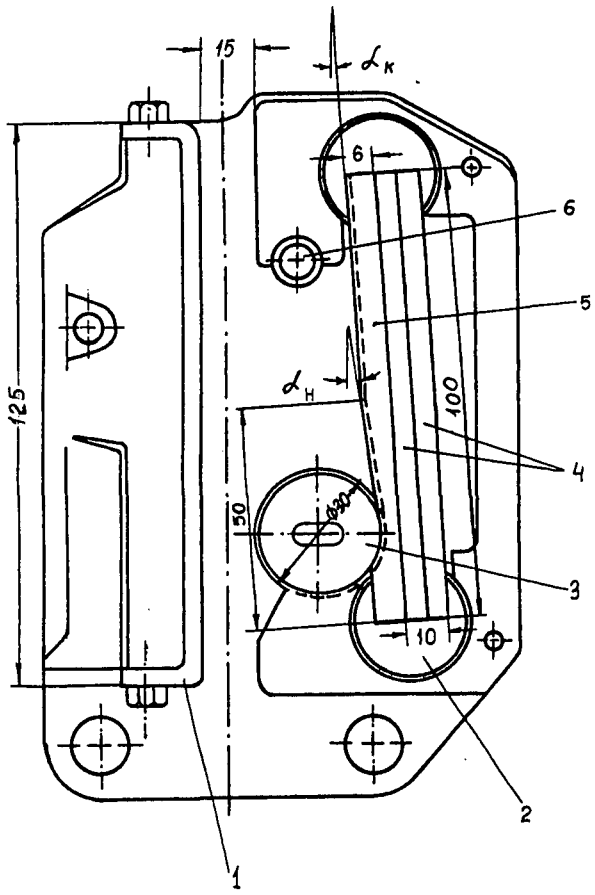


Рис.8.7. Роликовый ловитель плавного торможения
1 – корпус, *2* – поворотная опора, *3* – ролик, *4* – пластинчатые пружины, *5* – опорная пластина, *6* – болт ограничительный

Литой корпус *1* крепится болтами к торцевому листу верхней балки каркаса кабины и на обратной стороне имеет упор, входящий в отверстие листа и разгружающий болты от действия тормозной силы.

Упругий элемент ловителя представляет собой двухопорную балку, состоящую из набора пластин *4*, *5* шириной 25 мм, которые с небольшим натягом вставляются в прорези опорных цилиндров *2*, изготовленных из латуни. Опоры устанавливаются в цилиндрических расточках корпуса и и могут свободно поворачиваться при деформации балки, обеспечивая условия статической определимости.

Передняя пластина *5* имеет центральную проточку, в которой свободно перемещается рабочая часть ролика с закаленной насечкой. Пластина имеет две рабочие поверхности с различными углами наклона: $\alpha_н = 9°$ и $\alpha_к = 4°$ (приблизительные значения получены непосредственным измерением на кабине лифта).

Наличие переменного угла направляющей пластины *5* обеспечивает плавное и надежное самозаклинивание ролика и облегчает снятие кабины с ловителей.

Боковые гладкие цилиндрические поверхности ролика перекатываются по соответствующим выступающим поверхностям направляющей пластины *5*.

Рабочая центральная часть ролика непосредственно взаимодействует с направляющей. Насколько можно судить по внешнему виду, пластины *4* и *5* подвергались цементации с последующей закалкой.

Ловители, как обычно, устанавливаются с двух сторон кабины и приводятся в действие механизмом с синхронизирующим валом (рис.8.3).

8.4. Расчет ловителей

При проектировании и поверочном расчете ловителей за основу принимается режим динамических испытаний.

Для лифтов с увеличенной площадью пола и самостоятельного пользования в качестве расчетной принимается грузоподъемность кабины, определяемая по фактической величине площади пола при ее свободном заполнении (табл.1. ПУБЭЛ) [44]:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{с}} . \tag{8.31}$$

Для лифтов остальных типов расчетная нагрузка определяется при 10% перегрузке:

$$Q_{\text{р}} = 1{,}1 \cdot Q . \tag{8.32}$$

Расчетное ускорение торможения кабины (противовеса) ловителями плавного торможения не должно превышать 25 м/с^2.

Для быстро действующих ловителей резкого торможения без амортизирующих устройств допускается более высокий уровень ускорения (до 30 – 35 м/с^2), если время торможения не превышает 0,04 с.

Величина начальной скорости посадки на ловители определяется верхним пределом скорости настройки ограничителя:

$$V_{\text{н}} = V_{\text{п}} = K_{\text{п}} \cdot V , \tag{8.33}$$

где V – номинальное значение скорости кабины (противовеса), м/с^2; $V_{\text{п}}$ – предельное наибольшее значение скорости посадки на ловители, м/с^2; $K_{\text{п}}$ – коэффициент предельного превышения скорости, определяемого настройкой ограничителя скорости.

Верхний предел настройки определяется ПУБЭЛ в зависимости от величины номинальной скорости движения кабины: $K_{\text{п}}$ = 1,4 при номинальной скорости от 0,5 до 1,6 м/с включительно; $K_{\text{п}}$ = 1,33 при номинальной скорости более 1,6 м/с, до 4 м/с включительно; $K_{\text{п}}$ = 1,25 при номинальной скорости более 4 м/с.

Фактическое значение начальной скорости посадки на ловители зависит от величины начального ускорения кабины (противовеса) и конструктивных особенностей ограничителя скорости.

Величина начального ускорения кабины (противовеса) к моменту достижения предельной скорости зависит от характера аварийной ситуации.

При обрыве канатной подвески и свободном падении кабины величина начального ускорения

$$a_{\text{н}} = g = 9{,}81 \text{ м/с}^2. \tag{8.34}$$

При аварийном разрыве кинематической цепи между КВШ и приводом

$$a_{\text{н}} = \frac{1{,}1 \cdot Q + Q_{\text{к}} - Q_{\text{п}}}{1{,}1 \cdot Q + Q_{\text{к}} + Q_{\text{п}}} \cdot g . \tag{8.35}$$

При применении ограничителя скорости, в котором стопорение шкива производится жесткими упорами, величина начальной скорости зависит от числа упоров и показателя четности

$$V_{н} = V_{п} + \sqrt{2 \cdot a_{н} \cdot h_{х}}\ , \qquad (8.36)$$

где $h_{х}$ - дополнительное вертикальное перемещение кабины на расстояние, определяемое выбором зазоров между направляющей и тормозными башмаками ловителя, а также, расстоянием между неподвижными упорами ограничителя.

Величина этого дополнительного перемещения определяется расчетом

$$h_{х} = \frac{2 \cdot \delta}{\mathrm{tg}\alpha} + \frac{\pi \cdot D_{0}}{m \cdot n}, \text{ м}, \qquad (8.37)$$

где δ - величина одностороннего зазора между поверхностью направляющей и тормозным башмаком ловителя, м ($\delta = 2{,}5$ мм для клиновых ловителей); α - угол заострения клина ловителя, гр.(см. п.8.1); n - число неподвижных упоров на корпусе ограничителя центробежного типа или число упоров на шкиве ограничителя скорости с инерционным роликом; m - коэффициент четности ($m = 1$, если n - число четное и $m = 2$, если не четное); D_{0} - диаметр рабочего шкива ограничителя скорости, м.

Уравнение энергии движения кабины (противовеса) при посадке на ловители

$$\frac{m_{л} \cdot \left(V_{н}^{2} - V_{к}^{2}\right)}{2} + m_{л} \cdot g \cdot S_{т} = K \cdot R \cdot S_{т}\ , \qquad (8.38)$$

где $m_{л}$ - улавливаемая масса кабины (противовеса), кГ; R - тормозная сила ловителей, Н; K - коэффициент, учитывающий зависимость тормозной силы от пути торможения (при линейном законе нарастания тормозной силы $K = 0{,}5$, при постоянной величине тормозной силы $K = 1$); $S_{т}$ - путь торможения кабины.

Из уравнения энергии можно определить формулу расчета тормозной силы

$$R = \frac{m_{л}}{K} \cdot \left(g + \frac{V_{н}^{2}}{2 \cdot S}\right), \qquad (8.39)$$

где $\frac{V_{н}^{2}}{2 \cdot S} = a$ – ускорение замедления движения улавливаемой массы, м/с^2.

Преобразуем уравнение 8.39 в форму более удобную для применения

$$R = \frac{m_{л} \cdot g}{K} \cdot \left(1 + \frac{a}{g}\right) = \frac{m_{л} \cdot g}{K} \cdot K_{д}\ , \text{ Н}. \qquad (8.40)$$

Коэффициент динамичности изменения тормозной силы

$$K_{д} = 1 + \frac{a}{g}\ . \qquad (8.41)$$

Величина коэффициента динамичности учитывается при прочностном расчете каркаса кабины и направляющих, а также определяется в поверочном расчете при оценки работоспособности существующей конструкции ловителя при его установке на лифте с другими параметрами.

Максимальная величина коэффициента динамичности определяется величиной допустимого ускорения посадки на ловители, установленной требованиями ПУБЭЛ и составляет $K_д = 3,5$.

Для лифтов со скоростью движения кабины не более 1,4 м/с можно настраивать ловители на ускорения ниже допустимого предельного уровня так, чтобы максимальный тормозной путь лежал в диапазоне 450 - 750 мм. При этом повысится плавность аварийного замедления кабины, что особенно важно для лифтов медицинских учреждений.

Рассмотренные выше аналитические зависимости широко используются при расчете ловителей плавного торможения с детерминированным характером изменения тормозящей силы или предварительно установленным предельным уровнем.

При проектировании и поверочном расчете ловителей резкого торможения возникают трудности при определении величины тормозного пути и ускорения торможения. Связано это с двумя основными причинами: 1) на всем пути замедления кабины (противовеса) тормозная сила и сила нормального давления, действующая на тормозную колодку, связаны функциональной зависимостью, которая характеризуется быстрым ростом силы нормального давления при увеличении тормозящей силы; 2) величина тормозной силы определяется в значительной мере силой сопротивления пластической деформации направляющей, чем величиной коэффициента трения, и в некоторой степени зависит от податливости металлоконструкций несущего каркаса кабины (противовеса).

В связи с этим, применяемая в настоящее время методика расчета ловителей резкого торможения в значительной мере основана на эмпирических зависимостях, тогда как для ловителей плавного торможения применяется аналитический метод расчета.

Расчет ловителей резкого торможения [2, 5, 29, 52]

Ловители резкого торможения обычно устанавливаются на грузовых лифтах при скорости кабины 0,25, 0,5 м/с и реже в пассажирских лифтах при номинальном значении скорости 0,71 м/с.

Эксцентриковые ловители устанавливаются на кабинах малых грузовых лифтов.

Чаще применяется двусторонний клиновой ловитель с крупными зубьями.

Клин ловителя может изготавливаться из стали 25 с цементацией и последующей закалкой зубьев до твердости 600 НВ. Опорная колодка клина изготавливается из серого чугуна типа СЧ-28-48.

Экспериментальные исследования работы различных конструкций ловителей резкого торможения, выполненные ВНИИПТМАШ, позволили установить эмпирические зависимости для расчета величины максимального ускорения замедления кабины (противовеса), учитывающие форму поверхности тормозящих элементов.

Опыт применения ловителей резкого торможения показал, что приведенная величина коэффициента трения может изменяться от 0,16 до 0,35 и выше, тогда как глубина следа пластической деформации поверхности направляющей может достигать 1 мм [29]. Характер следа пластической деформации зависит от конструкции улавливающего устройства. Более четкая картина следа отмечается при работе клиновых ловителей с крупным зубом.

С учетом вышеизложенных соображений расчет ловителей резкого торможения можно производить двумя способами. Первый целиком базируется на исследованиях ВНИИПТМАШ, а второй на учете сопротивлений пластическому деформированию направляющей [5].

Расчет на основе экспериментально-теоретических исследований НИИПТМАШ имеет более широкий спектр применения, так как позволяет учесть форму тормозной поверхности клиньев ловителя: гладкая, с насечкой и с крупными зубьями.

Экспериментально-теоретический метод расчета ловителей резкого торможения.

1) Определяется предельная величина угла заострения клиньев ловителя из условия самозатягивания (п.8.1).

При отсутствии роликовой батареи на задней наклонной поверхности клина и коэффициенте трения скольжения $\mu_н = 0{,}12$ угол заострения $\alpha = 10°$. Для обеспечения запаса надежности процесса самозатягивания, принимается несколько меньшее значение угла клина $\alpha = 9°30'$.

2) Максимальное ускорение замедления определяется по эмпирической формуле

$$a = A \cdot (V_н - \gamma), \text{ м/с}^2, \tag{8.42}$$

где A - коэффициент, зависящий от угла заострения клина (при $\alpha = 8 \div 11°$, величина $A = 45 \div 50$; а при $\alpha = 9°30'$ $A = 47 \div 48$); γ - коэффициент, зависящий от формы тормозящей поверхности (при гладкой поверхности средняя величина $\gamma = 0{,}13$, а для крупного зуба $\gamma = 0{,}185$).

3) Величина тормозной силы ловителей

для кабины: $R = (Q_р + Q_к + Q_{пк} + Q_у) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a}{g}\right)$, Н; (8.43)

для противовеса: $R = (Q_п + Q_у) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a}{g}\right)$, Н,

где $(Q_р + Q_к + Q_{пк} + Q_у)$, кГ - масса кабины с расчетной нагрузкой ($Q_р = Q_с$ для лифтов со свободным заполнением кабины пассажирами или $Q_р = 1{,}1 \cdot Q$ - для лифтов остальных типов); $(Q_п + Q_у)$ - масса противовеса с присоединенной массой уравновешивающих гибких элементов (при его верхнем положении).

4) Расчетная тормозная сила ловителя с учетом неравномерности нагрузки ловителей

$$R_л = \frac{R \cdot K_н}{2}, \text{ Н}, \tag{8.44}$$

где $K_н = 1{,}25$ - коэффициент неравномерности нагрузки ловителей, установленный экспериментальным путем [29].

5) Расчетная нормальная сила на один клин ловителя

$$N_л = \frac{R_л}{2 \cdot \operatorname{tg}\alpha}, \text{ Н}. \tag{8.45}$$

6) Расчетная ширина зуба клина из условия допускаемой линейной нагрузки с учетом неравномерности нагрузки зубьев

$$b = \frac{N_л}{K_z \cdot Z \cdot \sigma_z}, \text{ см}, \tag{8.46}$$

где $K_z = 0{,}75$ - коэффициент неравномерности нагрузки зубьев клина; Z - число зубьев клина (обычно 3 или 5); $\sigma_z = 12000$ Н/см - допускаемая нагрузка на единицу ширины зуба.

Высота зубьев составляет 3 - 5 мм, а угол при вершине - 90°.

Аналитический метод расчета клиновых ловителей резкого торможения был разработан автором данного раздела на основе экспериментов изучения формы следов пластической деформации на поверхности [5]. Данный метод в течении ряда лет излагается в дисциплине «ЛИФТЫ» на кафедре «Строительные и подъемно-транспортные машины» МГСУ (МИСИ) и успешно применяется в курсовом и дипломном проектировании.

В основе расчета лежит рассмотрение характера взаимодействия зуба с поверхностью направляющей в конце пути замедления (рис.8.8).

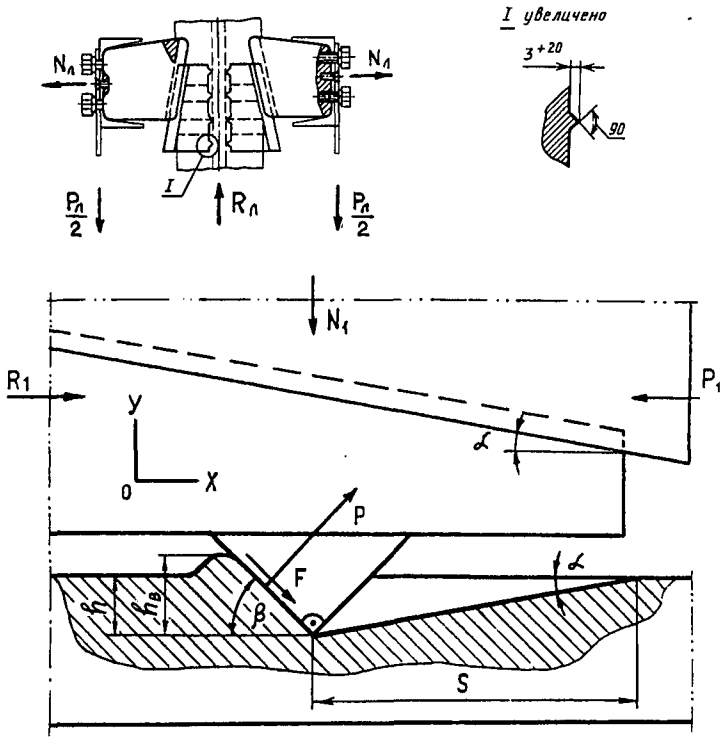


Рис.8.8. Схема к аналитическому методу расчета ловителя резкого торможения

На схеме приняты следующие обозначения – $N_л$, $R_л$ – сила нормального давления на балку кабины и тормозная сила ловителя; $P_л$ – сила, действующая на ловитель со стороны кабины; R_1 – тормозная сила одного зуба клина; P_1 – сила, действующая на зуб со стороны улавливаемой массы; N_1 – нормальное давление на зуб; P – сила сопротивления пластическому деформированию направляющей передней гранью зуба; F – сила трения пластически деформируемого материала направляющей относительно поверхности передней грани зуба.

В процессе самозатягивания клина, наклонная плоскость направляющей колодки играет роль механизма подачи, определяющего закон изменения глубины врезания зуба на протяжении тормозного пути кабины (противовеса). Происходит своеобразный процесс силового резания направляющей зубом клина.

Напряжения в материале направляющей достигают предела текучести, и зуб скользит по пластичному материалу.

Под действием, нормальной к передней грани зуба, силы сопротивления пластическому деформированию P возникает сила трения F.

Перед передней гранью зуба образуется небольшой валик пластичного материала, который увеличивает фактическую глубину погружения зуба до величины $h_в$, что приводит к небольшому возрастанию силы P и силы трения F.

Так как время торможения меньше 0,04 с, изменяются пластические свойства материала направляющей и предел текучести увеличивается примерно на 30%.

Коэффициент трения между передней гранью закаленного зуба и сталью в пластически деформируемом состоянии возрастает до величины $\mu = 0{,}16$, которая имеет место при холодной обработке стали резанием.

Сила сопротивления пластическому деформированию направляющей пропорциональна площади контактной поверхности передней грани зуба и величине динамического предела текучести

$$P = \sigma_т \cdot K_т \cdot b \cdot \frac{h_в}{\sin\beta} = \sigma_т \cdot K_т \cdot b \cdot \frac{h \cdot K_в}{\sin\beta}, \text{ Н}, \tag{8.46}$$

где $\sigma_т$ - величина предела текучести материала направляющей, Н/см^2 (для стали 20 $\sigma_т$ = 35000 Н/см^2); $K_т$ = 1,3 - коэффициент, учитывающий увеличение предела текучести при быстром изменении нагрузки; b, h - ширина зуба и глубина врезания, см; $K_в$ = 1,15 - коэффициент, учитывающий высоту валика деформации.

Величина тормозной силы одного зуба определяется суммой проекций, действующих на него сил, на ось направляющей

$$\sum X = 0; \quad R_1 = P \cdot \sin\beta + F \cdot \cos\beta = P \cdot (\sin\beta + \mu \cdot \cos\beta), \text{ Н}, \tag{8.47}$$

где $\mu = 0{,}16$ - величина коэффициента трения пластически деформируемого материала направляющей по передней грани зуба (по данным технологии резания металлов).

Тормозная сила одного ловителя

$$R_л = 2 \cdot Z \cdot K_z \cdot R_1, \text{ Н}, \tag{8.48}$$

где K_z = 0,75 - коэффициент, учитывающий неравномерность работы зубьев [52].

Нормальная распорная сила, действующая на конструкцию каркаса кабины или противовеса со стороны ловителя

$$N_л = \frac{R_л}{2 \cdot \operatorname{tg}\alpha}, \tag{8.49}$$

где α - угол заострения клина ловителя, гр.

В аварийном режиме посадки кабины (противовеса) на ловители ускорение замедления не должно превышать допустимой величины $[a]$.

Величина тормозной силы ловителей, при которой обеспечивается допустимый уровень ускорения замедления

кабины: $R = (Q_р + Q_к + Q_{п\cdot к} + Q_у) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{[a]}{g}\right)$, Н, (8.50)

противовеса: $R = (Q_п + Q_у) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{[a]}{g}\right)$, Н. (8.51)

Тормозная сила, приходящаяся на один ловитель при допустимом уровне ускорения замедления

$$R_л^{\text{А}} = \frac{R \cdot K_н}{2}, \text{ Н}, \tag{8.52}$$

где $K_н$ = 1,25 - коэффициент неравномерности распределения тормозной силы по ловителям.

Приравняем тормозную силу ловителя, полученную из условия пластического деформирования тормозной силе, гарантирующей допустимый уровень ускорения (8.48 и 8.52 с с учетом 8.50 или 8.51) и решим полученное уравнение относительно параметров клина

$$Z \cdot b \cdot h = \frac{R}{4 \cdot K_{в} \cdot K_{z} \cdot K_{н} \cdot K_{т} \cdot \sigma_{т} \cdot (1+\mu)}. \qquad (8.53)$$

Можно существенно упростить расчетную формулу, если учесть, что входящие в знаменатель коэффициенты имеют практически постоянные значения

$$Z \cdot b \cdot h = \frac{m \cdot g \cdot \left(1+\frac{[a]}{g}\right)}{6{,}503 \cdot \sigma_{т}}, \qquad (8.54)$$

где m - улавливаемая масса кабины (противовеса), кГ.; $\sigma_{т}$ - величина предела текучести материала направляющей, Н/см^2; Z - число зубьев клина; b, h - ширина зуба и глубина следа зуба на направляющей, см.

Величина, действующей на раму каркаса распорной силы ловителя

$$N_{л} = \frac{K_{т} \cdot K_{z} \cdot K_{в} \cdot (1+\mu) \cdot \sigma_{т}}{\operatorname{tg}\alpha} \cdot Z \cdot b \cdot h. \qquad (8.55)$$

Формулу 8.55 можно упростить с учетом постоянства входящих в нее коэффициентов

$$N_{л} = \frac{1{,}301 \cdot \sigma_{т}}{\operatorname{tg}\alpha} \cdot Z \cdot b \cdot h. \qquad (8.56)$$

Расчет распорной силы следует производить после уточнения параметров клина ловителя по формуле 8.54.

Полученные аналитические выражения позволяют определить один из параметров клина ловителя при заданных значениях двух других величин. Они могут применяться как при проектировании, так и при поверочном расчете существующей конструкции ловителей.

Пользуясь формулами 8.53 или 8.54, при известных параметрах клина, можно рассчитать глубину врезания зуба в направляющую или так подобрать параметры клина, чтобы глубина врезания зубьев не превышала допустимой (желаемой) величины. При этом следует учесть необходимость обеспечение условия контактной прочности заостренной части зуба

$$b \geq \frac{N_{л}}{Z \cdot K_{z} \cdot \sigma_{z}}, \text{ см}, \qquad (8.57)$$

где Z - число зубьев клина (обычно - 2, 3 или 5; следует принять число зубьев); σ_{z} = 12000 Н/см - допускаемая нагрузка на 1 см ширины зуба.

Расчет ловителей плавного торможения

Конкретная методика расчета определяется конструктивными особенностями ловителей.

В результате расчета определяются необходимые параметры упругого звена, при которых гарантируется допустимая величина ускорений замедления кабины (противовеса).

Рассмотрим методику расчета клещевых ловителей плавного торможения, разработанную ВНИИПТМАШ и до настоящего времени используемую в отечественной практике (рис.8.9).

На смену, применяемым пока, клещевым ловителям приходят более технологичные и простые конструкции ловителей, но методика их расчета в значительной мере аналогична.

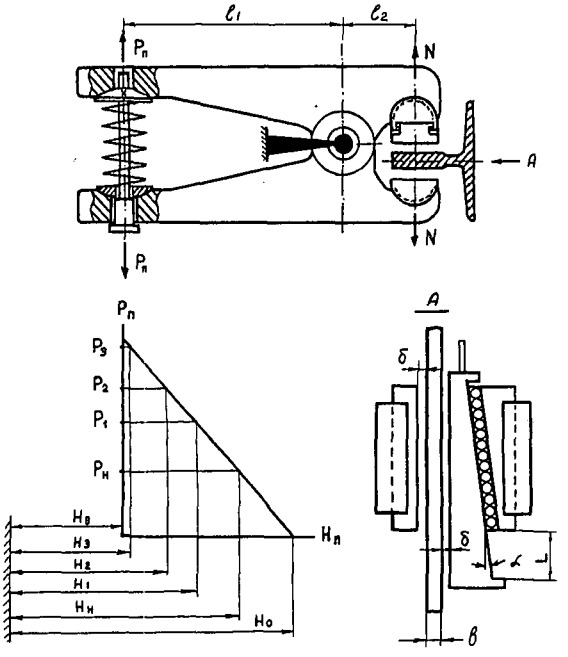


Рис.8.9. Расчетная схема клещевого ловителя

На схеме приняты следующие обозначения: $P_п$ – сила сжатия пружины; N – нормальная распорная сила; $P_н$ – начальное установочное усилие предварительного сжатия пружины; P_3 – предель-ная величина сжатия пружины почти до соприкосновения витков; P_2, P_1 – максимальное и минимальное значение расчетной силы сжатия пружины; H_0, $H_в$ – свободная длина ненагруженной пружины и длина при сжатии до соприкосновения витков; H_1, H_2, H_3 – длина пружины при фиксированных значениях силы сжатия; l_1, l_2 – длина плеч рычага; b – ширина головки направляющей; δ – величина расчетного зазора; L – величина вертикального хода клина; α – угол заострения клина.).

Предварительно рассмотрим характерные моменты работы клещевого ловителя.

В исходном состоянии пружина ловителя сжата до начальной установочной величины $P_н$, между тормозной колодкой, клином и направляющей установлены равные по величине зазоры δ.

При срабатывании ограничителя скорости, приводной механизм поднимает клин ловителя. При подъеме клина сначала выбираются зазоры до момента соприкосновения тормозной поверхности клина с направляющей. Начинается процесс самозатягивания клина между направляющей колодкой ловителя и направляющей. Возникшее при этом распорное усилие N начинает раздвигать короткие плечи рычагов включая в работу предварительно сжатую пружину.

В момент начала самозаклинивания сила нормального давления на клин и тормозную колодку станет равной величине

$$N_н = P_н \cdot \frac{l_1}{l_2}, \text{ Н}. \qquad (8.58)$$

Дальнейший подъем клина, в пределах рабочего хода L, ограниченного упором, будет сопровождаться дополнительным сжатием пружины до некоторой конечной

величины $P_к$, при которой сила нормального давления достигнет своего предельного значения

$$N_к = P_к \cdot \frac{l_1}{l_2}, \text{ Н}. \tag{8.59}$$

Дальнейшее движение кабины (противовеса) будет сопровождаться действием постоянной по величине тормозной силы

$$R = 2 \cdot N_к \cdot n_т \cdot \mu, \text{ Н}, \tag{8.60}$$

где $n_т$ – число тормозящих поверхностей ловителя; μ – коэффициент трения между тормозящей поверхностью ловителя и направляющей.

Со стороны улавливаемой массы m будет действовать сила, равная тормозной силе ловителей

$$R = m \cdot (g + a), \tag{8.61}$$

где a – ускорение замедления кабины (противовеса), м/с^2.

Величина ускорения замедления будет определяться тормозной силой ловителей

$$a = \frac{R - m \cdot g}{m}, \text{ м/с}^2. \tag{8.62}$$

Величина ускорения торможения не должна превосходить допустимой величины, определяемой требованиями ПУБЭЛ.

Так как тормозная сила ловителей определяется усилием пружины, обеспечение допустимого уровня ускорений определяется величиной предварительного сжатия пружины и ее жесткости.

Расчет ловителей клещевого типа производится при следующих исходных данных: максимальное и минимальное значение улавливаемой массы m_{max}, m_{min}; допускаемая величина ускорения замедления $[a]$; геометрические характеристики ловителя: l_1, l_2, α, δ, b; величина коэффициента трения между тормозной колодкой и направляющей μ.

Порядок расчета клещевых ловителей плавного торможения несколько изменен, так как в последнем варианте редакции ПУБЭЛ не регламентируется допустимое значение максимальной и минимальной величины тормозного пути [44].

1) Определяется расчетное значение величины ускорения замедления с учетом назначения лифта и требований ПУБЭЛ

$$a \le [a], \text{ м/с}^2. \tag{8.63}$$

2) Определяется общая величины тормозной силы ловителей

$$R = m_{min} \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a}{g}\right), \text{ Н}. \tag{8.64}$$

3) Расчет максимального и минимального значения тормозной силы проводится на основании опыта проектирования. Для клещевых ловителей расчетное отклонение величины тормозной силы составляет 12%, тогда с учетом этого, минимальное и максимальное значение тормозной силы составит

$$R_{max} = 1{,}12 \cdot R, \text{ Н}; \; R_{min} = 0{,}88 \cdot R, \text{ Н}. \tag{8.65}$$

4) Расчетные ускорения при максимальном и минимальном значении тормозной силы

$$a_{max} = g \cdot \left(\frac{R_{max}}{m_{min} \cdot g} - 1 \right), \text{ м/с}^2, \tag{8.66}$$

$$a_{min} = g \cdot \left(\frac{R_{min}}{m_{max} \cdot g} - 1 \right), \text{ м/с}^2. \tag{8.67}$$

Если ускорения не превышают предельного допустимого значения, расчет следует продолжить. Если нет, необходимо вернуться к позиции 1 и задаться меньшим значением величины расчетного ускорения.

5) Определяется максимальное и минимальное значение нормальной распорной силы $N_{max} = \frac{R_{max}}{4 \cdot \mu}$, Н; $N_{min} = \frac{R_{min}}{4 \cdot \mu}$, Н. (8.68)

6) Определяется максимальное и минимальное значение рабочего усилия пружины (рис.8.9) $P_{max} = P_2 = \frac{N_{max} \cdot l_2}{l_1}$, Н; $P_{min} = P_1 = \frac{R_{min} \cdot l_2}{l_1}$, Н. (8.69)

7) Максимальный и минимальный ход сжатия пружины

$$H_{max} = H_2 = \left[L \cdot \text{tg}\alpha - 2 \cdot \delta - 2 \cdot \Delta\delta - \Delta b \right] \cdot \left(1 - K_{min} \right) \cdot \frac{l_1}{l_2}, \text{ мм}, \tag{8.70}$$

$$H_{min} = H_1 = \left[L \cdot \text{tg}\left(\alpha + \Delta\alpha \right) - 2 \cdot \delta \right] \cdot \left(1 - K_{max} \right) \cdot \frac{l_1}{l_2}, \text{ мм}, \tag{8.71}$$

где $\Delta\delta = 0{,}1$ мм - допуск на величину зазора между клином и направляющей; $\Delta b = 0{,}2$ мм - допуск на величину ширины головки направляющей; $\delta = 2$, мм - расчетное значение величины зазора между клином (тормозной колодкой) и направляющей; α - угол заострения клина (типовое значение угла 5°30′); $\Delta\alpha = 0°15'$ - допуск на величину угла заострения клина; $K_{min} = 0{,}25$, $K_{max} = 0{,}35$ -коэффициенты, учитывающие выбор зазоров в шарнире (по рекомендациям ВНИИПТМАШ); l_1, l_2 - длина короткого и длинного плеча рычага, мм (типовые значения: $l_1 = 250 \div 300$ мм, $l_2 = 80 \div 108$ мм).

8) Расчетная жесткость пружины

$$C = \frac{P_{max} - P_{min}}{H_{max} - H_{min}}, \text{ Н/мм}. \tag{8.72}$$

9) Выбор пружины по величине расчетной жесткости и предельному усилию сжатия (по таблицам ГОСТ) с учетом условия

$$C_т \le C, \tag{8.73}$$

где $C_т$ - жесткость, выбранной по таблице пружины, Н/мм.

10) Минимальное значение усилия пружины, при котором будут срабатывать ловители

$$P_{2min} = P_{max} - \left(H_{max} - H_{min} \right) \cdot C_т, \text{ Н}. \tag{8.74}$$

11) Установочное усилие предварительного сжатия пружины

$$P_н = P_{max} - C_т \cdot H_{max}, \text{ Н}. \tag{8.75}$$

12) Расчет выбранной пружины на прочность традиционными методами.

ГЛАВА 9

ОГРАНИЧИТЕЛЬ СКОРОСТИ

9.1. Назначение, классификация и общие требования

Ограничитель скорости представляет собой автоматическое устройство, предназначенное для приведения в действие ловителей при аварийном превышении скорости движения кабины (противовеса) вниз [2, 29].

Согласно требованиям ПУБЭЛ ограничитель скорости должен срабатывать, если скорость движения кабины вниз превысит номинальную не менее чем на 15% и не более чем: а) на 40% для лифтов с номинальной скоростью кабины от 0,5 до 1,6 м/с включительно; б) на 33% при номинальной скорости более 1,6 м/с до 4 м/с включительно; в) на 25% при номинальной скорости более 4 м/с; г) до 0.7 м/с для лифта с номинальной скоростью менее 0,5 м/с.

При установке ловителей на противовесе ограничитель скорости может срабатывать при скорости, превышающей предельную величину, установленную для кабины, на 10%.

Соответствие настройки ограничителя установленному диапазону срабатывания проверяется при равномерном вращении шкива с установленными ПУБЭЛ скоростями.

Срабатывание ограничителя скорости должно приводить к включению ловителей.

Ограничитель скорости должен иметь устройство для проверки его работоспособности при движении кабины (противовеса) с номинальной скоростью.

Ограничитель скорости, у которого усилие включения ловителей создается только за счет сил трения между канатом и шкивом, должен иметь устройство для проверки достаточности силы трения.

В лифтах с приводом постоянного тока ограничитель должен иметь выключатель, контролирующий его срабатывание.

Ограничитель, приводящий в действие ловители противовеса, должен контролироваться выключателем.

Канат ограничителя скорости должен иметь натяжное устройство, контролируемое выключателем.

Ограничитель скорость должен быть отрегулирован и опломбирован предприятием изготовителем и снабжен табличкой с указанием наименования предприятия, заводского номера, года изготовления, номинальной скорости лифта и скорости срабатывания.

Ограничители скорости, независимо от конструктивного исполнения, состоят из шкива, охватываемого бесконечным канатом, имеющим жесткую кинематическую связь с приводным механизмом ловителей. Натяжение каната обеспечивается специальным натяжным устройством в приямке шахты.

Со шкивом ограничителя скорости связано механическое устройство, автоматически затормаживающее канат при аварийном превышении скорости.

Классификация ограничителей скорости

По принципу действия: центробежного типа и с инерционным роликом.

По расположению оси вращения устройства, контролирующего превышение скорости: с вертикальным и с горизонтальным расположением оси вращения.

Согласно ПУБЭЛ ограничитель скорости может быть установлен в машинном или блочном помещении; в шахте, на кабине или на противовесе.

Схема установки ограничителя скорости с горизонтальной осью вращения представлена на рис.9.1. Ограничитель установлен на опорной раме, закрепленной на полу машинного помещения. На канате ограничителя вверху и внизу шахты закреплены упоры для привода концевого выключателя *3*, контролирующего переподъем и переопускание кабины (противовеса) лифта.

При переподъеме кабины упор *6*, поднимаясь вверх, действует на правое плечо рычага *4*, который посредством кулачка отводки *5* вызывает срабатывание концевого выключателя. Аналогичным образом контролируется переопускание кабины, но с помощью упора *7*.

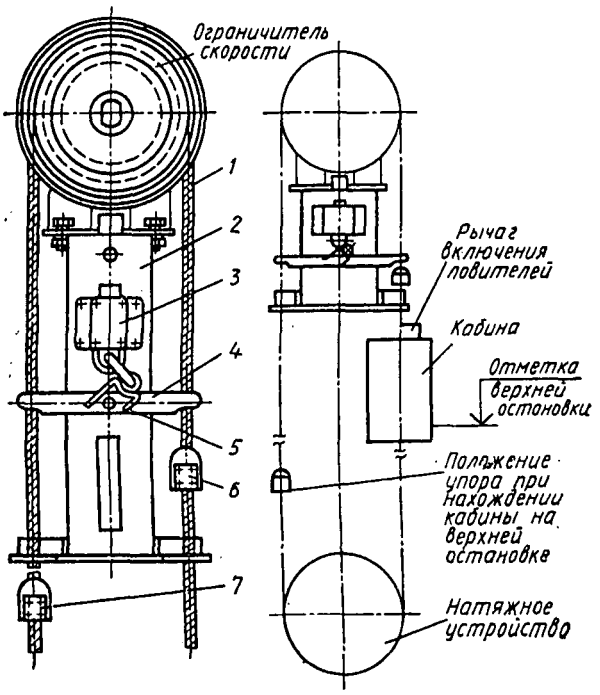


Рис.9.1. Схема установки и взаимодействия ограничителя скорости с ловителями

1 – канат ограничителя; *2* – опорная рама; *3* – концевой выключатель; *4* – рычаг; *5* – отводка ролика; *6*, *7* – упор

Надежная работа системы ограничителя скорости требует поддержания каната в натянутом состоянии, при котором гарантируется достаточная величина силы трения между канатом и ободом шкива ограничителя. Для этого в приямке шахты устанавливается грузовое натяжное устройство (рис.9.2).

Концевой выключатель *4* контролирует чрезмерную вытяжку или обрыв каната. При установке концевого выключателя учитывается опускание блока *3* вниз при переброске каната с рабочего на контрольный шкив.

Расчет параметров натяжного устройства рассмотрен выше. Диаметр блока ограничителя принимается равным диаметру рабочего шкива. Диаметр каната определяется из условия прочности и обычно составляет 6 – 10 мм (см. раздел 8.2).

Конструкция и расчет ограничителей скорости различного принципа действия требуют специального рассмотрения.

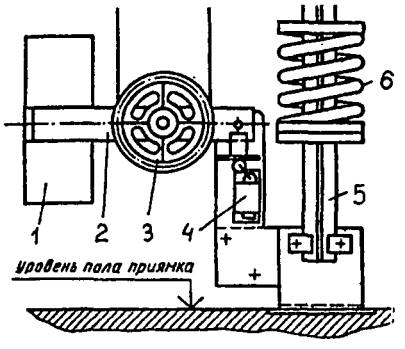


Рис.9.2. Схема установки натяжного устройства каната ограничителя скорости

1 – груз, *2* – рычаг, *3* – блок, *4* – концевой выключатель, *5* – направляющая кабины, *6* – пружинный буфер

6*

9.2. Конструкция и расчет ограничителя скорости центробежного типа с горизонтальной осью вращения

Существует несколько модификаций конструкции ограничителей этого типа.

В качестве примера рассмотрим устройство ограничителя скорости с горизонтальной осью вращения (рис.9.3).

Основу конструкции составляет шкив *11*, на задней стороне которого закреплены пальцы *9*, на которых установлены грузы *6* центробежного устройства. Грузы шарнирно связаны между собой тягой *4*, на которой установлена предварительно сжатая пружина *3*. Пружина сжата гайками *5* относительно упора *2* с отверстием для прохода тяги *4*.

На внутренней цилиндрической поверхности корпуса установлены неподвижные упоры *7* и подвижный упор *8*.

Благодаря наличию тяги *4*, синхронизирующей движение грузов в радиальном направлении, их силы тяжести оказываются уравновешенными и на работу ограничителя скорости влияния не оказывают.

При номинальной скорости движения кабины (противовеса) на грузы действуют центробежные силы P_c и сила предварительного сжатия пружины $P_п$. Сила сжатия пружины регулируется так, чтобы она уравновешивала центробежные силы грузов и обеспечивала гарантированный радиальный зазор δ между неподвижными упорами *7* и заостренными концами грузов при номинальной скорости кабины.

При аварийном превышении скорости растет число оборотов шкива ограничителя скорости, и центробежные силы начинают раздвигать грузы от центра к неподвижным упорам *7* до момента их сцепления.

Шкив останавливается и его обод тормозит канат, связанный с приводным механизмом ловителей. Если сила трения между канатом и ободом больше силы сопротивления включению ловителей (см. п.8.2), они сработают и остановят кабину. Если сила трения недостаточна, включение ловителей не произойдет.

Возможны две причины недостаточности силы трения: уменьшение тяговой способности рабочего шкива ограничителя в результате износа канавки; обрыв или уменьшение натяжения каната ограничителя скорости.

При аварийном превышении скорости ограничитель может не сработать при повышенном сопротивлении в шарнирах подвески грузов или неправильной настройке пружины.

Реальная возможность нарушения работы ограничителя скорости делает необходимым применение средств контроля его работоспособности.

Для проверки правильности настройки ограничителя на расчетную скорость срабатывания применяется контрольный шкив меньшего диаметра. Обычно диаметр контрольного шкива имеет такую величину, чтобы при переброске на него каната, частота вращения увеличивалась бы более чем на 15%, но не больше предельного значения, установленного ПУБЭЛ.

Проверка надежности сцепления каната с ободом ограничителя скорости производится посредством подвижного упора *8*.

На упор *8* следует нажать при движении кабины вниз с номинальной скоростью. Если исправные ловители сработают, сила сцепления имеет достаточную величину. В противном случае следует выяснить причину нарушения и устранить ее.

Если велик износ рабочего шкива, следует заменить ограничитель скорости на заведомо исправный и проверить его работоспособность аналогичным способом.

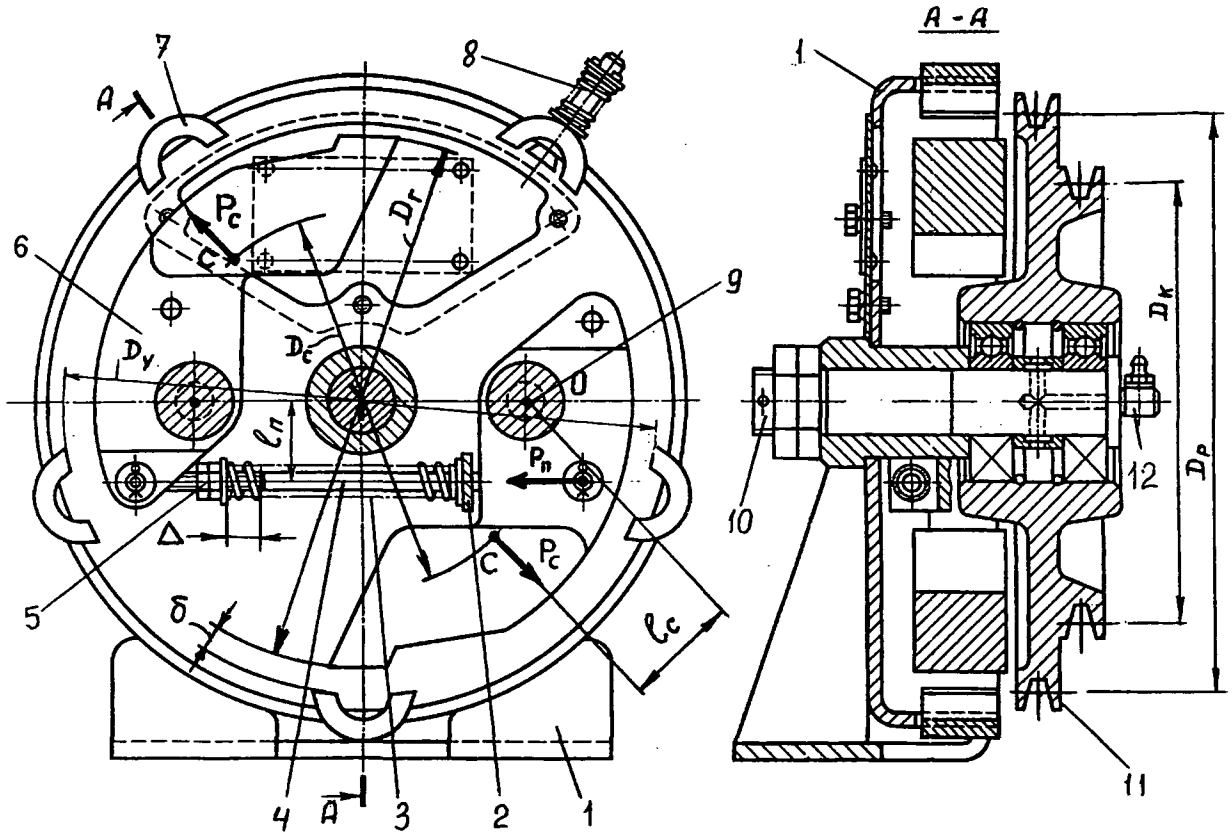


Рис.9.3. Ограничитель скорости центробежного типа с горизонтальной осью вращения
1 – корпус, *2* – упор, *3* – пружина, *4* – тяга, *5* – гайки регулировочные, *6* – груз, *7* – упор неподвижный, *8* – упор подвижный, *9* – палец шарнира, *10* – ось, *11* – рабочий шкив, *12* – масленка

Расчет ограничителя скорости включает следующие этапы.

1. Определяются конфигурация, размеры и масса грузов на основе опыта проектирования.
2. Расчетом определяется положение центра масс груза (положение точки *C*) по вычерченному в масштабе чертежу.
3. Производится расчет величины центробежной силы, действующей на груз при номинальном и предельном значении скорости кабины (противовеса), с учетом начального и конечного положения груза.

Величина центробежной силы
при номинальной скорости

$$P_c^н = m \cdot \frac{D_c^н}{2} \cdot \omega_н^2 = m \cdot \frac{2 \cdot D_c^н \cdot V^2}{D_р^2}, \text{ Н}, \qquad (9.1)$$

при предельной скорости

$$P_c^п = m \cdot \frac{2 \cdot D_c^п \cdot V_п^2}{D_р^2}, \text{ Н}, \qquad (9.2)$$

где m – масса груза, кГ; $\omega_н$ – угловая частота вращения шкива ограничителя скорости, р/с; V, $V_п$ – номинальная и предельная величина скорости кабины, м/с; $D_c^н$, $D_c^п$ – диаметр окружности положения центра масс груза при номинальной и предельной частоте вращения шкива, м; $D_р$ – диаметр рабочего шкива ограничителя скорости, м.

4) Из условия равновесия груза определяется усилие сжатия пружины

$$\sum M = 0;\ 2 \cdot P_c \cdot l_c - P_п \cdot l_п = 0;\ P_п = \frac{2 \cdot P_c \cdot l_c}{l_п}, \text{ Н}. \qquad (9.3)$$

5) На основании зависимости 9.3 получим
при номинальной скорости

$$P_п^н = \frac{2 \cdot P_c^н \cdot l_c^н}{l_п^н}, \text{ Н}, \qquad (9.4)$$

при предельной скорости

$$P_п^п = \frac{2 \cdot P_c^п \cdot l_c^п}{l_п^п}, \text{ Н}, \qquad (9.5)$$

где $l_c^н$, $l_c^п$ – плечо центробежной силы относительно шарнира при номинальной и предельной скорости, м; $l_п^н$, $l_п^п$ – плечо силы сжатия пружины при номинальной и предельной скорости, м.

6) Проверяется возможность преодоления сил трения в шарнирах механизма.
Должно выполнятся условие

$$P_п^п - P_п^н > 2 \cdot F_т, \text{ Н}, \qquad (9.6)$$

где $F_т = (0{,}02 \div 0{,}03) \cdot m \cdot g$ – приведенная к пружине сила сопротивления, определяемая действием сил трения в шарнирах центробежного механизма.

Если условие 9.6 не выполняется, необходимо увеличить частоту вращения шкива за счет дополнительного передаточного механизма или уменьшением диаметра рабочего шкива до величины не менее $30d$, где d - диаметр каната.

7) Определяется деформация сжатия пружины Δ, соответствующая радиальному перемещению зуба груза от исходного положения, при номинальной скорости до предельного, когда он сцепляется с упором. Для этого необходимо вычертить груз в масштабе в двух положениях и измерить величину Δ.

8) Жесткость пружины определяется по формуле

$$C = \frac{P_{\text{п}}^{\text{п}} - P_{\text{п}}^{\text{н}}}{\Delta}. \qquad (9.7)$$

9) По таблице ГОСТ подбирается пружина и рассчитывается на прочность.

9.3. Конструкция и расчет ограничителя скорости с инерционным роликом

Конструкция ограничителя скорости с инерционным роликом давно применяется в зарубежной практике. Такими ограничителями оборудуются лифты фирмы КОНЕ (Финляндия), ОТИС (США) и других производителей лифтов. В нашей стране они не применялись, так как ПУБЭЛ требовал наличия контрольного шкива, который в этой конструкции отсутствовал. В настоящее время положение меняется в связи с развитием рыночной экономики и расширением сферы использования лифтов зарубежных фирм.

Конструкция ограничителя отличается простотой, удобством доступа ко всем его частям и надежностью работы. Ее основу составляет шкив, свободно вращающийся на оси, закрепленной в опорной раме. На задней стороне шкива имеется четырехгранник со скругленными вершинами, по поверхности которого катится тяжелый ролик с резиновым ободом.

Устройство и принцип действия ограничителя наглядно демонстрируется его расчетной схемой (рис.9.4). На расчетной схеме приняты следующие обозначения: $P_{\text{р}}$, $P_{\text{и}}$ - сила тяжести и сила инерции ролика, направление которой определяется фазой колебания ролика; $P_{\text{п}}$ - сила сжатия пружины; $l_{\text{у}}$, $l_{\text{п}}$, $l_{\text{р}}$ - постоянные расстояния от оси рычага; $l_{\text{т}}$ - плечё силы тяжести ролика от оси вращения рычага; r_1, r_2 - максимальное и минимальное значение радиуса положения ролика на поверхности четырехгранника; $l_{\text{н}}$, $\Delta_{\text{п}}$ - длина пружины в состоянии начального сжатия и упругое ее сжатие, соответствующее моменту сцепления зуба рычага с упором шкива; $S_{\text{р}}$, $V_{\text{р}}$, $a_{\text{р}}$ - график перемещения, скорости и ускорения ролика при кинематических колебаниях; t - текущее значение времени колебательного процесса.

На рис.9.4 не показан концевой выключатель и кронштейн для проверки сил сцепления. Все остальные элементы в полной мере отражают особенности конструкции ограничителя скорости. Ее основу составляет шкив *1*, свободно вращающийся на оси, закрепленной в опорной раме *11*. На задней стороне шкива имеется четырехгранник *3* со скругленными вершинами, по поверхности которого катится тяжелый ролик *5* с резиновым ободом. Ролик установлен на конце равноплечего качающегося рычага *6*, противоположный конец которого выполнен в форме зуба *7*.

На торцевой части четырехгранного кулачка *3* имеются упоры *4* клиновидной формы, расположенные в одной плоскости с внутренним квадратом.

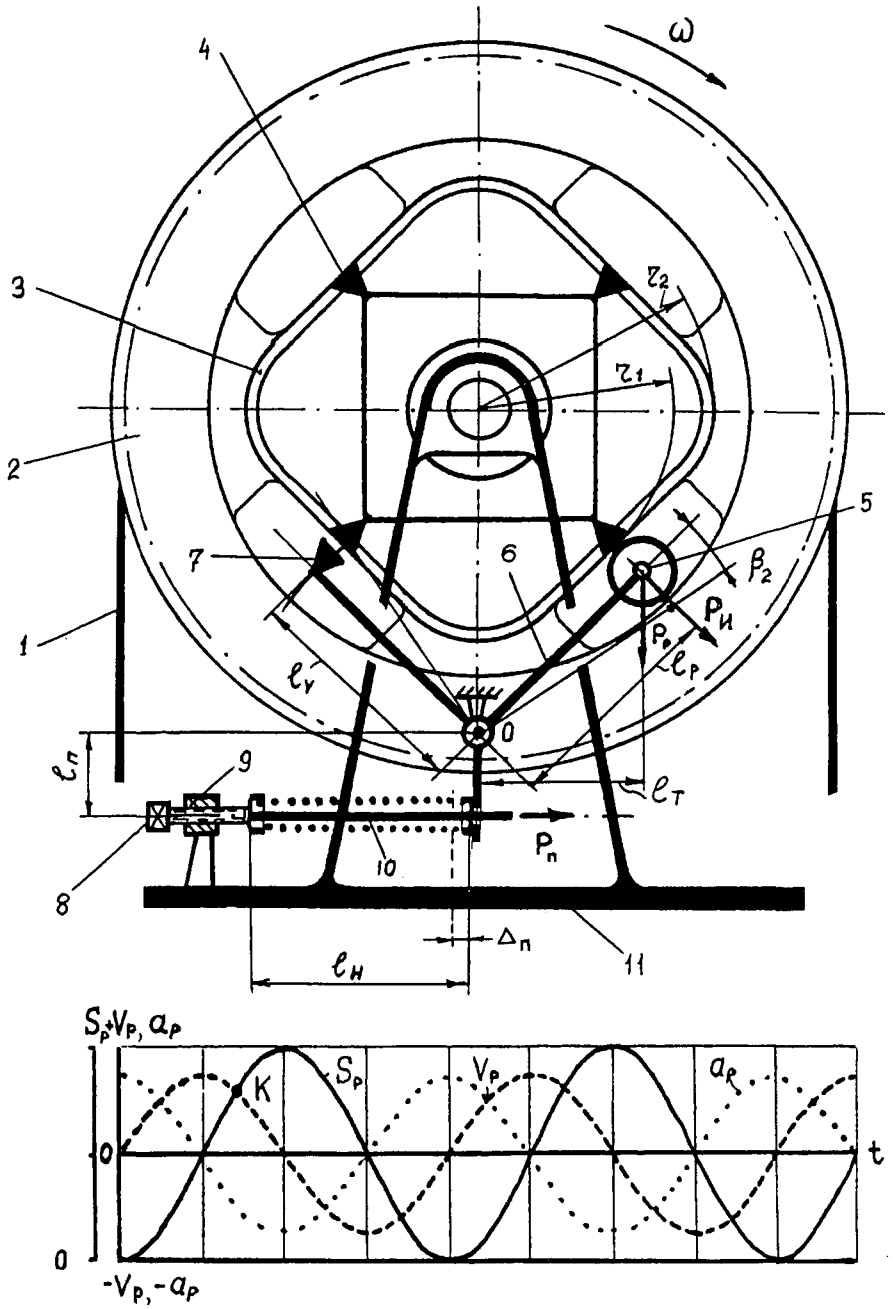


Рис.9.4. Расчетно-конструктивная схема ограничителя скорости с инерционным роликом
1 – канат, *2* – шкив, *3* – четырехгранный кулачек, *4* – упор, *5* – ролик, *6* – рычаг, *7* – зуб рычага, *8* – винт регулировки силы сжатия пружины, *9* – опора с резьбой, *10* – пружина с направляющим стержнем, *11* – опорная рама

Ролик прижимается к ободу квадратного кулачка усилием предварительно сжатой пружины *10* так, что при вращении шкива с номинальной скоростью он следит за его поверхностью, совершая вынужденные кинематические колебания относительно оси рычага. Сила начального натяжения пружины уравновешивает действие силы тяжести ролика и действие инерционной силы при номинальной частоте вращения.

При аварийном превышении скорости, под действием сил инерции, ролик *5* отрывается от поверхности кулачка и зуб *7* сцепляется с упором *4*, останавливая шкив.

Работа ограничителя контролируется выключателем, который приводится в действие в момент сцепления зуба *7* с упором *4*.

Контроль достаточности сил сцепления каната с ободом шкива ограничителя скорости осуществляется путем нажатия на специальный кронштейн, закрепленный на рычаге со стороны ролика. Зуб *7* сцепляется с упором *4* и останавливает шкив. Все происходит так, как и при нажатии на подвижный упор ограничителя скорости центробежного типа.

О принципе действия ограничителя можно судить по графикам, приведенным на схеме рис.9.4.

При равномерном вращении шкива ограничителя скорости ролик совершает кинематические колебания, перекатываясь по поверхности четырехгранника. Рычаг совершает угловые колебания относительно неподвижной точки *О*.

Благодаря скругленным вершинам четырехгранника закон изменения перемещения ролика близок к гармоническому и описывается формулой

$$S_{\text{р}} = A_0 \cdot \sin(4\omega t) = A_0 \cdot \sin \omega_p t \text{ , м,} \qquad (9.8)$$

где $\omega = 2V/D_{\text{р}}$ – угловая частота вращения шкива ограничителя скорости, р/с; $D_{\text{р}}$ – диаметр рабочего шкива ограничителя скорости, м; V – скорость движения кабины, м/с; $A_0 = (r_2 - r_1)/2$ – амплитуда колебаний ролика на рычаге, м.

Скорость колебаний ролика

$$V_{\text{р}} = \frac{d}{dt}\left(S_{\text{р}}\right) = A_0 \cdot \omega_{\text{р}} \cdot \cos \omega_{\text{р}} t = V_0 \cdot \cos \omega_{\text{р}} t \text{ м/с.} \qquad (9.9)$$

Ускорение колебаний ролика

$$a_{\text{р}} = \frac{d}{dt}\left(V_{\text{р}}\right) = -A_0 \cdot \omega_{\text{р}}^2 \cdot \sin \omega_{\text{р}} t = -a_0 \cdot \sin \omega_{\text{р}} t \text{ , м/с}^2. \qquad (9.10)$$

Тангенциальная сила инерции ролика имеет направление противоположное ускорению и определяется выражением

$$P_{\text{и}} = m \cdot a_0 \cdot \sin \omega_{\text{р}} t \text{ .} \qquad (9.11)$$

Рассмотрение приведенных зависимостей и соответствующих графиков позволяет установить, что максимальное значение силы инерции, отрывающей ролик от поверхности четырехгранника, имеет место в момент максимальной амплитуды перемещения ролика. Следовательно, сила предварительного сжатия пружины для номинальных оборотов шкива должна определяться для момента, когда ролик находится на вершине четырехгранника с учетом уравновешивания силы тяжести ролика. При этом, будем исходить из предположения, что плечи рычага взаимно уравновешены.

Силу предварительного сжатия пружины определим из уравнения равновесия рычага при амплитудном значении силы инерции

$$\sum M_0 = 0;\ P_{\text{п}}^{\text{н}} = \frac{P_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}} \cdot \cos(45° - \beta_2) + m \cdot a_0^{\text{н}} \cdot l_{\text{р}}}{l_{\text{п}}},\ \text{Н}, \qquad (9.12)$$

где $P_{\text{р}}$ – сила тяжести ролика, Н; β_2 – угловое перемещение рычага при перемещении ролика из исходного положения на плоской грани на вершину четырехгранника, гр.; $a_0^{\text{н}} = 2 \cdot (r_2 - r_1) \cdot V_{\text{н}}^2 / D_{\text{р}}^2$ – максимальная амплитуда ускорения при номинальной скорости движения кабины.

Сила сжатия пружины при предельной скорости движения кабины

$$P_{\text{п}}^{\text{п}} = \frac{P_{\text{р}} \cdot l_{\text{р}} \cdot \cos(45° - \beta_{\text{п}}) + m \cdot a_0^{\text{п}} \cdot l_{\text{р}}}{l_{\text{п}}},\ \text{Н}, \qquad (9.13)$$

где $\beta_{\text{п}} \approx \beta$ – угол отклонения рычага при предельном ускорении ролика, когда зуб касается грани внутреннего квадрата и скользит по ней до момента сцепления с упором (определяется из чертежа ограничителя скорости); $a_{\text{р}}^{\text{п}} = 2 \cdot (r_2 - r_1) \cdot V_{\text{п}}^2 / D_{\text{р}}^2$ – максимальное значение амплитуды ускорения при предельном значении скорости кабины, м/с^2.

Дополнительное сжатие пружины $\Delta_{\text{п}}$, при изменении инерционной силы от номинального до предельного значения, определяется из чертежа.

Момент отрыва ролика от поверхности четырехгранника, вероятно, будет соответствовать точке *K* графика изменения перемещения ролика, когда и инерционная сила и скорость ролика имеют одно направление. При этом величина инерционной силы и скорости будет составлять 0,707 максимальной величины амплитуды, а ролик не дойдет до вершины четырехгранника на 11°15′ угла поворота шкива.

Приведенные выше соображения могут быть положены в основу расчета ограничителя скорости с инерционным роликом.

По чертежу определить величину сжатия пружины $\Delta_{\text{п}}$, соответствующую изменению силы сжатия пружины от номинального до предельного значения.

Пружина подбирается и рассчитывается по жесткости:

$$C = \frac{P_{\text{п}}^{\text{п}} - P_{\text{п}}^{\text{н}}}{\Delta_{\text{п}}},\ \text{Н/мм}. \qquad (9.14)$$

9.4. Конструкция и расчет ограничителя скорости с вертикальной осью вращения

Рассмотренные выше ограничители скорости с жесткой системой стопорения шкива не могут применяться в скоростных лифтах из-за значительной динамики соударения жестких упоров.

Монопольное место в лифтах с повышенными скоростями движения заняла конструкция ограничителя скорости вертикального (шпиндельного) типа, с разделением функций контроля превышения скорости и торможения каната (рис.9.5).

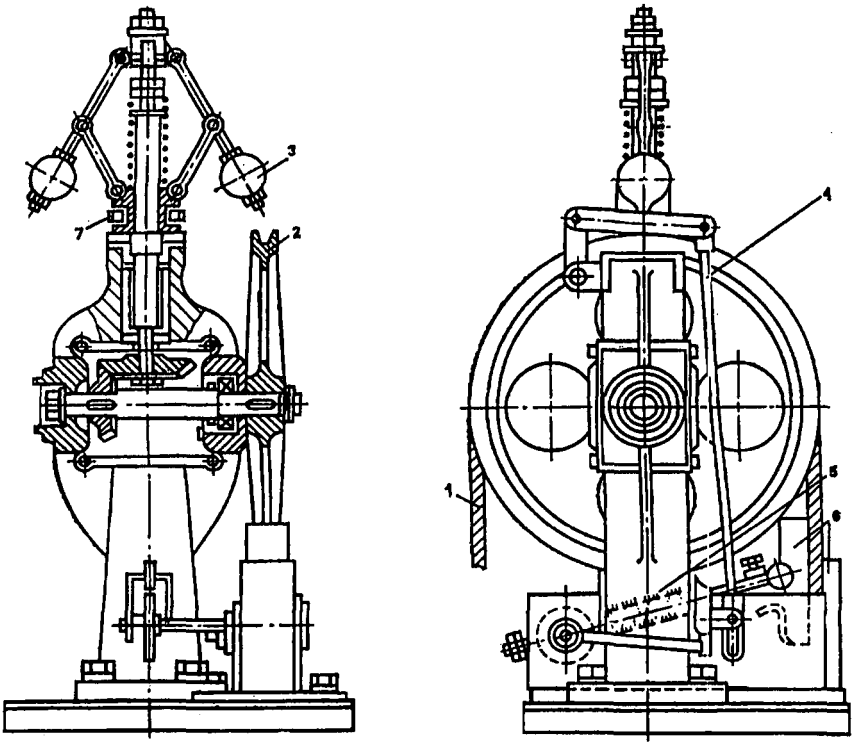


Рис.9.5. Ограничитель скорости с вертикальной осью вращения
1 – канат, *2* – шкив, *3* – груз центробежного устройства, *4* – тяга, *5* – пружина , *6* – колодки тормозные, *7* – муфта

Для передачи движения от горизонтального вала шкива *2* на вертикальный вал шпинделя используется коническая зубчатая передача.

При вращении шкива *2* с аварийным превышением скорости увеличивается величина центробежных сил, действующих на грузы *3*, которые расходятся в стороны от вертикальной оси вращения и поднимают вверх муфту *7*. Последняя посредством тяги *4* освобождает предварительно сжатую пружину *5* и тормозные колодки *6* сжимают канат *1*. Сила предварительного сжатия пружины определяется величиной силы торможения каната, необходимой для надежного включения ловителей.

Проверка работоспособности ограничителя производится воздействием на рычаг, освобождающий пружину и включающий механизм торможения каната.

На расчетной схеме представлен аналогичный вариант ограничителя скорости с вертикальной осью вращения центробежного устройства контроля аварийного превышения скорости (рис.9.6). В отличие от рассмотренной конструкции, торможение каната производится эксцентриковым механизмом с подпружиненной тормозной колодкой.

На схеме рис.9.6 приняты следующие обозначения: $P_г$ – сила тяжести груза, $P_с$ – центробежная сила, $P_п$ – сила сжатия пружины, S_1 – усилие в тяге.

В исходном положении, при движении кабины с номинальной скоростью, рычаг *12* прижат к упору пружиной шпинделя, защелка *14* удерживает эксцентрик от со-

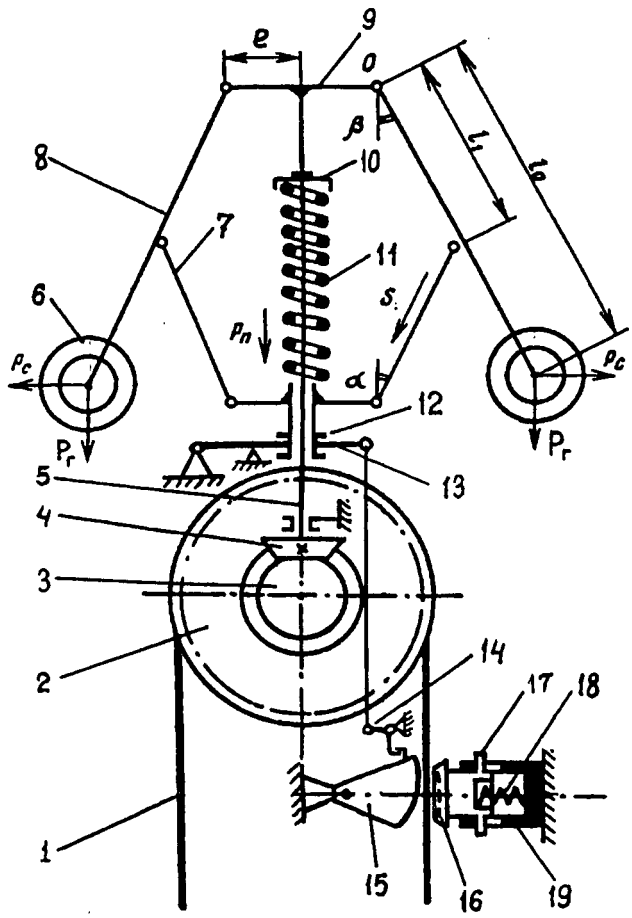


Рис.9.6. Расчетная схема ограничителя скорости с вертикальной осью вращения

1 – канат; *2* – шкив; *3*, *4* – зубчатые колеса; *5* – вертикальный вал (шпиндель); *6* – груз; *7* – тяга; *8* – рычаг; *9* – крестовина; *10* – опорная шайба и гайки регулировки пружины; *11* – пружина; *12* – муфта; *13* – рычаг привода эксцентрика; *14* – тяга; *15* – эксцентрик; *16* – защелка; *16* – колодка тормозная; *17* – упор; *18* – пружина тормозная; *19* – корпус тормозной колодки

прикосновения с канатом. Сила сжатия пружины *11* уравновешивает действие центробежных сил.

При аварийно превышении скорости грузы расходятся под действием возрастающего значения величины центробежных сил.

Муфта *12* поднимается вверх, увлекая за собой рычаг *12*, и тяга выключает защелку *14*, освобождая эксцентрик. Под действием силы тяжести эксцентрик поворачивается по часовой стрелке и включает механизм управляемого торможения каната. Сила торможения определяется регулировкой предварительного сжатия пружины *18*.

Расчет ограничителя скорости шпиндельного типа достаточно прост.

1) Определяются основные размеры центробежного устройства, число и масса грузов (число грузов – 2, 3, 4; масса – 1–3 кГ); параметры шкива и тормозного механизма.

2) Рассчитывается величина усилия в тяге подвески муфты на основе рассмотрения уравнений равновесия рычага *8*:

$$\sum M_0 = 0;\ P_г \cdot l_0 \cdot \sin\beta - P_c \cdot l_0 \cdot \cos\beta + S \cdot l_1 \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha + S \cdot l_1 \cdot \cos\beta \cdot \sin\alpha = 0\,, \quad (9.17)$$

откуда

$$S = \frac{l_0 \cdot (P_c \cdot \cos\beta - P_г \cdot \sin\beta)}{l_1 \cdot (\sin\beta \cdot \cos\alpha + \cos\beta \cdot \sin\alpha)}\,, \text{ Н}, \quad (9.18)$$

где $P_г$, P_c – величина силы тяжести груза и действующей на него центробежной силы, Н.

Величина центробежной силы определяется скоростью движения кабины

$$P_c = \frac{4 \cdot P_г \cdot V^2 \cdot U_р^2}{g \cdot D_р^2} \cdot \left(e + l_0 \cdot \sin\beta\right), \text{ Н}, \qquad (9.19)$$

где $D_р$ – диаметр рабочего шкива, м; $U_р$ – передаточное число ускорительной передачи ($U_р < 1$ – замедляющей).

По формулам 9.18 и 9.19 определяется усилие в тяге при номинальной и предельной скорости движения кабины: $S_н$, $S_п$.

3) Рассчитывается сила сжатия пружины при номинальной и предельной скорости движения кабины (противовеса).

Усилие пружины при номинальной скорости движения кабины (противовеса)

$$P_п^н = 2 \cdot S_н \cdot \cos\alpha; \quad P_п^п = 2 \cdot S_п \cdot \cos\alpha \text{ , Н}. \qquad (9.20)$$

4) Проверяется работоспособность ограничителя скорости по условию

$$P_п^п - P_п^н > F_1 + F_2 \text{ , Н}, \qquad (9.21)$$

где $F_1 \approx 0{,}02 \cdot P_г$ – приведенное значение сил трения в рычажной системе, Н;

$F_2 \approx (0{,}03 \div 0{,}04) \cdot P_г$ – приведенное значение сил сопротивления в механизме включения эксцентрика.

5) Жесткость пружины центробежного устройства

$$C = \frac{P_п^п - P_п^н}{\Delta} \text{ , Н/мм}, \qquad (9.22)$$

где Δ – вертикальное перемещение муфты *12*, соответствующее изменению силы сжатия пружины от $P_п^н$ до $P_п^п$ (принимаются в пределах от 5 до 10 мм).

6) Выбор пружины и расчет на прочность.

ГЛАВА 10

УПОРЫ И БУФЕРЫ

10.1. Назначение, классификация и общие требования

Упоры и буферы представляют собой устройства, устанавливаемые в приямке шахты, для амортизации и остановки движущейся вниз кабины (противовеса) при аварийном переходе нижнего рабочего положения [2, 24, 29].

Раздел 9 ПУБЭЛ предъявляет ряд требований к конструкции и условиям применения упоров и буферов.

Упоры подразделяются на два вида: жесткие упоры и упоры с амортизирующей прокладкой.

Жесткие упоры допускается применять при скорости кабины (противовеса) не превышающей 0,3 м/с.

Упоры с амортизирующей прокладкой разрешается применять на лифтах с номинальной скоростью не превышающей 1 м/с.

Допускается размещать амортизаторы на кабине (противовесе, см. п.6) при условии, что в приямке шахты они будут взаимодействовать с жесткими упорами.

Классификация буферов.

По конструкции: пружинные, фрикционные и гидравлические.

По способу преобразования энергии движущегося объекта: энергонакапливающего (упругие амортизирующие прокладки, пружины и т. п) и энергорассеивающего типа (фрикционные, гидравлические и т. п.).

Буфера энергонакапливающего типа применяются на лифтах при номинальной скорости не более 1 м/с.

Буфера энергорассеивающего типа могут применяться при любой величине номинальной скорости кабины (противовеса).

При оборудовании кабины (противовеса) комбинированными ловителями амортизирующее устройство ловителей может использоваться в качестве буфера.

Расчетная скорость посадки кабины (противовеса) на упоры и буферы должна на 15% превышать номинальную величину.

Расчетная масса груза должна превышать на 10% грузоподъемность лифта.

Для лифтов самостоятельного пользования с увеличенной площадью пола при отсутствии перегородки в кабине расчетная грузоподъемность определяется полезной площадью пола по табл.1 ПУБЭЛ.

Ускорение замедления кабины (противовеса) буфером при расчетной грузоподъемности от 0 до расчетного значения не должно превышать 25 м/с^2.

При применении буфера энергорассеивающего типа допускается превышение указанного уровня (30÷35 м/с^2), если время действия замедления не превышает 0,04 с.

10.2. Конструкция и расчет пружинного буфера

Пружинный буфер состоит из одной или нескольких параллельно работающих цилиндрических пружин, установленных в приямке шахты.

Для обеспечения продольной устойчивости пружины применяется центрирующий стакан или с той же целью используется направляющая (рис.10.1).

При установке на полу приямка пружина устанавливается на опорной плите с центрирующим стаканом, которая может непосредственно крепиться к фундаменту болтами *2* или к балке опорной рамы болтами *4* (рис.10.1 *а*).

Вариант установки на направляющей (рис.10.1*б*), которая установлена с опорой в пол приямка, представляется целесообразной, та как не требует дополнительной конструкции для установки пружины. Однако решение это требует некоторой доработки конструкции нижней балки каркаса кабины, что может оказаться более дорогостоящим делом.

Широкое применение пружинных буферов в лифтах со скоростью кабины, не превышающей 1 м/с, обусловлено простотой конструкции, которая практически не нуждается в техническом обслуживании.

Ограниченный скоростной диапазон применения связан с проблемой продольной устойчивости пружины и явлением обратного броска кабины (противовеса) в конце пути замедления, так как пружинный буфер трансформирует энергию движущегося объекта в потенциальную энергию, высвобождение которой и сопровождается обратным броском с ускорением близким по величине к ускорению замедления.

Расчет пружинного буфера производится с целью определения необходимой жесткости пружины, при которой гарантируется допустимый уровень величины ускорения замедления (рис.10.2).

Методика расчета зависит от наличия или отсутствия противовеса и от условий посадки на буфер.

Расчет при посадке кабины на буфер с обрывом канатной подвески или при использовании барабанной лебедки без противовеса производится наиболее просто (рис.10.2*а*). На расчетной схеме приняты следующие обозначения: $P_б$ – расчетная нагрузка буфера в

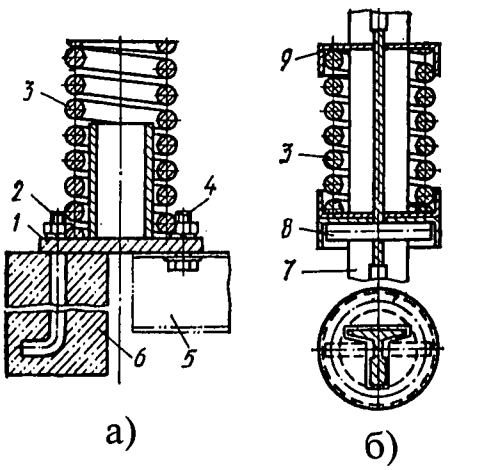


Рис.10.1. Способы установки пружинного буфера
а) на полу приямка; б) на направляющей; *1* – плита, *2* – болт фундаментный, *3* – пружина, *4* – болт, *5* – балка опорная, *6* – фундамент, *7* – направляющая, *8* – стержень, *9* – тарелка

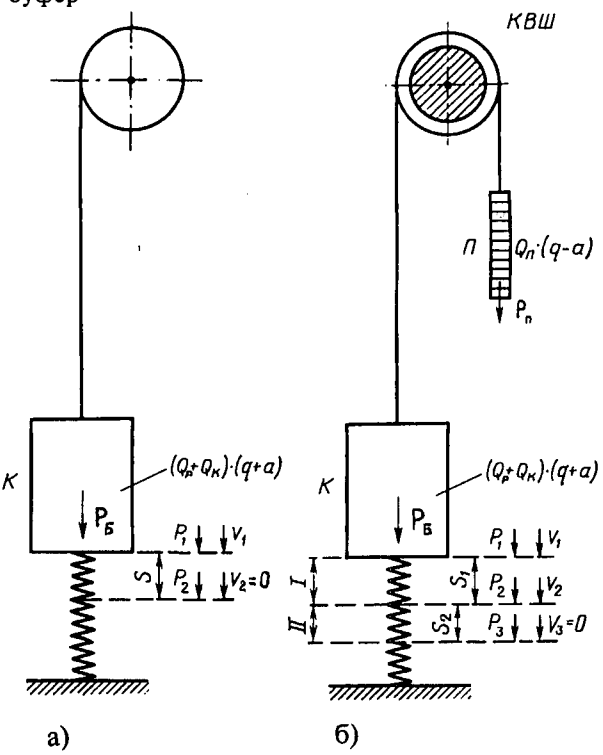


Рис.10.2. Расчетная схема пружинного буфера
а) при посадке кабины с обрывом подвески, б) при посадке без обрыва подвески при наличии противовеса

конце пути замедления; P_1, P_2 – начальное и конечное значение нагрузки буфера, $Q_р$, $Q_к$ – масса расчетного груза и кабины; S – путь замедления кабины; V_1, V_2 – кабины в начале и в конце пути замедления.

Процесс посадки кабины на буфер сопровождается преобразованием кинетической и потенциальной энергии кабины в работу пружины на пути торможения

$$K + П = A_п; \tag{10.1}$$

$$(Q_р + Q_к)\cdot\frac{(V_1^2 - V_2^2)}{2} + (Q_р + Q_к)\cdot g\cdot S = (Q_р + Q_к)\cdot(g + a)\cdot\frac{S}{2}. \tag{10.2}$$

Преобразуем полученное уравнение энергии с учетом $V_2 = 0$ и $V_2 = V_р$ и решим его относительно величины пути замедления

$$S = V_р^2/(a - g)\text{, м.} \tag{10.3}$$

Нагрузка буфера в конце пути замедления

$$P_б = (Q_р + Q_R)\cdot(g + a)\text{, Н.} \tag{10.4}$$

Расчетная жесткость пружинного буфера

$$C = \frac{P_б}{S} = \frac{(Q_р + Q_к)\cdot(g + a)}{V_р^2/(a - g)}. \tag{10.5}$$

После алгебраических преобразований получим более простое аналитическое выражение величины жесткости

$$C = \frac{(Q_р + Q_к)\cdot(a^2 - g^2)}{V_р^2}\text{, Н/м,} \tag{10.6}$$

где $a \le [a] = 25$ м/с^2 – расчетная величина ускорения замедления кабины

Жесткость одной пружины буфера

$$C_п = (C/Z)\cdot 10^{-3}\text{, Н/мм,} \tag{10.7}$$

где Z – число пружин буфера.

Работа пружинного буфера лифта с учетом влияния противовеса и тяговой способности КВШ отличается от рассмотренного варианта (рис.10.2*б*). На расчетной схеме приняты следующие обозначения: P_1, P_2 – нагрузка буфера в начале и конце торможения; P_2 – нагрузка буфера в конце I этапа замедления; V_1, V_2 – скорость кабины в начале и конце пути замедления; V_2 – скорость кабины в конце I этапа замедления; S_1, S_2 – путь замедления на I и II этапах замедления; a – текущее значение ускорения замедления.

Процесс посадки кабины (противовеса) на буфер включает два характерных этапа (рис.10.2*б*).

Первый этап посадки (I) характеризуется влиянием противовеса при ускорении замедления, изменяющегося от 0 до g.

Нагрузка на буфер изменяется от начального значения при $a < g$

$$P_1 = (Q_р + Q_к)\cdot(a + g) - \frac{Q_п}{\gamma}\cdot(g - a)\text{, Н,} \tag{10.8}$$

где γ – коэффициент тяговой способности КВШ.

В конце I этапа, когда $a = g$ нагрузка буфера достигнет величины

$$P_2 = (Q_р + Q_к) \cdot 2 \cdot g \text{, Н.} \qquad (10.9)$$

Скорость движения кабины (противовеса) изменяется от начальной величины равной расчетному значению $V_1 = V_р$ до $V_2 < V_1$.

Уравнение энергии для I этапа замедления

$$\left(Q_р + Q_к + \frac{Q_п}{\gamma}\right) \cdot \frac{V_1^2 - V_2^2}{2} + \left(Q_р + Q_к - \frac{Q_п}{\gamma}\right) \cdot g \cdot S_I = \frac{P_1 + P_2}{2} \cdot S_I . \qquad (10.10)$$

Путь замедления кабины на I этапе

$$S_I = (P_2 - P_1)/C \text{, м,} \qquad (10.11)$$

где C величина жесткости буфера, Н/м.

Второй этап характеризуется отсутствием влияния противовеса, так как ускорение замедления превышает величину ускорения свободного падения и имеет место явление подскока противовеса.

Нагрузка буфера в конце II этапа определяется предельной величиной ускорения замедления

$$P_3 = (Q_р + Q_к) \cdot (g + a_п) \text{, Н,} \qquad (10.12)$$

где $a_п$ – предельная наибольшая величина замедления груженой кабины, м/с^2.

Уравнение энергии для заключительного II этапа посадки на буфер

$$(Q_р + Q_к) \cdot \frac{V_2^2}{2} + (Q_р + Q_к) \cdot g \cdot S_2 = \frac{P_2 + P_3}{2} \cdot S_2 . \qquad (10.13)$$

Путь замедления на заключительном II этапе

$$S_2 = (P_3 - P_2)/C . \qquad (10.14)$$

Преобразуем уравнения энергии I и II этапов посадки кабины на буфер (10.10 и 10.13) с учетом соотношений 10.8, 10.9, 10.11, 10.12, 10.14.

Решим каждое из уравнений 10.10, 10.13 относительно величины V_2^2 и приравняем их правые части. Из полученного таким образом уравнения определим величину жесткости буфера

$$C = \left(\frac{g}{V_р}\right)^2 \cdot \left[(Q_р + Q_к) \cdot \left(\frac{a_п}{g}\right)^2 + \frac{Q_п}{\gamma}\right]. \qquad (10.15)$$

При посадке кабины на буфер с одним пассажиром ускорение будет больше.

Величину максимального ускорения можно определить с использованием уравнения 10.15, если вместо массы расчетного груза подставить расчетную массу одного пассажира $Q_1 = 80$ кГ, а величину a заменить на a_{max}. Получим аналогичное уравнение жесткости

$$C = \left(\frac{g}{V_р}\right)^2 \cdot \left[(Q_1 + Q_к) \cdot \left(\frac{a_{max}}{g}\right)^2 + \frac{Q_п}{\gamma}\right]. \qquad (10.16)$$

Так как жесткость буфера величина постоянная, приравняем правые части уравнений 10.15, 10.16 и решим их относительно величины максимального ускорения

$$a_{max} = a_{п} \cdot \sqrt{\frac{Q_{р} + Q_{к}}{Q_{1} + Q_{к}}}. \qquad (10.17)$$

Полученное значение ускорения не должно превышать величины 25 м/с^2.

Расчетная нагрузка буфера определяется выражением

$$P_{бр} = (Q_{р} + Q_{к}) \cdot g \cdot \left(1 + \frac{a_{п}}{g}\right). \qquad (10.18)$$

Рабочий ход пружины буфера

$$S_{п} = P_{бр} / C. \qquad (10.19)$$

После выбора пружины и определения параметров производится её прочностной расчет.

10.3. Конструкция и расчет гидравлического буфера

Гидравлические буфера относятся к устройствам рассеивающего типа, поэтому широко используются в лифтах при любых скоростях, начиная с 1,4 м/с.

Замедление кабины (противовеса) происходит за счет сил сопротивления перетеканию жидкости через отверстия линейно уменьшающейся площади. Конструкция гидробуфера обеспечивает постоянство тормозной силы и ускорения замедления, равное g, на всем пути замедления.

Применяются два способа изменения площади отверстий при регулировании величины сопротивления истечению жидкости: с изменяющимся кольцевым отверстием и с изменением количества калиброванных отверстий, через которые перетекает жидкость.

На рис.10.3 представлена отечественная конструкция гидробуфера с изменяющейся площадью кольцевого отверстия.

Основу конструкции буфера составляет корпус цилиндрической формы с радиальными отверстиями в верхней части, соединяющими его с масляной емкостью *9*. В нижней части корпуса гайками *1* закреплен шток конической формы. Для предотвращения утечки масла предусмотрена втулка *2* с уплотнением. В верхней части штока установлена фасонная шайба *6* с радиальными отверстиями для прохода масла. В верхней части корпуса с помощью гайки *12* установлена втулка *11* с уплотнениями, предотвращающими утечку масла. Втулка гидроцилиндра *11* является направляющей для плунжера *15*. При монтаже буфера должны быть совмещены радиальные отверстия корпуса и втулки *11*.

Верхняя часть плунжера перекрыта торцевой шайбой *18*, на которой установлен амортизатор *20*. В нижней части корпуса смонтировано контактное устройство *7*, предназначенное для контроля возврата плунжера в верхнее исходное положение.

Возврат плунжера в исходное состояние производится пружиной *13*.

В исходном положении плунжер под действием пружины *13* занимает крайнее верхнее положение. Кронштейн с цепью *8* удерживают контактное устройство *7* в положении «включено». Уровень масла должен находится в промежутке между верхней и нижней рисками щупа *21*.

При посадке кабины (противовеса) на буфер, благодаря деформации амортизатора *20*, происходит плавное увеличение скорости плунжера *15* от неподвижного состояния до скорости кабины.

Плунжер вместе с кабиной перемещается вниз, выжимая масло через радиальные отверстия корпуса в масляную емкость *9*. В дальнейшем, радиальные отверстия перекрываются плунжером и масло перетекает через уменьшающийся кольцевой зазор во внутреннюю полость плунжера. Кронштейн *19*, опускаясь вместе с плунжером, ослабляет натяжения цепи *8* и контактное устройство *7* переходит в состояние «выключено», отключая привод лебедки лифта.

Кольцевой зазор уменьшается за счет конической формы штока *4* и становится равным нулю в конце хода плунжера, когда его торцевая часть достигнет амортизатора *3* и остановится. Процесс посадки на буфер заканчивается.

Торможение обеспечивается за счет сопротивления истечения жидкости через постепенно уменьшающийся кольцевой зазор. Поэтому при падающей скорости движения плунжера и росте величины коэффициента сопротивления истечению, тормозная сила остается величиной постоянной.

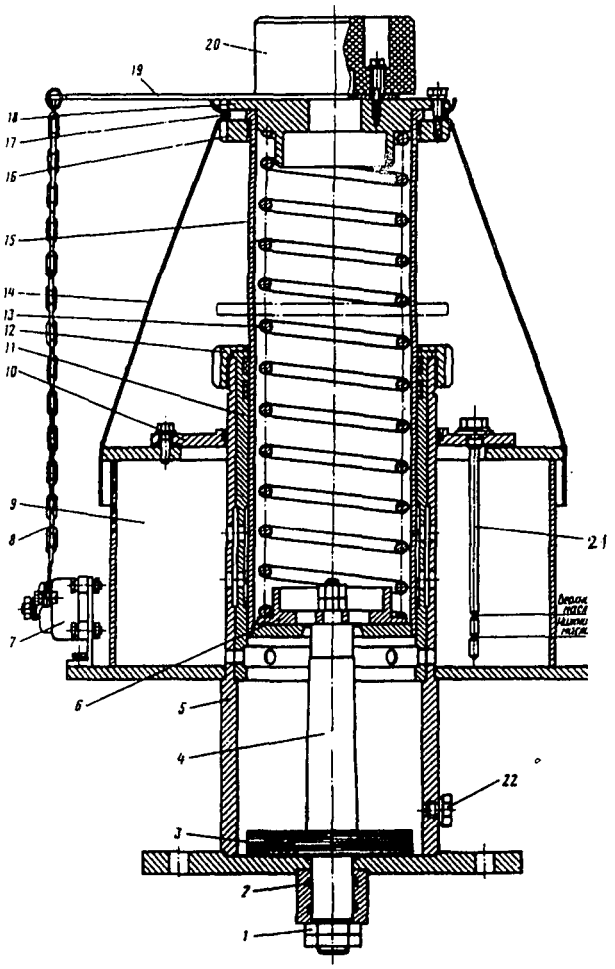


Рис. 10.3. Гидравлический буфер с изменяющейся площадью кольцевого отверстия

1 – гайка; *2* – уплотнение; *3*, *20* – амортизаторы; *4* – шток; *5* – корпус; *6* – шайба фасонная; *7* – контактное устройство; *8* – цепь (или канатик); *9* – емкость для масла; *10*, *16* – кольца; *11* – втулка гидроцилиндра; *12* – гайка фасонная; *13* – пружина; *14* – чехол; *15* – плунжер; *17* – кольцо пружинное; *18* – шайба торцевая; *19* – кронштейн; *21* – линейка; *22* – пробка сливная

После устранения нарушений, кабина снимается с буфера и плунжер *15* возвращается в верхнее исходное положение пружиной *13*. Контактное устройство *7* переходит в состояние «включено», если кронштейн *19* достигнет предельного верхнего положения.

Буферы подобного типа изготавливаются с укороченным и увеличенным рабочим ходом плунжера в зависимости от расчетной скорости посадки на буфер.

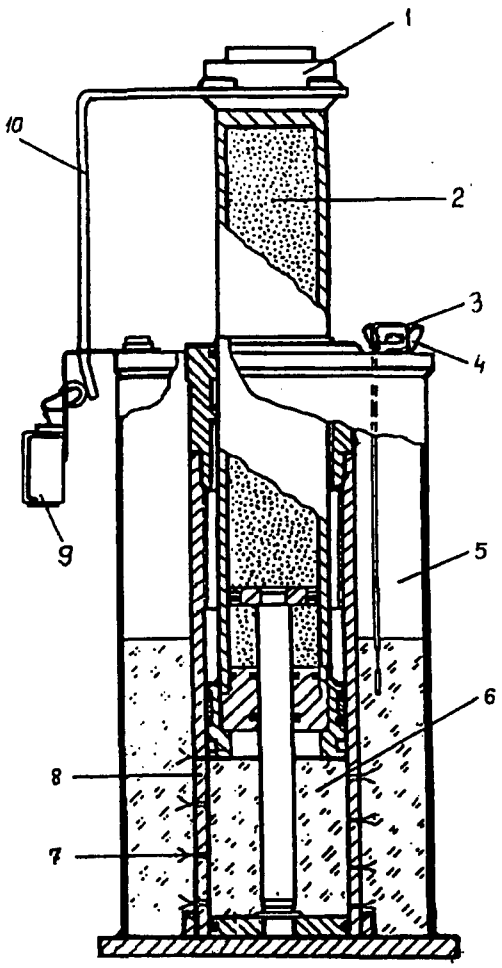


Рис.10.4. Гидравлический буфер с изменяющейся площадью радиальных отверстий
1 - плунжер, *2* - сжатый азот, *3* - щуп, *4* - крышка, *5* - масляный резервуар, *6* - масло, *7* - калиброванное отверстие, *8* - цилиндр, *9* - контактное устройство, *10* - линейка

Несколько иначе решена конструкций гидравлического буфера фирмы ОТИС в которой торможение плунжера происходит за счет сопротивления истечения жидкости через калиброванные отверстия, количество которых уменьшается по мере движения плунжера (рис.10.4). В отличие от ранее рассмотренной конструкции буфера отечественного производства, возвращение плунжера в верхнее исходное положение производится сжатым азотом, заполняющим внутреннюю полость плунжера.

При посадке кабины (противовеса) на буфер, плунжер *1* через амортизатор разгоняется до скорости кабины и при движении вниз вытесняет жидкость через калиброванные отверстия *7*, количество которых постепенно уменьшается. Поэтому торможение, как и в рассмотренном случае, происходит практически с постоянной тормозной силой. Поршень штока выполняет функцию демпфирующего устройства за счет сопротивления истечения сжатого азота через кольцевое уплотнение поршня. Это несколько увеличивает плавность процесса замедления. С начала движения плунжера линейка *10*, воздействуя на ролик контактного устройства *9*, переводит его в состояние «выключено». Привод лебедки отключается.

Возврат плунжера в исходное верхнее положение после снятия кабины (противовеса) с буфера осуществляется давлением сжатого азота. При этом, линейка *10* перестает воздействовать на ролик контактного устройства и оно переходит в состояние «включено». Лифт готов к работе.

Каждый гидравлический буфер должен испытываться на предприятии-изготовителе. Результаты должны быть отражены в паспорте лифта [44].

На корпусе гидравлического буфера должна устанавливаться табличка с указанием предприятия-изготовителя, заводского номера и года изготовления, типа буфера, наибольшего хода плунжера, максимальной и минимальной нагрузки, максимальной величины расчетной скорости.

Расчет гидравлического буфера

Расчетная нагрузка буфера определяется при ускорении $a_п = 9{,}81 м/с^2$

$$P_б = (1{,}1 \cdot Q + Q_к) \cdot 2 \cdot g \text{ , Н.} \quad (10.20)$$

Рабочий ход плунжера

$$S_б = V_р^2 / 2g \text{ , м,} \quad (10.21)$$

где $V_р = 1{,}15 \cdot V$ – расчетная скорость посадки на гидробуфер, м/с.

Давление жидкости в гидравлическом буфере

$$p_0 = P_б / F \text{ , Н/см}^2, \quad (10.22)$$

где F – площадь торцевой части плунжера за вычетом отверстия (для буфера с кольцевым зазором), $см^2$. Давление должно сохранять постоянное значение на всем пути движения плунжера (обычно $p_0 = 400 \div 700$ Н/$см^2$).

Скорость движения плунжера уменьшается от начального значения до нуля, поэтому количество вытесняемой плунжером жидкости в единицу времени должно постепенно уменьшаться. В связи с этим, скорость истечения жидкости остается величиной постоянной на всем пути торможения

$$V_и = \frac{V_{п.л} \cdot F}{f_0 \cdot z} \text{, м/с,} \quad (10.23)$$

где $V_{п.л}$ – текущее значение скорости плунжера, м/с; f_0 – площадь кольцевого зазора между штоком и плунжером (площадь одного отверстия – для плунжера с дросселированием жидкости через отверстия), $см^2$; z – текущее значение числа отверстий, через которые вытекает жидкость в конкретный момент времени движения плунжера (z = 1 – для буфера с кольцевым зазором).

Начальное значение площади кольцевого зазора (площади отверстий)

$$F_н = F \cdot V_р \cdot \sqrt{C \cdot g / p_0} \text{ ,} \quad (10.24)$$

где C – коэффициент, зависящий от вязкости жидкости ($C = 0{,}007$) для веретенного масла; $C = 0{,}008$ для смеси глицерина с водой [2, 29, 52].

Исходя из условия постоянства тормозного усилия буфера, должно соблюдаться следующее соотношение $F_x = F_н \cdot \frac{x}{S_б} = \frac{\pi}{4} \cdot \left(d_0^2 - d_x^2\right)$, $см^2$, (10.25)

где F_x – площадь кольцевого зазора на расстоянии x от исходного положения плунжера; d, d_x – диаметр отверстия в днище плунжера и диаметр штока на расстоянии x от исходного положения, см.

Начальное число калиброванных радиальных отверстий в гидробуфере с дросселированием жидкости через отверстия

$$z_н = F_н / f_0 \text{ .} \quad (10.26)$$

Для движения с постоянным замедлением число не перекрытых плунжером отверстий должно удовлетворять следующему соотношению

$$z_1 = z \cdot \sqrt{(S_б - x)/S_б} \text{ .} \quad (10.27)$$

ГЛАВА 11

ШАХТЫ, МАШИННЫЕ И БЛОЧНЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

11.1. Шахты

Шахтой называется сооружение, в котором кабина и противовес перемещаются по направляющим.

Часть шахты, расположенная ниже уровня посадочной площадки первого этажа, называется приямком.

Часть шахты, от уровня посадочной площадки верхнего этажа, до перекрытия называется верхним этажом.

Габаритная высота шахты, таким образом, определяется суммой высоты подъема, глубины приямка и высотой верхнего этажа.

По конструкции шахты различаются на следующие виды: глухие, полуоткрытые и приставные.

По виду материала ограждения: кирпичные, бетонные, металлокаркасные.

Глухие шахты выполняются из стеновых строительных материалов типа кирпич, бетон и т. п. при размещении внутри здания. При наличии мощных межэтажных перекрытий стены шахты могут быть не несущими, так как перекрытия могут служить надежной основой крепления направляющих.

Примером конструкции глухой шахты может служить общий вид установки грузопассажирского лифта отечественного производства (рис.1.3).

Полуоткрытые шахты применяются в лифтах, которые устанавливаются в углублении наружной стены здания. В такой шахте стена, обращенная наружу, отсутствует. Сплошное ограждение делается с боковых сторон и со стороны шахтных дверей (рис.2.3). Стены такой шахты имеют обычно монолитную конструкцию из железобетона.

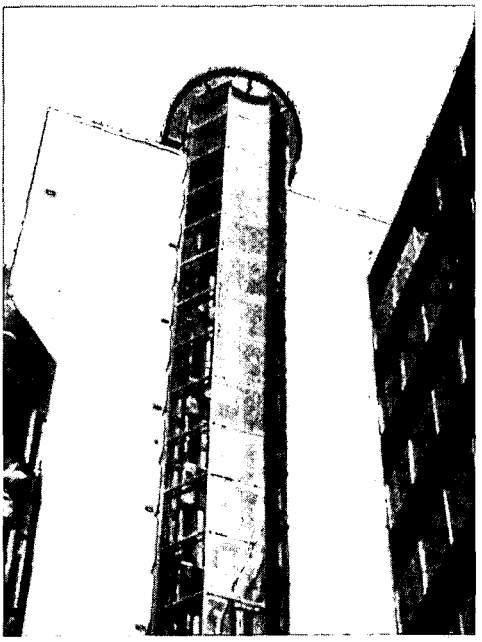


Рис.11.1. Приставной лифт здания повышенной этажности

Приставные шахты имеют металлокаркасную конструкцию со сплошным остеклением на всех этажах кроме первого. Несущие конструкции каркаса крепятся к стене здания с помощью закрепленных в стене кронштейнов. Такие конструкции применяются при реконструкции старых зданий малой этажности и применяются во вновь строящихся зданиях в нашей стране и за рубежом (рис.11.1).

Металлокаркасные шахты подразделяются на несущие и ненесущие.

Несущие металлокаркасные шахты воспринимают все рабочие нагрузки лифтового оборудования.

Несущие шахты изготавливаются из металлических стоек с раскосами, образующими жесткую пространственную конструкцию, которая собирается на

болтах с применением сварки и крепится к конструкции межэтажных перекрытий здания.

Ненесущие шахты не рассчитаны на восприятие рабочих нагрузок и являются лишь ограждающими конструкциями. Все нагрузки воспринимают несущие конструкции здания.

Раздел 4.2 ПУБЭЛ устанавливает целый ряд требований к конструкции шахты.

Шахта лифта должна иметь сплошное ограждение со всех сторон, иметь перекрытие и пол приямка.

В ограждении шахты должны предусматриваться дверные (погрузочные) проемы, а у тротуарного лифта, кроме того, в перекрытии шахты оборудуется люк для выхода кабины из шахты.

Допускается не делать ограждения со сторон, где отсутствуют площадки и лестницы, на которых могут находиться люда.

Со стороны дверного проема должно быть сплошное ограждение на всю высоту и ширину этажной площадки.

В качестве материала для ограждения могут использоваться: кирпич, бетон, пустотелые стеклянные блоки с толщиной стенки толщиной не менее 4 мм, стальная сетка из проволоки толщиной не менее 1,2 мм, стальной лист толщиной не менее 1 мм, перфорированный лист толщиной не менее 1,5 мм, стекло толщиной не менее 7,5 мм или армированное стекло толщиной не менее 6 мм.

При ограждении шахты сеткой или стеклом, со стороны площадок, где находятся люди должно быть ограждение из стального листа высотой не менее 1000 мм.

Внутренняя поверхность стены шахты со стороны погрузочных проемов не должна иметь выступов и выемок на всю ширину проема плюс 25 мм с каждой стороны.

Высота шахты лифта, имеющего лебедку с КВШ, должна иметь такую величину, чтобы после остановки кабины (противовеса) на упоре или полностью сжатом буфере обеспечивалась возможность: свободного хода кабины (противовеса) вверх не менее: $(0,1+0,065V^2)$, м – для лифта грузового малого при скорости до 0,5 м/с, $(0,2+0,035V^2)$, м – для всех остальных лифтов.

Для лифтов, у которых вес тяговых канатов исключает возможность проскальзывания канатов на ободе КВШ при посадке кабины (противовеса) на буфер, высота шахты должна быть такой, чтобы при остановке пустой кабины или противовеса в верхней части шахты от срабатывания концевого выключателя обеспечивалась возможность свободного хода вверх не менее чем на 200 мм. При нахождении кабины (противовеса) на упоре или полностью сжатом буфере должна обеспечиваться возможность хода вверх не менее чем на 100 мм.

Расстояние от площади на крыши кабины, приспособленной для размещения обслуживающего персонала на крыше кабины, до выступающих частей перекрытия должно быть не менее 750 мм после остановки противовеса на упоре или полностью сжатом буфере. Для лифтов без противовеса это расстояние должно обеспечиваться при остановке от срабатывания концевого выключателя.

В нижней части шахты должен оборудоваться приямок такой глубины, чтобы при нахождении кабины на упоре или полностью сжатом буфере расстояние от пола приямка до выступающих частей кабины было не менее 750 мм (50 мм для грузового малого лифта).

Приямок глубиной до 2000 мм должен иметь скобы или ступени для выхода на этажную площадку. Их конструкция не должна препятствовать посадке кабины на упоры или полностью сжатый буфер. При глубине более 2000 мм приямок должен оборудоваться запираемой дверью с выключателем контроля запирания. Размеры дверного проема должны быть не менее 500×1800 мм.

Расстояния между подвижными и неподвижными частями оборудования лифта в шахте регламентируются данными табл.1 ПУБЭЛ [].

Поперечные размеры шахты определяются соображениями размещения кабины и противовеса в плане шахты с учетом регламентируемых зазоров.

Под перекрытием шахты допускается установка направляющих блоков, ограничителя скорости, элементов подвески канатов при обеспечении возможности их технического обслуживания.

В шахте лифта не допускается размещения оборудование не имеющего отношения к лифтовому оборудованию за исключением систем вентиляции и отопления лифта.

11.2. Машинные и блочные помещения

Машинным помещением называется часть здания, оборудованная электрическим освещением, системой вентиляции и отопления, предназначенная для размещения, лебедки, станции управления, ограничителя скорости, трансформаторов, электрических преобразователей и другого необходимого оборудования (рис.1.3).

Блочным помещением называется специальное помещение, предназначенное для размещения отклоняющих блоков и их технического обслуживания.

Машинное помещение может располагаться в верхней или нижней части шахты лифта.

Машинные и блочные помещения должны иметь сплошное ограждение со всех сторон, верхнее перекрытие и пол. Плита с расположенной над ней лебедкой, полностью перекрывающая блочное помещение, может рассматриваться как потолок блочного помещения.

Размеры машинного помещения определяются количеством установленных в нем лебедок и условиями, гарантирующими удобство и безопасность работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

Вводное устройство должно устанавливаться в непосредственной близости от двери машинного помещения на высоте 1200 - 1600 мм от уровня пола.

Машинное помещение может состоять из двух и более помещений, между которыми должна быть обеспечена переговорная связь. В этом случае, вводное устройство должно быть установлено в помещении, в котором находится станция управления.

Двери машинного и блочного помещений должны иметь сплошную щитовую конструкцию обитую металлическим листом. Двери должны открываться наружу и закрываться замками. Размер двери машинного помещения должен быть не менее 800×1800 мм, а блочного - 600×1400 мм.

При доступе в блочное помещение через люк, его размеры должны быть не менее чем 800×800 мм. Крышка люка должна быть сплошной, обитой металлическим листом, открываться вверх или задвигаться. Должен устанавливаться замок для запирания люка. В закрытом положении крышка люка должна выдерживать нагрузку не меньше 2000 Н, приложенную в любом месте на площади 0,3×0,5 м. Усилие открывания крышки люка не должно превышать 150 Н.

В полу машинного помещения, расположенного над шахтой, должен быть люк для производства ремонтных работ. Крышка должна открываться только внутрь машинного помещения и запираться замком из машинного помещения. Прочность люка должна быть такой же, как и у блочного помещения.

Машинное помещение всех лифтов, кроме грузового малого, должно быть оборудовано устройство для подвески грузоподъемного механизма с указанием допускаемой нагрузки или грузоподъемности. Расстояние от пола машинного помещения до низа балок, используемых для подвески грузоподъемного механизма, должно быть не менее 2000 мм.

Пол машинного помещения должен иметь ровную гладкую поверхность с покрытием, не образующим пыли. В полу должны быть предусмотрены отверстия для пропуска канатов с буртиками высотой не менее 50 мм и гарантированным зазором между канатами и кромками отверстия не менее 15 мм.

Высота машинного помещения до выступающих частей перекрытия должна быть не менее 2200 мм. Допускается местное уменьшение высоты до 1800 мм, но только не над оборудованием, проходами и зонами обслуживания.

При установке оборудования лифта на балки, преграждающие проходы, через них должны быть оборудованы настилы. Расстояние от настила до выступающих частей потолка должно быть не менее 1500 мм.

Должны быть обеспечены проходы не менее чем с двух сторон лебедки (двигатель-генератора) шириной не менее 500 мм. Ширина прохода со стороны зоны обслуживания станции управления должны быть не меньше 750 мм, а высота – не менее 2000 мм.

В машинном помещении при входе должно быть свободное пространство не менее 1000×1000 мм и высотой не менее 2000 мм. В этой зоне допускается установка выключателей освещения.

Подходы к машинному и блочному помещению должны быть свободными и доступными для обслуживающего персонала.

Высота блочного помещения должна быть не менее 1500 мм (рис.11.2).

Подход к машинному (блочному) помещению по чердаку или техническому этажу должен иметь ширину не менее 650 мм для транспортировки оборудования лифта.

Подход может выполняться в виде трапов или настилов. Высота подхода должна быть не меньше 2000 мм.

При расположении машинного (блочного) помещения и подхода на разных уровнях, перед входом в машинное (блочное) помещение должна быть оборудована стационарная лестница с углом наклона к горизонтали не более 60°.

Перед входной дверью должна оборудоваться площадка такой ширины, чтобы при открытой двери между ступенью лестницы и краем створки было расстояние не менее 500 мм.

При разнице уровней более 500 мм лестница и площадка оборудуются перилами высотой не менее 900 мм.

У лифтов малых грузовых машинное помещение может отсутствовать. В этом случае лебедка должна быть ограждена запираемым на замок металлическим кожухом. Вводное устройство, станция управления, трансформаторы и выключатели освещения шахты должны размещаться в непосредственной близости от лебедки в запираемом металлическом шкафу.

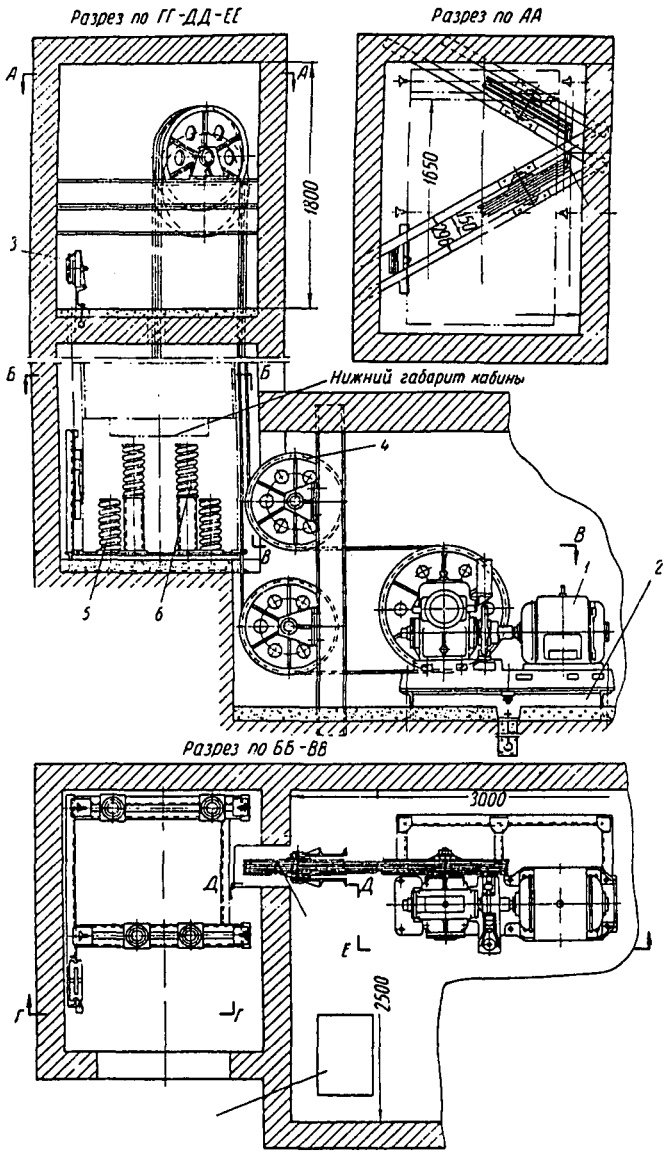


Рис.11.2. Установка оборудования пассажирского лифта с нижним машинным помещением

1 – лебедка; *2* – подрамник; *3* – ограничитель скорости; *4* – блок канатный; *5, 6* – пружинный буфер противовеса и кабины; *7* – станция управления

Лебедку и другое оборудование малого грузового лифта допускается размещать под потолком верхнего обслуживаемого этажа при условии доступ к лебедке или блокам через специальные оборудованные проемы, обеспечивающие возможность их обслуживания. Проемы должны закрываться запираемыми дверками. Высота этого помещения должна быть не менее 800 мм. Водное устройство, стация управления и трансформаторы должны располагаться радом с шахтой в запираемом шкафу. Проход перед шкафом должен быть не менее 750 мм.

Машинные и блочные помещения, подходы к ним должны иметь освещение, удовлетворяющие требованиям п.6.6.1 и 6.6.2 ПУБЭЛ. Выключатели цепей освещения машинного помещения и шахты должны быть установлены в машинном помещении рядом с входной дверью. Выключатели освещения блочного помещения должны располагаться в непосредственной близости от входа.

В блочных и машинных помещениях не допускается размещение оборудования и коммуникаций, не имеющих отношения к лифту.

Не допускается прокладка газопроводов и паропроводов через машинные и блочные помещения.

Разрешается прокладывать только коммуникации системы отопления и вентиляции машинных и блочных помещений. В этих помещениях допускается прокладка сантехнических коммуникаций, не имеющих отношения к лифту, при условии наличия устройств защищающих от попадания воды в помещения при повреждении трубопровода.

Не допускается использование блочных и машинных помещений для прохода на крышу или в другие, не относящиеся к лифту помещения.

11.3. Определение размеров и нагрузки шахт, блочных и машинных помещений

При определении размеров шахт, блочных и машинных помещений следует руководствоваться рекомендациями ПУБЭЛ и соображениями компоновки и размещения оборудования лифта с учетом архитектурно-планировочных решений конкретной конструкции здания и сооружения.

При установке лифтов в здания типовых проектов полезным пособием может служить «АЛЬБОМ ЗАДАНИЙ на проектирование строительной части лифтовых установок (стандартных конструкций лифтов)», составленный ВО СОЮЗЛИФТМАШ.

Альбом содержит габаритные размеры шахт и машинных помещений с указанием мест крепления шахтных дверей.

Строительная часть лифтовых установок, использующая несущие элементы конструкции здания или специальные металлоконструкции, должна проверяться на прочность с учетом нагрузок от работы лифтового оборудования [].

Вертикальная нагрузка на перекрытие и конструкцию здания при верхнем машинном помещении и прямой подвеске кабины составляет величину

$$P_{ш} = \left[(Q + Q_{к} + Q_{п}) \cdot K_{д} + (Q_{л} + Q_{б})\right] \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \qquad (11.1)$$

где $K_{д} = 1{,}5$ - рекомендуемое значение коэффициента динамичности; $Q_{л}$ - масса лебедки, кГ; $Q_{б}$ - масса подлебедочных балок (при их наличии), кГ.

При нижнем машинном помещении нагрузка составит

$$P_{ш} = \left[(Q + Q_{к} + Q_{п}) \cdot 2 \cdot K_{д} + Q_{б}\right] \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН}. \qquad (11.2)$$

Перекрытие шахты (пол машинного помещения) должен выдерживать равномерно распределенную нагрузку массой 500 кГ/м^2 для лифтов грузоподъемностью до 1000 кГ включительно и 800 кГ/м^2 для лифтов большей грузоподъемности.

Нагрузка на стены блочного помещения определяется схемой запасовки канатов и расчетной нагрузкой их натяжения.

Фундамент шахты должен выдерживать нагрузку от силы тяжести шахты, от динамической нагрузки при посадке кабины (противовеса) на буфер и направляющих, включая часть силы тяжести направляющих при их опирании в пол приямка.

Нагрузка от направляющей при посадке кабины (противовеса) на ловители существенно больше, чем при посадке на буфер и составляет величину

$$P_{н} = 0{,}5 \cdot K_{н} \cdot (Q + Q_{к}) \cdot \left(1 + \frac{a_{л}}{g}\right) \cdot g \cdot 10^{-3} + K_{м} \cdot m_{н} \cdot g \cdot 10^{-3}, \text{ кН}, \qquad (11.3)$$

где $K_{н} = 1{,}25$ - коэффициент неравномерности нагрузки ловителей; $m_{н}$ - масса направляющей, кГ; $K_{н}$ - коэффициент, учитывающий долю силы тяжести массы направляющей, которая приходится на опору в приямке (принимается с учетом действия сил трения между прижимными планками и направляющей).

ГЛАВА 12
ЭЛЕКТРОПРИВОД И АВТОМАТИКА ЛИФТОВ

12.1. Общие вопросы электропривода лифтов

12.1.1. Требования к электроприводам лифтов. Лифт представляет собой единую электромеханическую систему (рис.12.1), динамические характеристики которой зависят как от параметров механической части, так и от структуры и параметров электрической части.

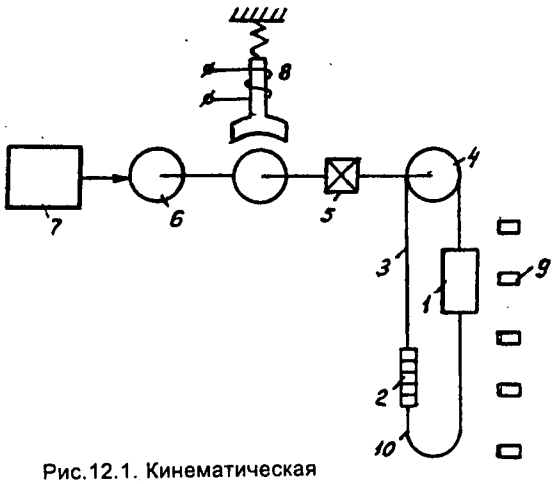


Рис.12.1. Кинематическая схема лифта

Кабина *1* и противовес (контргруз) *2* связаны подъемным канатом *3*, переброшенным через канатоведущий шкив *4*, который через редуктор 5 связан с валом двигателя *6*, характер движения которого определяется системой управления *7*. На валу двигателя установлен электромеханический тормоз *8*, обеспечивающий удержание кабины на заданном уровне при отключении двигателя, а также торможение кабины в процессе ее остановки. В шахте установлены датчики *9* положения кабины, которые связаны с системой управления *7* двигателя *6* и обеспечивают определение положения кабины перед началом движения, возможность выбора направления движения в зависимости от взаимного положения этажа назначения по вызову или приказу и этажа исходного положения кабины, остановку кабины на этаже назначения. Иногда датчики положения кабины располагаются в машинном помещении на копираппарате, который механически связан с кабиной и воспроизводит в определенном масштабе перемещение кабины. Последнее позволяет упростить обслуживание лифта, так как уменьшает количество аппаратуры в шахте, увеличивает ее доступность и возможность быстрого ремонта или замены в случае выхода ее из строя.

Уравновешивающий (компенсационный) канат *10* позволяет уменьшить влияние положения кабины в шахте на момент нагрузки электродвигателя.

Кинематическая схема лифта оказывает существенное влияние на требования, предъявляемые к двигателю и системе управления электроприводом. Так, в случае полностью уравновешенной механической системы (сила тяжести кабины с грузом равна силе тяжести противовеса и уравновешивающий канат компенсирует изменение нагрузки вследствие изменения длины подъемного каната при перемещении кабины) отсутствует активный момент нагрузки на канатоведущем шкиве, а двигатель при этом должен развивать момент, обеспечивающий преодоление момента трения в механической передаче, и динамический момент, обеспечивающий разгон и торможение кабины.

При отсутствии противовеса двигатель должен дополнительно преодолевать момент, создаваемый силой тяжести кабины с грузом, что требует увеличения мощности двигателя, его массы и габаритов. При этом, если в процессе разгона и торможения двигатель развивает одинаковый по величине момент, будут существенно различаться величины ускорения в этих режимах, а для их выравнивания требуется принятие дополнительных мер, что повышает требования к регулировочным характеристикам электропривода и усложняет систему управления.

Правда, наличие противовеса не может полностью устранить неравномерность нагрузки вследствие изменения загрузки кабины, однако абсолютная величина нагрузки существенно уменьшается.

Наличие противовеса облегчает также работу электромеханического тормоза и позволяет уменьшить его габариты и массу, так как при этом существенно уменьшается величина момента, требуемого для удержания кабины на заданном уровне при отключенном двигателе (при полностью уравновешенной системе этот момент равен нулю).

В сою очередь, выбор типа электропривода и параметров электродвигателя может повлиять на кинематическую схему лифта. Так, при использовании высокоскоростного асинхронного привода (в отечественной практике обычно используются асинхронные электродвигатели с синхронной скоростью 1000 об/мин.) неизбежно наличие редуктора в механической передаче для согласования скоростей электродвигателя и канатоведущего шкива. При выборе электропривода постоянного тока часто используются тихоходные двигатели, частота вращения которых совпадает с требуемой частотой вращения канатоведущего шкива, что исключает необходимость применения понижающего редуктора. Это упрощает механическую передачу и уменьшает потери мощности в этой передаче. Система получается достаточно бесшумной.

Однако, при сопоставлении вариантов редукторного и безредукторного приводов проектировщик должен учитывать также то обстоятельство, что тихоходный двигатель имеет значительно большие габариты и массу, увеличенный момент инерции якоря.

Оригинальное решение предложила фирма КОНЭ, которая разработала безредукторный привод MonoSpace с тихоходным асинхронным двигателем Ecodisc, устанавливаемым непосредственно на направляющих лифта на верхнем этаже. Упрощается механическая часть привода, освобождается площадь машинного помещения и уменьшается нагрузка на его пол, а использование для питания двигателя частотного преобразователя обеспечивает хорошие регулировочные характеристики привода. Скоростные возможности этого привода соответствуют области применения быстроходных лифтов с не очень большой грузоподъемностью (грузоподъемность ограничивается нагрузочной способностью направляющих лифта).

Режим работы электропривода лифта характеризуется частыми включениями и отключениями. При этом можно выделить следующие этапы движения: а) разгон электродвигателя до установившейся скорости, б) движение с установившейся скоростью, в) уменьшение скорости при подходе к этажу назначения (непосредственно до нуля или до малой скорости дотягивания), г) торможение и остановка кабины лифта на этаже назначения с требуемой точностью.

При этом необходимо учитывать, что этап движения с установившейся скоростью может отсутствовать, если сумма путей разгона до установившейся скорости и торможения с установившейся скорости меньше расстояния между этажами отправления и назначения (при поэтажном разъезде).

Одним из основных требований, предъявленных к электроприводу лифтов, является обеспечение минимального времени движения кабины от исходного этажа положения кабины до этажа назначения по вызову или приказу. Отсюда естественно вытекает стремление повышать установившуюся скорость движения лифта для повышения его производительности, однако увеличение этой скорости далеко не всегда является оправданным.

Лифты с большой скоростью движения кабины в том случае, когда последняя должна делать остановки на каждом этаже, по существу не используются по скорости, так как на перегоне между этажами введены ограничения ускорения и замедления, кабина не успевает достигнуть номинальной скорости, поскольку путь разгона до этой скорости в этом случае обычно больше половины междуэтажного расстояния.

Исходя из указанного выше, в зависимости от условий работы целесообразно использовать приводы, обеспечивающие различные установившимися скорости движения (см. главу 1).

Например, в зависимости от назначения рекомендуется применять пассажирские лифты со следующими номинальными скоростями:

- в административных зданиях и гостиницах: до 9 этажей - от 0,7 м/с до 1 м/с; от 9 до 16 этажей - от 1 до 1,4 м/с;
- в административных зданиях от 16 этажей - 2 и 4 м/с.

Рекомендуется при установке в зданиях лифтов со скоростью более 2 м/с иметь экспрессные зоны, т.е. лифты должны обслуживать не все этажи подряд, а, например, кратные 4 - 5. В междуэкспрессных зонах лифты должны работать с меньшими скоростями движения. При этом используются схемы управления, которые с помощью переключений скоростей могут задавать два режима работы электропривода: с высокой скоростью при экспрессных зонах и с пониженной скоростью для поэтажного разъезда.

На практике при установке в одном подъезде, например, двух лифтов часто используется простое решение, при котором система управления обеспечивает остановку одного лифта только на нечетных этажах, а другого - только на четных. Это увеличивает использование скоростных возможностей приводов, а следовательно, повышает производительность лифтов.

Помимо основной скорости движения кабины, которая во многом определяет производительность лифта, электропривод и система управления лифтом с номинальной скоростью более 0,71 м/с должны обеспечивать возможность движения кабины со скоростью не более 0,4 м/с, что необходимо для контрольного обследования шахты (режим ревизии).

Одним из важнейших требований, выполнение которого в существенной мере зависит от структуры электропривода и системы его управления, является необходимость ограничения ускорений и замедлений кабины $a = dv/dt$ и их производных (рывков) $\rho = da/dt = d^2v/dt^2$.

Максимальная величина ускорения (замедления) движения кабины при нормальных режимах работы не должна превышать: для всех лифтов, кроме больничного, 2 м/с^2, для больничного лифта - 1 м/с^2.

Производная ускорения и замедления (рывок) правилами не регламентируется, однако необходимость его ограничения, как и ограничение ускорения, определяется необходимостью ограничения динамических нагрузок в механической передаче во время переходных процессов и задачей обеспечения требуемого комфорта для пассажиров. Ограничение величин ускорения и рывка должно обеспечивать высокую плавность переходных процессов и тем самым исключить отрицательное влияние на самочувствие пассажиров. Для скоростных лифтов максимальное значение рывка обычно составляет 3,0÷10 м/с^3.

Требование ограничения ускорений и рывков допустимыми значениями вступает в противоречие с указанным выше требованием обеспечения максимальной производительности лифта, так как из него вытекает, что длительность разгона и замедления кабины лифта не может быть меньше определенной величины, определяемой этим ограничением. Отсюда следует, что для обеспечения максимальной производительности лифта во время переходных процессов электропривод должен обеспечивать разгон и замедление кабины с максимальными допустимыми значениями ускорения и рывка.

Важным требованием к электроприводу лифта является обеспечение точной остановки кабины на заданном уровне. Для пассажирских лифтов малая точность остановки кабины снижает его производительность, поскольку увеличивается время входа и выхода пассажиров, а также уменьшается комфортабельность лифта и безопасность пользования лифтом.

В грузовых лифтах неточная остановка затрудняет, а в некоторых случаях делает невозможной разгрузку кабины.

В ряде случаев необходимость обеспечения требований точности остановки оказывает решающее влияние на выбор системы электропривода лифта.

В соответствии с правилами, точность остановки кабины на уровне этажной площадки должна удерживаться в пределах, не превышающих: для грузовых лифтов, загружаемых посредством напольного транспорта, и для больничных - ±15 мм, а для остальных лифтов - ±50 мм.

В тихоходных лифтах невелик путь торможения, поэтому и возможное изменение этого пути, вызывающее неточность остановки, мало. Поэтому в таких лифтах выполнение требований точности остановки обычно не вызывает трудностей.

С увеличением скорости лифта увеличивается и возможный разброс положений остановки кабины, что обычно требует принятия дополнительных мер для выполнения требований к точности остановки.

Естественным требованием к электроприводу лифта является также возможность его реверсирования для обеспечения подъема и опускания кабины.

Частота включений в час для пассажирских лифтов должна составлять 100 - 240, а для грузовых - 70 - 100 при продолжительности включений 15 - 60 %.

Кроме того, правилами предусмотрен ряд дополнительных требований к электроприводу лифта, определяемые необходимостью обеспечения безопасности его эксплуатации.

Напряжение силовых электрических цепей в машинных помещениях должно быть не выше 660 В, что исключает возможность применения двигателей с большим номинальным напряжением.

Снятие механического тормоза должно быть возможно только после создания электрического момента, достаточного для нормального разгона электродвигателя. В асинхронных электроприводах, применяемых обычно на тихоходных и быстроходных лифтах, выполнение этого требования обычно обеспечивается тем, что напряжение питания подается на электродвигатели одновременно с подачей напряжения на электромагнит тормоза. В электроприводах постоянного тока, применяющихся на скоростных лифтах, перед снятием тормоза на схему управления обычно подают сигнал задания момента и тока двигателя, достаточного для удержания кабины на уровне площадки без тормоза (задание начального тока).

Остановка кабины должна сопровождаться наложением механического тормоза. Отключение электродвигателя при остановке кабины должно происходить после наложения тормоза.

В случае неисправности механического тормоза при нахождении кабины на уровне этажной площадки электродвигатель и питающий его преобразователь должны оставаться включенными и обеспечивать удержание кабины на уровне площадки.

Включение предохранителей, выключателей или других различных устройств в цепь якоря между двигателем и питающим его преобразователем не допускается.

В случае перегрузки электродвигателя, а также при коротком замыкании в силовой цепи или в цепях управления электроприводом, должно быть обеспечено снятие напряжения с приводного электродвигателя лифта и наложение механического тормоза.

12.1.2. Оптимальная диаграмма движения кабины лифта. Необходимость ограничения ускорений и рывков, с одной стороны, и необходимость обеспечения максимальной производительности лифта, с другой, требует, чтобы во время переходных процессов электропривод обеспечивал разгон и замедление кабины с максимальными допустимыми значениями ускорения и рывка.

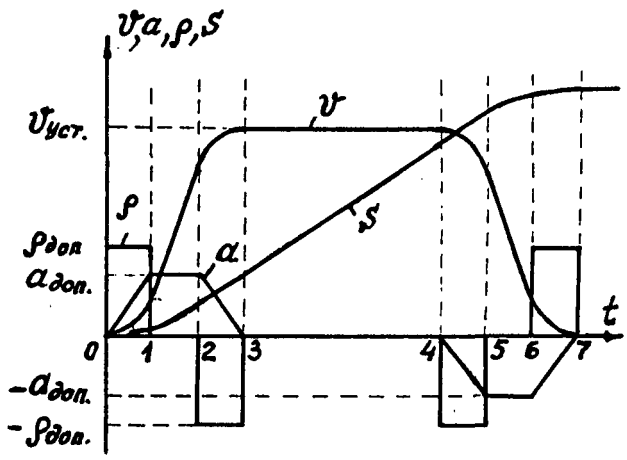


Рис.12.2. Оптимальная диаграмма движения кабины лифта

Соответствующий выполнению этого условия график движения кабины, приведенный на рис.12.2, обычно принято считать оптимальным, поскольку при этом обеспечивается минимальная длительность режимов разгона-торможения кабины.

В соответствии с этим графиком, значения рывка и ускорения на определенных интервалах переходного процесса поддерживаются постоянными и равными предельно допустимым значениям.

На первом этапе разгона 0–1 поддерживается постоянным рывок $\rho = \rho_{доп} = const$. При этом ускорение изменяется по линейному закону

$$a_1(t) = \int_0^t \rho_{доп} dt = \rho_{доп} t \,. \qquad (12.1)$$

Изменение скорости характеризуется квадратичной параболой:

$$v_1(t) = \int_0^t a_1(t)dt = \int_0^t \rho_{доп} t dt = \rho_{доп} t^2/2 , \qquad (12.2)$$

а путь, проходимый кабиной на этом этапе, определяется кубической параболой:

$$s_1(t) = \int_0^t v_1(t)dt = \int_0^t \rho_{доп} t^2/2 dt = \rho_{доп} t^3/6 . \qquad (12.3)$$

Длительность первого интервала движения определяется из условия:

$$t_1 = a_{доп}/\rho_{доп} . \qquad (12.4)$$

В конце первого интервала движения ускорение достигает допустимого значения $a_1 = a_{доп}$, а величины скорости и пройденного пути могут быть определены при условии $t = t_1$ подстановкой (12.4) в (12.2) и (12.3):

$$v_1 = \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} , \qquad (12.5)$$

$$s_1 = \frac{a_{доп}^3}{6\rho_{доп}^2} . \qquad (12.6)$$

На третьем этапе движения 2 - 3, которым завершается режим разгона электропривода до установившейся скорости $v_{уст}$, рывок имеет такую же величину, как и на первом этапе, но с противоположным знаком: $\rho = -\rho_{доп} = const$, а изменение ускорения и скорости характеризуются зависимостями:

$$a_3(t) = a_{доп} + \int_0^t (-\rho_{доп})dt = a_{доп} - \rho_{доп} t , \qquad (12.7)$$

$$\Delta v_3(t) = \int_0^t a_3(t)dt = \int_0^t (a_{доп} - \rho_{доп} t)dt = (a_{доп} - \rho_{доп} t/2)t . \qquad (12.8)$$

Длительность третьего этапа движения равна длительности первого этапа:

$$\Delta t_3 = t_1 = a_{доп}/\rho_{доп} . \qquad (12.9)$$

В конце третьего этапа ускорение становится равным нулю $a_3 = 0$, а изменение скорости на этом этапе определяется из (12.8) и (12.9) при $t = \Delta t_3$:

$$\Delta v_3 = \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} . \qquad (12.10)$$

На втором этапе 1 - 2 разгона с постоянным ускорением ($\rho = 0$, $a = a_{доп} = const$) скорость изменяется на величину:

$$\Delta v_2 = v_{уст} - v_1 - \Delta v_3 = v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} - \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} = v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{\rho_{доп}} . \qquad (12.11)$$

Изменение этой скорости во времени на втором этапе характеризуется зависимостью:

$$\Delta v_2(t) = \int_0^t a_{доп} dt = a_{доп} t . \qquad (12.12)$$

Тогда учитывая, что $\Delta v_2(\Delta t_2) = \Delta v_2$, из (12.11) и (12.12) определим длительность второго этапа:

$$\Delta t_2 = v_{уст}/a_{доп} - a_{доп}/\rho_{доп} \,. \tag{12.13}$$

Перемещение кабины во времени на втором этапе характеризуется зависимостью:

$$\Delta s_2(t) = \int_0^t v_2(t)dt = \int_0^t (v_1 + \Delta v_2(t))dt = \int_0^t \left(\frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} + a_{доп} t \right) dt = \frac{a_{доп} t}{2} \left(\frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} + t \right). \tag{12.14}$$

При подстановке в эту зависимость $t = \Delta t_2$ можно определить перемещение кабины на этом этапе:

$$\Delta s_2 = \frac{v_{уст}}{2} \left(\frac{v_{уст}}{a_{доп}} - \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} \right). \tag{12.15}$$

На третьем этапе перемещение кабины во времени характеризуется зависимостью:

$$\Delta s_3(t) = \int_0^t v_3(t)dt = \int_0^t \left[v_1 + \Delta v_2 + \Delta v_3(t) \right] dt =$$

$$= \int_0^t \left[\frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} + v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{\rho_{доп}} + \left(a_{доп} - \frac{\rho_{доп}}{2} t \right) t \right] dt =$$

$$= \left(v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} \right) t + \frac{a_{доп} t^2}{2} - \frac{\rho_{доп} t^3}{6} \,. \tag{12.16}$$

Отсюда при $t = \Delta t_3$ можно определить с учетом (12.9) перемещение кабины за время третьего этапа:

$$\Delta s_3 = \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} \left(v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{6\rho_{доп}} \right). \tag{12.17}$$

Полный путь разгона представляет собой сумму путей, проходимых кабиной на первых трех этапах движения. Тогда из (12.6), (12.15), (12.17):

$$s_{раз} = s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 = \frac{v_{уст}}{2} \left(\frac{v_{уст}}{a_{уст}} + \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} \right) = \frac{v_{уст}^2}{2a_{доп}} + \frac{v_{уст} a_{доп}}{2\rho_{доп}} \,. \tag{12.18}$$

Полная длительность разгона представляет собой сумму длительностей первых трех этапов, определяемых выражениями (12.4), (12.13), (12.9):

$$t_{раз} = t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 = \frac{v_{уст}}{a_{уст}} + \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} \,. \tag{12.19}$$

Полученные выражения (12.18) и (12.19) характеризуют соответственно минимальный путь разгона и минимальное время разгона при наличии ограничений, накладываемых на ускорение и рывок, причем первые члены этих выражений характеризуют минимальные путь и время разгона при отсутствии ограничения рывка, а вторые члены определяют увеличение пути и времени разгона вследствие ограничения рывка.

Так, если $v_{уст} = 4$ м/с, $a_{доп} = 2$ м/с^2, $\rho_{доп} = 5$ м/с^3, то минимальный путь и время разгона будут равны:

$$s_{раз} = \frac{4^2}{2 \cdot 2} + \frac{4 \cdot 2}{2 \cdot 5} = 4 + 0{,}8 = 4{,}8 \text{ м},$$

$$t_{раз} = \frac{4}{2} + \frac{2}{5} = 2 + 0{,}4 = 2{,}4 \text{ с}.$$

При заданной величине установившейся скорости и указанных ограничениях ускорения и рывка электропривод не может (и не должен) обеспечивать путь и время разгона меньше определяемых из выражений (12.18) и (12.19), а выбираемый для лифта электропривод должен обеспечить максимальное приближение реального пути и времени разгона к указанным расчетным.

Аналогично могут быть получены выражения, характеризующие движение кабины в процессе торможения.

При этом для пятого этапа 4 - 5:

$$\left.\begin{aligned}
&\rho_5 = -\rho_{доп} \\
&a_5(t) = -\rho_{доп} t \\
&\Delta v_5(t) = -\rho_{доп} t^2/2 \\
&\Delta s_5(t) = v_{уст} t - \rho_{доп} t^3/6 \\
&\Delta t_5 = a_{доп}/\rho_{доп} \\
&\Delta v_5 = -\frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} \\
&\Delta s_5(t) = \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}}\left(v_{уст} - \frac{a_{доп}^2}{6\rho_{доп}}\right)
\end{aligned}\right\} \quad (12.20)$$

для шестого этапа 5 - 6:

$$\left.\begin{aligned}
&\rho_6 = 0 \\
&a_6(t) = -a_{доп} = \text{const} \\
&\Delta v_6(t) = -a_{доп} t \\
&\Delta s_6(t) = v_{уст} t - \frac{a_{доп} t}{2}\left(\frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} + t\right) \\
&\Delta t_6 = v_{уст}/a_{доп} - a_{доп}/\rho_{доп} \\
&\Delta v_6 = -v_{уст} + \frac{a_{доп}^2}{\rho_{доп}} \\
&\Delta s_6 = \frac{v_{уст}}{2}\left(\frac{v_{уст}}{a_{уст}} - \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}}\right)
\end{aligned}\right\} \quad (12.21)$$

для седьмого этапа 6 - 7:

$$\left.\begin{aligned}
&\rho_7 = -\rho_{доп} \\
&a_7(t) = -a_{доп} + \rho_{доп} t \\
&\Delta v_7(t) = -a_{доп} t + \rho_{доп} t^2/2 \\
&\Delta s_7(t) = \frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} t - \frac{a_{доп} t^2}{2} + \frac{\rho_{доп} t^3}{6} \\
&\Delta t_7 = a_{доп}/\rho_{доп} \\
&\Delta v_7 = -\frac{a_{доп}^2}{2\rho_{доп}} \\
&\Delta s_7 = \frac{a_{доп}^3}{6\rho_{доп}^2}
\end{aligned}\right\} \quad (12.22)$$

Путь торможения равен сумме перемещений кабины на пятом, шестом и седьмом этапах:

$$s_{\text{тор}} = \Delta s_5 + \Delta s_6 + \Delta s_7 = \frac{v_{\text{уст}}^2}{2a_{\text{доп}}} + \frac{v_{\text{уст}} a_{\text{доп}}}{2\rho_{\text{доп}}}. \qquad (12.23)$$

Длительность торможения:

$$t_{\text{тор}} = \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{доп}}} + \frac{a_{\text{доп}}}{\rho_{\text{доп}}}. \qquad (12.24)$$

Получаемый из (12.23) путь торможения определяет минимальное расстояние кабины от этажа назначения, на котором должно начаться торможение кабины. Это расстояние не может быть меньше величины, полученной из (12.23), поскольку в противном случае вследствие ограничений, накладываемых на замедление и рывок, кабина не сможет остановиться на заданном уровне.

Для оптимального графика движения кабины (рис.12.2) путь и время торможения равны пути и времени разгона, что следует из сравнения выражений (12.23) и (12.24) с выражениями (12.18) и (12.19).

Путь, который проходит кабина на четвертом этапе 3–4 с установившейся скоростью $v_{\text{уст}}$ ($a_4 = 0$, $\rho_4 = 0$) зависит от задаваемой величины перемещения кабины $s_{\text{зад}}$ до этажа назначения, а также суммы путей разгона и торможения кабины:

$$\Delta s_4 = s_{\text{зад}} - (s_{\text{раз}} + s_{\text{тор}}). \qquad (12.25)$$

Это расстояние кабина будет проходить за время:

$$t_{\text{уст}} = \Delta t_4 = \Delta s_4 / v_{\text{уст}}. \qquad (12.26)$$

При этом необходимо учитывать, что этап установившегося движения может отсутствовать, если задаваемое перемещение кабины меньше суммы путей разгона и торможения кабины, т.е.

$$s_{\text{зад}} < \left(s_{\text{раз}} + s_{\text{тор}}\right) = \frac{v_{\text{уст}}^2}{a_{\text{доп}}} + \frac{v_{\text{уст}} a_{\text{доп}}}{\rho_{\text{доп}}}. \qquad (12.27)$$

Для рассмотренного выше примера при $v_{\text{уст}} = 4$ м/с:

$$s_{\text{раз}} + s_{\text{тор}} = 4{,}8\text{ м} + 4{,}8\text{ м} = 9{,}6\text{ м}.$$

Естественно, что в случае, если кабина должна останавливаться на каждом этаже, электропривод не сможет разгоняться до установившейся скорости, вследствие чего, в зависимости от условий работы, далеко не всегда следует стремиться к увеличению номинальной скорости двигателя, что, усложняя электропривод, может не дать ожидаемого при этом повышения производительности.

Уменьшение установившейся скорости при тех же ограничениях ускорения и рывка существенно уменьшает путь разгона и торможения. Так при $v_{\text{уст}} = 2$ м/с из (12.18) и (12.23), (12.19) и (12.24) получим:

$$\begin{cases} s_{\text{раз}} = s_{\text{тор}} = \dfrac{2^2}{2 \cdot 2} + \dfrac{2 \cdot 2}{2 \cdot 5} = 1{,}0 + 0{,}4 = 1{,}4\text{ м}, \\ s_{\text{раз}} + s_{\text{тор}} = 1{,}4\text{ м} + 1{,}4\text{ м} = 2{,}8\text{ м}, \end{cases}$$

$$t_{раз} + t_{тор} = \frac{2}{2} + \frac{2}{5} = 1\,с + 0{,}4\,с = 1{,}4\,с\,.$$

Полученные результаты показывают, что при скорости $v_{уст} = 2$ м/с возможен выход на установившуюся скорость при поэтажном разъезде. Правда, необходимо учитывать, что в реальных электроприводах путь разгона и торможения обычно больше рассчитанного для оптимального графика движения.

При наличии этапа движения с установившейся скоростью время движения кабины можно определить из формулы:

$$t_{дв} = t_{раз} + t_{уст} + t_{тор}\,, \qquad (12.28)$$

где время разгона установившегося движения и торможения определяются из (12.19), (12.26) и (12.24).

Полученные выше формулы позволяют построить оптимальный график движения кабины и определить скорости, пути и длительности всех этапов движения при заданных значениях установившейся скорости и допустимых величин ускорений и рывков. Этот оптимальный график и полученные из него количественные оценки движения следует рассматривать как предельные, к ним следует стремиться при выборе типа электропривода и его системы управления.

Однако следует учитывать, что требование приближения графика движения кабины к оптимальному является хотя и важным, но не единственным показателем качества электропривода лифта. Часто оно вступает в противоречие с другими, прежде всего экономическими показателями, поскольку, предъявляя жесткие требования к регулировочным характеристикам электропривода, приводит к его усложнению и удорожанию. Достаточное приближение к оптимальному графику движения может быть обеспечено с помощью сравнительно дорогого, сложного и громоздкого регулируемого привода постоянного и переменного тока. Естественно стремление использовать более простой и дешевый нерегулируемый привод с асинхронным двигателем, нашедший широкое применение в лифтах, однако при этом, как будет показано ниже, неизбежно существенное отклонение графика движения привода от оптимального, а следовательно, снижение производительности лифта, что может быть экономически оправдано при малой интенсивности пассажиропотока и для редко используемых лифтов.

На практике нерегулируемые приводы переменного тока охватывают скорости лифтов до 1,4 м/с, а для больших скоростей применяются электроприводы постоянного тока. В настоящее время имеется тенденция расширения области применения электроприводов переменного тока для лифтов до 2 м/с, что определяется стремлением использовать наиболее простой и дешевый электропривод в наиболее распространенных типах лифтов. При этом приходится применять специальные дополнительные меры для уменьшения отклонения фактической диаграммы движения от оптимальной. Однако, наиболее радикальным способом решения этой задачи является переход на регулируемые асинхронные приводы, если учесть тенденцию к снижению их стоимости.

12.1.3. Силы и моменты нагрузки электроприводов. Большинство современных пассажирских и грузовых лифтов жилых и административных зданий выполняются с противовесом (рис.12.1).

Противовес для лифтов выбирается с таким расчетом, чтобы он уравновешивал силу тяжести кабины и часть силы тяжести номинального поднимаемого груза.

$$G_{пр} = G_к + \alpha G_н . \qquad (12.27)$$

где $G_{пр}$ – сила тяжести противовеса, Н; $G_к$ – сила тяжести кабины, Н; $G_н$ – номинальная сила тяжести поднимаемого груза, Н; α – коэффициент уравновешивания силы тяжести груза, обычно принимают равным 0,4–0,6.

При наличии уравновешивающего каната 10 (рис.12.1), который компенсирует изменение нагрузки при изменении длины подъемного каната 3, усилие $F_г$ на канатоведущем шкиве 4 определяется выражением (здесь и дальше усилия, направленные вдоль каната кабины вниз, будем считать положительными, а при противоположном направлении – отрицательными):

$$F_г = G_к + G_г - G_{пр} , \qquad (12.28)$$

где $G_г$ – фактическая сила тяжести поднимаемого груза, Н.

Это усилие определяет основную нагрузку на электродвигатель.

С учетом коэффициента уравновешивания это усилие при подстановке (12.27) в (12.28) может быть определено следующим образом:

$$F_г = G_г - \alpha G_н . \qquad (12.29)$$

График зависимости усилия на канатоведущем шкиве от силы тяжести поднимаемого груза при $\alpha = 0{,}5$ приведен на рис.12.3*а*.

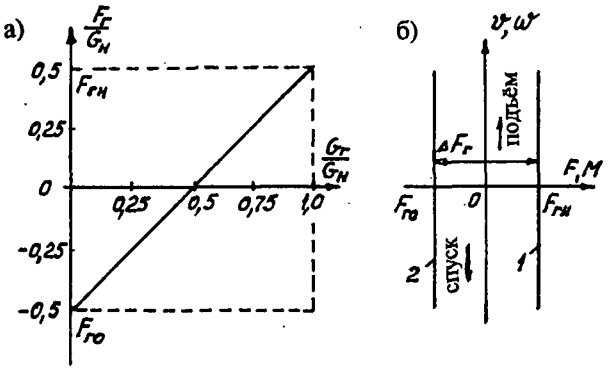


Рис.12.3. Зависимость усилия на канатоведущем шкиве от загрузки кабины

Особенностью этой нагрузки на электродвигатель является то, что она может изменять свой знак (при максимальной загрузке кабины результирующее усилие направлено в сторону перемещения кабины вниз, при порожней кабине результирующее усилие действует в сторону подъема кабины), а также может быть равной нулю при загрузке кабины равной $G_г = \alpha G_н$. При этом усилие нагрузки на канатоведущем шкиве изменяется от максимально положительного (при $\alpha = 0{,}5$: $F_{шн} = F_{ш\,макс} = 0{,}5 G_н$) до максимального отрицательного, соответствующего нулевой загрузке кабины (при $\alpha = 0{,}5$: $F_{шо} = -F_{ш\,макс} = -0{,}5 G_н$), определяемых из выражения (12.29). Это обстоятельство существенно влияет на режимы работы электропривода.

Поскольку для анализа режимов работы электропривода существенным является зависимость между усилием и линейной скоростью движения (или аналогично зависимость между моментом, приведенным к валу двигателя, и угловой скоростью двигателя), будем изображать зависимость скорости (линейной или угловой) от усилия или момента нагрузки.

При этом переход от линейных усилий и скоростей к моментам и угловым скоростям двигателя можно осуществить по формуле:

$$M = \frac{FD}{2i}, \qquad (12.30) \qquad\qquad \omega = \frac{2V \cdot i}{D}, \qquad (12.31)$$

где D - диаметр канатоведущего шкива, м; i - передаточное число редуктора; M - момент на валу двигателя, соответствующий линейному усилию F, Нм; ω - угловая скорость вала двигателя, соответствующая линейной скорости v, $^{рад}/_{с}$.

Положительными будем считать скорости двигателя при подъеме кабины, а отрицательными - при ее спуске.

На рис.12.3*б* приведены в координатах F, v (или M, ω) характеристики *1* и *2*, соответствующие номинальной и нулевой загрузке кабины. Эти характеристики ограничивают пределы изменения усилия и момента нагрузки электропровода, определяемые силой тяжести кабины с грузом и силой тяжести противовеса, при изменении загрузки кабины от нулевой до номинальной, чему соответствует изменение усилия на канатоведущем шкиве от $F_{го} = -\alpha G_н$ до $F_{гн} = G_н(1 - \alpha)$.

При загрузке кабины, равной $G_г = \alpha G_н$, как это следует из выражения (12.29), усилие на канатоведущем шкиве равно нулю и соответствующая этой загрузке характеристика в координатах (F, v) совпадает с осью ординат.

Как следует из рис.12.3*б*, величина и знак усилия и момента нагрузки $F_г$ и $M_г$ практически не зависят от направления движения кабины и от ее скорости, что определяет следующий характер влияния на режим работы электродвигателя.

В случае номинальной загрузки кабины (характеристика 1 на рис.12.3*б*) положительное усилие на шкиве $F_{гн}$ при подъеме кабины создает тормозящий момент, препятствующий движению электродвигателя, а при опускании кабины способствует ее опусканию и создает протягивающий момент на валу электродвигателя.

При порожней кабине (характеристика *2* на рис.12.3*б*), наоборот, отрицательное усилие на шкиве $F_{го}$ при подъеме кабины создает протягивающий момент, помогающий подъему кабины, а при спуске кабины создает тормозящий момент, препятствующий движению электродвигателя в направлении спуска кабины.

В случае, если загрузка кабины равна $G_г = \alpha G_н$, усилие на шкиве равно нулю и не создает момента нагрузки на валу двигателя при любом направлении его движения.

При отсутствии уравновешивающего каната *10* (рис.12.1) изменение длины подъемного каната *3* создает дополнительное усилие $F_К$, величина которого может быть определена из выражения:

$$F_к = g_к(l_{кк} - l_{кпр}), \qquad (12.32)$$

где $g_к$ - сила тяжести 1 м подъемного каната, Н; $l_{кк}$, $l_{кпр}$ - длины подъемного каната со стороны кабины и со стороны противовеса, м.

При равенстве длин подъемного каната со стороны кабины и со стороны противовеса, соответствующем положению кабины в середине шахты, величина усилия $F_к$ равна нулю (рис.12.4*а*). При движении кабины вниз от указанного положения появляется дополнительное положительное усилие, которое при нижнем положении кабины

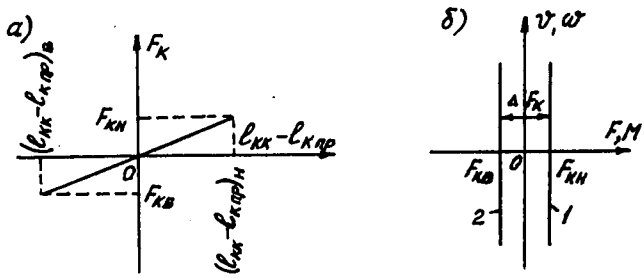


Рис.12.4. Зависимость усилия нагрузки, создаваемого весом подъемного каната, от разности длин подъемного каната со стороны кабины и со стороны противовеса

(на первом этаже) достигает величины $F_{кн}$, а при движении кабины вверх появляется отрицательное усилие, которое на верхнем этаже достигает величины $F_{кв}$ (рис.12.4*а*). Соответствующие этим величинам графики *1* и *2* на рис.12.4*б* определяют пределы изменения усилия $F_к$.

Влияние этого усилия на работу электропровода аналогично влиянию усилия $F_г$, но сама величина усилия $F_к$ зависит от положения кабины в шахте.

Если у лифта отсутствует противовес, усилие нагрузки определяется полной силой тяжести кабины и груза:

$$F_г = G_к + G_г. \qquad (12.33)$$

При этом усилие нагрузки с изменением загрузки кабины не меняет своего знака (рис.12.5). Характеристики *1* и *2* рис.12.5*б* в координатах F, v соответствуют полностью загруженной кабине $F_{гн} = G_к + G_н$ и определяют пределы изменения усилия нагрузки при изменении загрузки кабины. Максимальная величина усилия загрузки при этом значительно больше, чем при уравновешенном лифте (рис.12.3), что требует увеличения мощности электродвигателя. Независимо от загрузки кабины это усилие нагрузки при подъеме кабины создает на валу двигателя тормозящий момент, а при спуске кабины – протягивающий момент, а сила тяжести груза в кабине изменяет только величину усилия нагрузки.

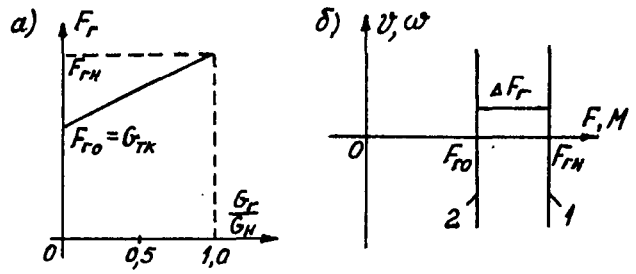


Рис.12.5. Зависимость усилия нагрузки от силы тяжести груза для лифта без противовеса

Рассмотренные нагрузки относятся к активным нагрузкам электропривода, которые создаются внешним источником механической энергии и не зависят от направления движения. Кроме того, на электропривод действуют реактивные нагрузки, которые появляются только вследствие движения и направлены против движения, т.е. всегда являются тормозящими. К реактивным нагрузкам относятся прежде всего силы, обусловленные трением в движущих объектах: силы вязкого трения, силы сухого трения и силы потерь в редукторе.

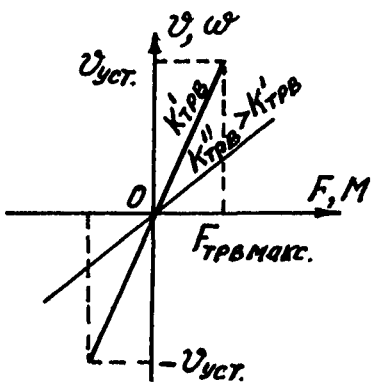


Рис.12.6. Силы вязкого трения

Силы вязкого трения $F_{трв}$ пропорциональны скорости движения v (рис.12.6):

$$F_{трв} = K_{трв} \times v \qquad (12.34)$$

где $K_{трв}$ – коэффициент вязкого трения, и определяется, в основном, сопротивлением движению в вязкой среде, например, шестерен редуктора в масляной ванне, и внутренним конструктивным трением в валах и канатах.

Знак силы вязкого трения изменяется с изменением знака скорости, а ее величина возрастает с ростом величины скорости, однако в лифтах коэффициент вязкого трения обычно не велик, вследствие чего величина

этой силы не оказывает существенного влияния на движение вала двигателя и кабины, и в инженерной практике при расчете нагрузок на валу двигателя этими силами часто пренебрегают, поскольку существенные затраты труда, необходимого для определения коэффициента вязкого трения, часто не оправдываются тем незначительным уточнением величин нагрузок. которое дает учет небольших сил вязкого трения в лифтовых установках. К тому же возможный разброс величин других сил сопротивления в процессе эксплуатации обычно превышает максимальную величину сил вязкого трения, что делает неоправданными усилия по учету этих сил.

Необходимость учета сил вязкого трения возникает иногда при выполнении специальных расчетов, например, при определении характера изменения усилий в канатах во время переходных процессов. Обычно коэффициент вязкого трения находят при этом расчетным путем по величине определяемого экспериментально коэффициента затухания.

Силы сухого трения $F_{\text{трс}}$ могут с достаточной степенью точности характеризоваться следующей зависимостью:

$$F_{\text{ТР.С}} = \begin{cases} F_{\text{д}} - F_{\text{г}} \ \text{ при } \left|F_{\text{д}} - F_{\text{г}}\right| \le F_{\text{ТР.О}};\ \upsilon = 0; \\ F_{\text{ТР.О}} \cdot \text{sign}(F_{\text{д}} - F_{\text{г}}) \ \text{ при } \left|F_{\text{д}} - F_{\text{г}}\right| > F_{\text{ТР.О}};\ \upsilon = 0; \\ F_{\text{ТР.О}} \cdot \text{sign}\,\upsilon \ \text{ при } \upsilon \ne 0 \end{cases} \qquad (12.35)$$

где $F_{\text{д}}$ - приведенная к направлению движения кабины сила двигателя, Н; $F_{\text{тр.о}}$ - максимальная величина силы сухого трения, Н.

График на рис 12.7*а* характеризует зависимость сил сухого трения при неподвижной кабине (υ = 0) от величины действующих на кабину сил $F_{\text{д}}$ - $F_{\text{г}}$ (при отсутствии компенсирующего каната здесь необходимо учесть также усилие $F_{\text{к}}$). Если сумма внешних действующих сил ($F_{\text{д}}$ - $F_{\text{г}}$) меньше максимальной величины силы трения $F_{\text{тр.о}}$, сила трения равна действующей силе (первая строчка в выражении (12.35)). При превышении суммы действующих сил максимальной величины сил трения последняя ограничивается максимальной величиной (вторая строчка в выражении (12.35)).

После начала движения кабины ($\upsilon \ne 0$) величина сухого трения определяется третьей строчкой в выражении (12.35). При этом величина сухого трения остается практически постоянной (рис.12.7*б*), а знак силы соответствует знаку скорости.

Изображение характеристики сухого трения в координатах (F, υ) (рис.12.7*в*) показывает, что сила сухого трения создает тормозящий момент независимо от направления движения, при этом сила трения противодействует разгону двигателя и помогает его торможению.

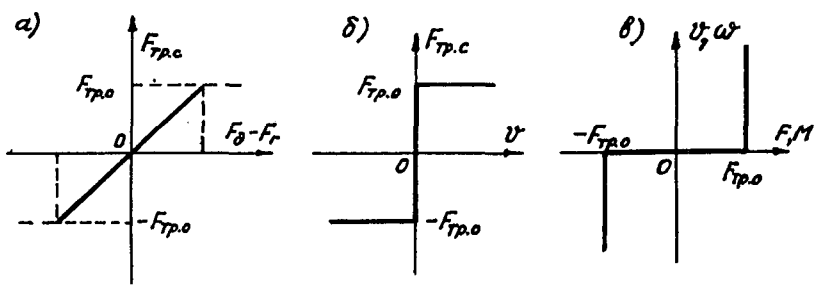


Рис.12.7. Силы сухого трения

Силы трения, возникающие в направляющих кабины и противовеса, можно с достаточной степенью точности описать характеристикой, соответствующей сухому трению. Максимальная сила сухого трения равна 15 - 30 % от силы нагрузки, определяемой силой тяжести перемещаемых масс.

Природа потерь в редукторе отличается от рассмотренных выше. В зубчатой передаче даже при идеальном эвольвентном зацеплении происходит проскальзывание профиля зуба одной шестерни относительно профиля зуба другой шестерни. Вследствие этого проскальзывания возникает сила трения скольжения, значение которой пропорционально нормальному давлению в зубьях шестерен. Нормальное давление, в свою очередь, пропорционально передаваемому усилию. Сила трения в процессе зацепления меняет свой знак при прохождении точки зацепления через полюс зацепления, однако среднее значение момента, создаваемого этой силой, в процессе зацепления всегда имеет знак, противоположный угловой скорости, так что результирующие силы трения в зубьях шестерен и соответствующий им момент на валу двигателя можно приближенно считать зависящим от передаваемого усилия, а направление этого момента и сил сопротивления - противоположными угловой скорости шестерен и соответствующей ей линейной скорости движения кабины.

Действующие на подшипники опор силы также пропорциональны передаваемому усилию, а потому возникающие при этом силы трения создают момент сопротивления, пропорциональный передаваемому усилию и направленный против угловой скорости.

Силы трения в редукторе, пропорциональные передаваемому усилию, могут быть представлены в виде:

$$F_{\text{ред}} = K_{\text{ред}} \left| m\frac{dv}{dt} + (F_{\text{г}} + F_{\text{тр}}) \right| \operatorname{sign} v\,, \qquad (12.36)$$

где m - приведенная к направлению подъемного каната кабины масса движущихся элементов лифта, кГ; $K_{\text{ред}}$ - коэффициент потерь в редукторе.

Здесь под знаком модуля стоит выражение, соответствующее передаваемому через редуктор усилию $F_{\text{пу}}$ и зависящее от динамического усилия $m^{dv}/_{dt}$ и суммы усилий нагрузки на выходном валу редуктора.

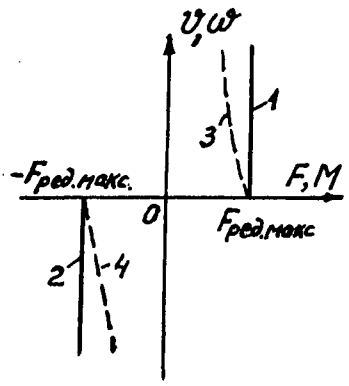


Рис.12.8. Силы потерь в редукторе

При постоянной величине передаваемого через редуктор усилия и постоянном коэффициенте потерь в редукторе график этих потерь в координатах F, v изображается линиями *1* и *2* на рис.12.8.

Следует учитывать, что при увеличении угловой скорости валов редуктора (соответствующей ей линейной скорости кабины) уменьшается угол трения в зацеплении, вследствие чего с увеличением скорости уменьшается коэффициент в редукторе $K_{\text{ред.}}$ и характеристика сил потерь в редукторе будет при этом иметь вид, соответствующий линиям *3* и *4* на рис.12.8. Кроме того, при применении червячного редуктора коэффициент потерь и соответствующие ему силы потерь в редукторе различны в зависимости от направления передачи энергии.

Сумма указанных сил (или моментов) сопротивления определяет суммарную силу (или момент) сопротивления для электродвигателя. Так, для лифта с противовесом и уравновешивающим канатом при наличии сил сухого трения и потерь в редукторе статическая сила нагрузки F_c определяется суммой составляющих, приведенных на рис.12.3, 12.7, 12.8:

$$F_c = F_г + F_{тр.с} + F_{ред} \qquad (12.37)$$

При номинальной загрузке кабины $G_г = G_н$, при которой усилие нагрузки от перемещаемых грузов $F_г = F_{гн}$ (рис.12.3*б*), статическая сила сопротивления характеризуется графиками *1* и *2* на рис.12.9, а при нулевой загрузке кабины $G_г = 0$, при которой усилие нагрузки от перемещаемых грузов $F_г = F_{го}$ (рис.12.3*б*), статическая сила сопротивления характеризуется графиками *3* и *4* на рис.12.9*а*. При этом графики *1* и *3* определяют пределы изменения статической силы сопротивления в зависимости от загрузки кабины при ее подъеме, а графики *2* и *4* определяют те же пределы при спуске кабины. В уравновешенном состоянии ($G_к + G_г = G_{пр}$), при котором $F_г = 0$, статическая сила сопротивления определяется только величинами сил трения и потерь в редукторе (рис.12.9*б*), причем в этом случае (и при малых величинах $F_г$, меньших сумм сил трения и потерь в редукторе) в зависимости от направления движения сила сопротивления меняет свой знак. При этом независимо от направления движения суммарная статическая сила сопротивления оказывает тормозящее действие на двигатель.

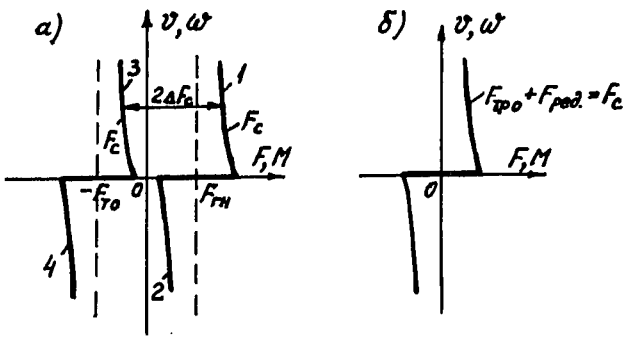


Рис.12.9. Суммарная статическая сила сопротивления F_c с учетом сил сухого трения и сил потерь в редукторе при номинальной и нулевой загрузке кабины (а) и при загрузке кабины, соответствующей уравновешенной системе лифта $F_г = 0$ (б)

При номинальной загрузке кабины (графики *1* и *2* на рис.12.9*а*) и при нулевой загрузке кабины (графики *3* и *4* на рис.12.9*а*) изменение направления движения обычно изменяет знак статической силы сопротивления, поскольку постоянная величина силы $F_г$ при этом по модулю обычно больше изменяющихся сил трения и потерь в редукторе. Знак статической силы F_c соответствует знаку $F_г$, причем при номинальной загрузке кабины ($F_г = F_{гн}$) статическая сила сопротивления F_c является тормозящей при подъеме кабины (график *1* на рис.12.9*а*) и протягивающий при спуске кабины (график *2* на рис.12.9*а*). При нулевой загрузке кабины ($F_г = F_{го}$), наоборот, статическая сила сопротивления является протягивающей при подъеме кабины (график *3* на рис.12.9*а*) и тормозящей при спуске кабины (график *4* на рис.12.9*а*).

При отсутствии противовеса и уравнивающего каната статическая сила нагрузки определяется суммой от полной силы тяжести кабины с грузом (рис.12.5), от подъемного каната (рис.12.4), силы сухого трения (рис.12.7) и сил потерь в редукторе (рис.12.8):

$$F_c = F_г + F_к + F_{тр.с} + F_{ред.} = F_г + F_{пот} \qquad (12.38)$$

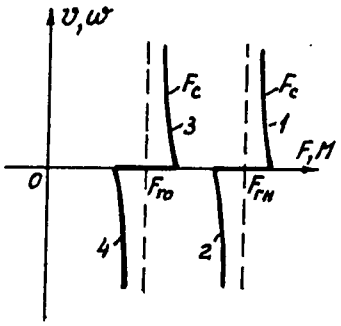


Рис.12.10. Суммарная статическая сила сопротивления для лифта без противовеса

При изменении загрузки кабины статическая сила нагрузки не меняет знак, а величина ее скачком изменяется при изменении направления движения вследствие изменения знака реактивных нагрузок (рис.12.10). Графики *1* и *3* на рис.12.10 определяют пределы изменения статической силы нагрузки в зависимости от загрузки кабины при ее подъеме, а графики *2* и *4* определяют те же пределы при спуске кабины. Независимо от загрузки кабины эта нагрузка является тормозящей при подъеме кабины и протягивающей при ее спуске.

Для безредукторного привода характер статической силы нагрузки аналогичен рассмотренным и может быть определен из тех же выражений (12.37) и (12.38) при $F_{\text{ред}} = 0$.

В инженерной практике обычно при определении статической силы $F_{\text{с}}$ и статического момента $M_{\text{с}}$ нагрузки электродвигателя сила $F_{\text{пот}}$ и момент $M_{\text{пот}}$ потерь учитываются с помощью К.П.Д. η механической передачи, введение которого по величине силы или момента активной внешней нагрузки (здесь $F_{\text{г}}$ или $M_{\text{г}}$) определить статическую силу $F_{\text{с}}$ и момент $M_{\text{с}}$ нагрузки электродвигателя.

При подъеме кабины с номинальной загрузкой статическая сила нагрузки $F_{\text{с}}$ или момент $M_{\text{с}}$ больше величины активной нагрузки $F_{\text{г}}$ (или $M_{\text{г}}$) (график *1* на рис.12.9*а*) и определяется из выражения:

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{гн}} + F_{\text{пот}} = \frac{F_{\text{гн}}}{\eta} = \frac{G_{\text{к}} + G_{\text{н}} - G_{\text{пр}}}{\eta} = \frac{(1-\alpha)G_{\text{н}}}{\eta}, \\ M_{\text{с}} &= M_{\text{г}} + M_{\text{пот}} = \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{F_{\text{гн}}D}{2i\eta} = \frac{(1-\alpha)G_{\text{н}}D}{2i\eta}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.39)$$

Аналогично может быть определена статическая сила и статический момент нагрузки электродвигателя при спуске порожней кабины, при котором $|F_{\text{с}}| > |F_{\text{го}}|$ (график *4* на рис 12.9*а*):

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= |F_{\text{го}}| - |F_{\text{пот}}| = \frac{F_{\text{го}}}{\eta} = \frac{G_{\text{к}} - G_{\text{пр}}}{\eta} = \frac{-\alpha G_{\text{н}}}{\eta}, \\ M_{\text{с}} &= -|M_{\text{го}}| - |M_{\text{пот}}| = \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{F_{\text{го}}D}{2i\eta} = \frac{(G_{\text{к}} - G_{\text{пр}})D}{2i\eta} = \frac{-\alpha G_{\text{н}}D}{2i\eta}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.40)$$

При подъеме порожней кабины (график *3* на рис.12.9*а*) и спуске груженой кабины (график *2* на рис.12.9*а*) статическая сила и статический момент нагрузки электродвигателя меньше по модулю величины нагрузки $F_{\text{г}}$ (или $M_{\text{г}}$) на величину потерь в механической передаче ($F_{\text{пот}}$ или $M_{\text{пот}}$). Тогда при подъеме порожней кабины:

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= -|F_{\text{го}}| - |F_{\text{пот}}| = F_{\text{го}}\eta = (G_{\text{к}} - G_{\text{пр}})\eta = -\alpha G_{\text{н}}\eta, \\ M_{\text{с}} &= -|M_{\text{го}}| - |M_{\text{пот}}| = \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{F_{\text{го}}D\eta}{2i} = \frac{-\alpha G_{\text{н}}D\eta}{2i}, \end{aligned}\right\} \qquad (12.41)$$

а при спуске кабины с номинальным грузом:

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{гн}} - \left|F_{\text{пот}}\right| = F_{\text{гн}}\eta = (G_{\text{к}} + G_{\text{н}} - G_{\text{пр}})\eta = (1-\alpha)G_{\text{н}}\eta, \\ M_{\text{с}} &= M_{\text{гн}} - \left|M_{\text{пот}}\right| = \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{F_{\text{гн}}D\eta}{2i} = \frac{(1-\alpha)G_{\text{н}}D\eta}{2i}, \end{aligned}\right\} \qquad (12.42)$$

Поскольку у лифта без противовеса и без уравновешивающего каната характер статической нагрузки (рис.12.10) отличается от характера этой нагрузки лифта с противовесом (рис.12.9), приведем выражения для ее определения.

При подъеме с номинальной загрузкой (график 1 на рис.12.10):

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{гн}} + F_{\text{к}} + F_{\text{пот}} = \frac{F_{\text{гн}} + F_{\text{к}}}{\eta} = \frac{G_{\text{к}} + G_{\text{н}} + F_{\text{к}}}{\eta}, \\ M_{\text{с}} &= \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{(F_{\text{гн}} + F_{\text{к}})D}{2i\eta} = \frac{(G_{\text{к}} + G_{\text{н}} + F_{\text{к}})D}{2i\eta}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.43)$$

При спуске кабины с номинальной загрузкой (график *2* на рис.12.10):

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{гн}} + F_{\text{к}} - \left|F_{\text{пот}}\right| = (F_{\text{гн}} + F_{\text{к}})\eta = (G_{\text{к}} + G_{\text{н}} + F_{\text{к}})\eta, \\ M_{\text{с}} &= \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{(F_{\text{гн}} + F_{\text{к}})D\eta}{2i} = \frac{(G_{\text{к}} + G_{\text{н}} + F_{\text{к}})D\eta}{2i}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.44)$$

При подъеме порожней кабины (график 3 на рис.12.10):

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{го}} + F_{\text{к}} + F_{\text{пот}} = \frac{F_{\text{го}} + F_{\text{к}}}{\eta} = \frac{G_{\text{к}} + F_{\text{к}}}{\eta}, \\ M_{\text{с}} &= \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{(F_{\text{го}} + F_{\text{к}})D}{2i\eta} = \frac{(G_{\text{к}} + F_{\text{к}})D}{2i\eta}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.45)$$

При спуске порожней кабины (график 4 на рис.12.10):

$$\left.\begin{aligned} F_{\text{с}} &= F_{\text{го}} + F_{\text{к}} - \left|F_{\text{пот}}\right| = (F_{\text{го}} + F_{\text{к}})\eta = (G_{\text{к}} + F_{\text{к}})\eta, \\ M_{\text{с}} &= \frac{F_{\text{с}}D}{2i} = \frac{(F_{\text{го}} + F_{\text{к}})D\eta}{2i} = \frac{(G_{\text{к}} + F_{\text{к}})D\eta}{2i}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.46)$$

При определении статической силы и статического момента нагрузки электродвигателя следует учитывать, что величина К.П.Д. зависит от величины внешней активной нагрузки.

Для определения характера изменений К.П.Д. рассмотрим случай, когда внешняя активная нагрузка равна $F_{\text{г}}$, а реактивные силы потерь в передаче в основном определяются силами сухого трения (например, в безредукторном электроприводе), величина которых равна $F_{\text{тр.с}} = F_{\text{тр.о}} = const$.

Тогда в режимах, в которых статическая сила равна сумме внешних сил и сил трения:

$$F_{\text{с}} = F_{\text{г}} + F_{\text{тр.с}} = F_{\text{г}} + F_{\text{тр.о}}. \qquad (12.47)$$

Как следует из приведенных выше формул, в этих режимах статическая сила нагрузки определяется из формулы:

$$F_{\text{с}} = \frac{F_{\text{г}}}{\eta_1}. \qquad (12.48)$$

Тогда из этих двух зависимостей:

$$\eta_1 = \frac{F_г}{F_с} = \frac{F_г}{F_г + F_{тр.о}} = \frac{1}{1 + \frac{F_{тр.о}}{F_г}}. \qquad (12.49)$$

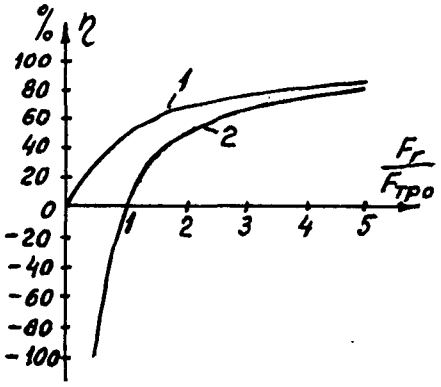


Рис.12.11. Зависимость КПД механической передачи от сил внешней нагрузки при постоянной силе потерь

На рис.12.11 приведена построенная по выражению (12.49) зависимость *1*, характеризующая изменение К.П.Д. механической передачи и функции внешних сил активной нагрузки, уменьшение которой уменьшает К.П.Д. передачи.

В режимах, в которых статическая сила равна разности внешних сил и сил трения:

$$F_с = F_г - F_{тр.с} = F_г - F_{тр.о} \qquad (12.50)$$

Через К.П.Д. статическая сила в этих режимах определяется из формулы:

$$F_с = F_г \cdot \eta_2 \qquad (12.51)$$

Тогда из (12.50) и (12.51):

$$\eta_2 = \frac{F_с}{F_г} = \frac{F_г - F_{тр.о}}{F_г} = 1 - \frac{F_{тр.о}}{F_г} \qquad (12.52)$$

По этой формуле на рис.12.11 построена зависимость 2.

Из (12.49) и (12.53) можно найти связь между значениями К.П.Д. η_1 и η_2 :

$$\eta_1 = \frac{1}{2 - \eta_2}; \quad \eta_2 = 2 - \frac{1}{\eta_1}. \qquad (12.53)$$

Хотя выражение (12.53) выведены из частного случая, они являются практически универсальными при одинаковом характере потерь при прямой и обратной передаче энергии. Величина η_1 должна подставляться во все приведенные выше выражения для определения статической силы и статического момента нагрузки электродвигателя (12.39) ÷ (12.46), в которых К.П.Д. стоит в знаменателе. Это соответствует тормозному моменту нагрузки (первый и третий квадраты на рис.12.9 и рис.12.10).

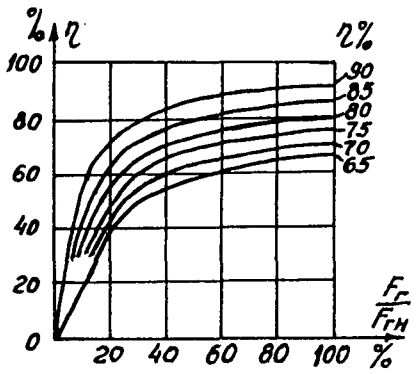


Рис.12.12. Зависимость КПД механизма от нагрузки

В те же выражения, в которых К.П.Д. стоит в числителе, должна подставляться величина $\eta = \eta_2$. Это соответствует движущему моменту нагрузки (второй и четвертый квадраты на рис.12.9 и рис.12.10).

Для механической передачи номинальные значения К.П.Д. $\eta_н$, соответствующие номинальной нагрузке, либо задаются, либо могут быть определены по справочным данным. При грузе, отличном от номинального, К.П.Д. можно определить для случая тормозного момента нагрузки с помощью кривых, приведенных на рис.12.12.

Из этих кривых определяется величина η_1 для случая тормозных моментов нагрузки, а величина η_2 для движущих моментов нагрузки может быть определена из (12.53).

На тихоходных и быстроходных лифтах с асинхронными электроприводами широко применяется червячный редуктор, особенность которого заключается в существенной зависимости К.П.Д. от скорости вала червяка (т.е. от v или ω) и от направления передачи энергии.

При прямой передаче энергии от двигателя к механизму К.П.Д. червячного редуктора обычно определяется из формулы:

$$\eta_1 = \frac{\operatorname{tg}\lambda}{\operatorname{tg}(\lambda+\varphi)}, \tag{12.54}$$

а при обратной передаче энергии - из формулы:

$$\eta_2 = \frac{\operatorname{tg}(\lambda-\varphi)}{\operatorname{tg}\lambda}, \tag{12.55}$$

где λ - угол подъема винтовой линии на делительном цилиндре червяка, φ - угол трения, зависит от скорости вращения вала червяка.

На рис.12.13 приведены построенные по этим характеристикам кривые 1 и 2, характеризующие изменение К.П.Д. червячного редуктора грузопассажирского лифта ($m_г$ = 500 кГ, v = 1,0 м/с).

Использование величины К.П.Д. для определения статической силы и статического момента нагрузки электродвигателя удобна при значительных моментах, близких к номинальным, когда потери в передачах относительно мощности нагрузки малы. В области малых нагрузок, когда $\eta \to 0$, определение F_c и M_c с помощью К.П.Д. оказывается недостоверным. В этом случае целесообразно учитывать силы потерь на трение непосредственно по приведенным выше формулам как слагаемые, входящие в величину F_c или M_c .

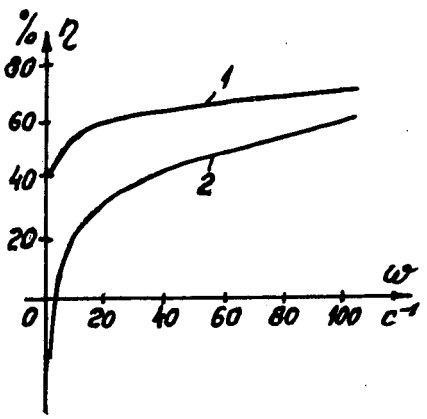


Рис.12.13. КПД червячного редуктора при прямой 1 и обратной 2 передаче энергии

12.1.4. Режим точной остановки кабины лифта. Характеристики электропривода оказывают существенное влияние на возможность выполнения требований точности остановки кабины на заданном уровне.

Для определения предъявляемых при этом к электроприводу требований рассмотрим процесс движения кабины в процессе торможения (рис.12.14).

Кабина приближается к заданному уровню остановки с начальной скоростью $v_{нач}$. Начало торможения определяется появлением сигнала с датчика точной остановки Д.Т.О. (рис.12.14). Чаще всего, особенно на тихоходных и быстроходных лифтах, торможение осуществляется отключением двигателя и наложением механического тормоза, после чего процесс движения кабины становится неуправляемым. Если принять, что отключение двигателя и наложение тормоза происходит одновременно, полагая при этом, что усилие тормоза возрастает до установленной величины скачком, весь процесс торможения можно разделить на два этапа.

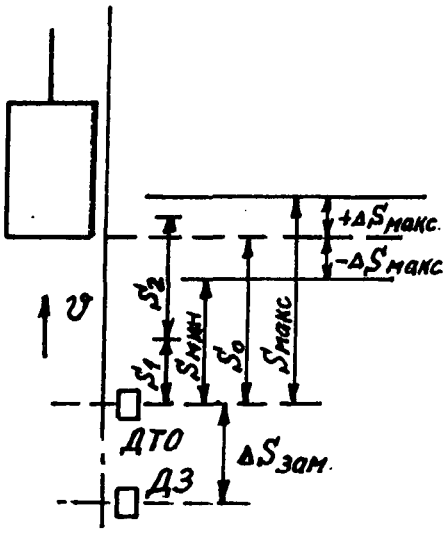


Рис.12.14. Движение кабины в режиме остановки

Первый этап движения обусловлен тем, что аппаратура, обеспечивающая отключение и включение тормоза, имеет собственное время срабатывания $t_{ср}$, в течение которого после поступления сигнала от датчика точной остановки кабина продолжает двигаться со скоростью $v_{нач}$, с которой она подошла к датчику точной остановки, и проходит за это время путь

$$S_1 = v_{нач} \cdot t_{ср} \qquad (12.56)$$

Второй этап движения начинается после срабатывания аппаратуры переключения, когда отключается двигатель и накладывается тормоз, а кинетическая энергия всех поступательно и вращательно движущихся масс лифта расходуется на совершение работы по преодолению сил статической нагрузки и силы тормоза на проходимом при этом пути S_2 :

$$\frac{m v_{нач}^2}{2} = (F_т + F_с) S_2 \qquad (12.57)$$

где m – суммарная масса движущихся частей лифта, приведенная к поступательному движению кабины, кГ; $F_т + F_с$ – суммарное усилие сопротивления движению, создаваемое моментом механического тормоза $M_т$ (приведенным к поступательному движению) и статической силой сопротивления $F_с$, $Н$.

Отсюда путь, который пройдет кабина на втором этапе движения, определяется формулой:

$$S_2 = \frac{v_{нач}^2}{2a} \qquad (12.58)$$

где $a = (F_т + F_с)/m$ – ускорение кабины в процессе торможения.

Сумма путей S_1 и S_2 определяет полный путь. который проходит кабина до остановки после поступления сигнала от датчика точной остановки (рис.12.14):

$$S = S_1 + S_2 = v_{нач} t_{ср} + \frac{v_{нач}^2}{2a} \qquad (12.60)$$

Входящие в полученное выражение величины не остаются постоянными, а могут изменяться по разным причинам, вследствие чего изменяется и путь торможения S, а это приводит к отклонению положения остановки кабины от заданного уровня.

В качестве расчетных целесообразно принять средние значения указанных величин, тогда максимальное их отклонение от расчетных значений будет равно половине возможного диапазона изменения этих величин. Тогда эти величины можно представить в виде:

$$S = S_0 \pm \Delta S \; ; \quad v_{нач} = v_0 \pm \Delta v \; ;$$

$$t_{ср} = t_0 \pm \Delta t \; ; \quad a = a_0 \pm \Delta a \; ,$$

где S_0, v_0, t_0, a_0 – среднее значение переменных, ΔS, Δv, Δt, Δa – максимальные отклонения переменных от средних значений.

Датчик точной остановки должен устанавливаться от заданного уровня остановки на расстоянии, равном среднему при торможении S_0, тогда величина ΔS будет характеризовать максимальную неточность остановки (рис.12.14). Ограничение отклонений полного пути от его среднего значения является важнейшей задачей, решаемой при автоматизации процесса остановки.

Подставив в (12.60) значения переменных, выраженные через средние значения и их максимальные отклонения, можно определить максимальный и минимальный пути торможения:

$$S_{\text{макс}} = S_0 + \Delta S = (v_0 + \Delta v)(t_0 + \Delta t) + \frac{(v_0 + \Delta v)^2}{2(a_0 - \Delta a)} = v_0 t_0 \left(1 + \frac{\Delta v}{v_0}\right)\left(1 + \frac{\Delta t}{t_0}\right) + \frac{v_0^2}{2a_0} \cdot \frac{\left(1 + \Delta v / v_0\right)^2}{\left(1 - \Delta a / a_0\right)},$$

$$S_{\text{мин}} = S_0 - \Delta S = (v_0 - \Delta v)(t_0 - \Delta t) + \frac{(v_0 - \Delta v)^2}{2(a_0 + \Delta a)} = v_0 t_0 \left(1 - \frac{\Delta v}{v_0}\right)\left(1 - \frac{\Delta t}{t_0}\right) + \frac{v_0^2}{2a_0} \cdot \frac{\left(1 - \Delta v / v_0\right)^2}{\left(1 + \Delta a / a_0\right)}.$$

Отсюда можно получить среднее значение пути, который проходит кабина в процессе остановки:

$$S_0 = \frac{S_{\text{макс}} + S_{\text{мин}}}{2} = S_{01} + S_{02}, \tag{12.61}$$

где $$S_{01} = v_0 t_0 \left(1 + \frac{\Delta v}{v_0} \cdot \frac{\Delta t}{t_0}\right) \tag{12.62}$$

и $$S_{02} = \frac{v_0^2}{2a_0} \cdot \frac{1 + \frac{\Delta v}{v_0}\left(\frac{\Delta v}{v_0} + 2\frac{\Delta a}{a_0}\right)}{1 - \left(\frac{\Delta a}{a_0}\right)^2} \tag{12.63}$$

средние значения пути, которые проходит кабина соответственно на первом и на втором этапах остановки.

Максимальная неточность остановки:

$$\Delta S = \frac{S_{\text{макс}} - S_{\text{мин}}}{2} = \Delta S_1 + \Delta S_2, \tag{12.64}$$

где $$\Delta S_1 = v_0 t_0 \left(\frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta t}{t_0}\right) \tag{12.65}$$

и $$\Delta S_2 = \frac{v_0^2}{2a_0} \cdot \frac{\frac{\Delta a}{a_0} + \frac{\Delta v}{v_0}\left(2 + \frac{\Delta v}{v_0} \cdot \frac{\Delta a}{a_0}\right)}{1 - \left(\frac{\Delta a}{a_0}\right)^2} \tag{12.66}$$

максимальные отклонения пути кабины от средних значений соответственно на первом и втором этапах остановки.

Как видно из приведенных выражений, и средние значения путей торможения, и максимальные отклонения от средних значений, зависят как от средних значений начальной скорости v_0, ускорения a_0 и времени срабатывания аппаратуры t_0, так и от отклонений этих величин от средних значений.

Относительные отклонения путей торможения от их средних значений, определяющие неточность остановки, характеризуются выражениями:

$$\frac{\Delta S_1}{S_{01}} = \frac{\frac{\Delta v}{v_0} + \frac{\Delta t}{t_0}}{1 + \frac{\Delta v}{v_0} \cdot \frac{\Delta t}{t_0}}, \quad (12.67) \qquad \frac{\Delta S_2}{S_{02}} = \frac{\frac{\Delta a}{a_0} + \frac{\Delta v}{v_0}\left(2 + \frac{\Delta v}{v_0} \cdot \frac{\Delta a}{a_0}\right)}{1 + \frac{\Delta v}{v_0}\left(\frac{\Delta v}{v_0} + 2\frac{\Delta a}{a_0}\right)}. \quad (12.68)$$

По этим выражениям на рис.12.15 и рис.12.16 построены графики изменения относительных отклонений путей торможения на первом и втором этапах.

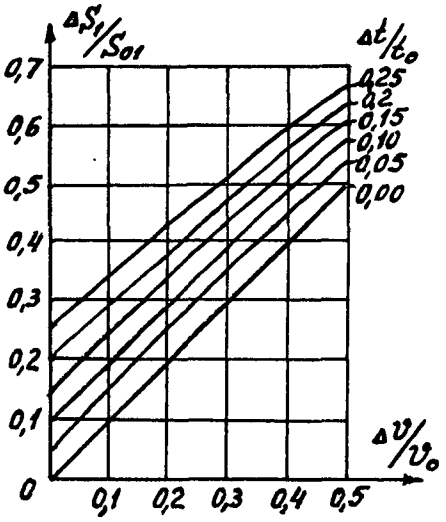


Рис.12.15. Зависимость относительного отклонения пути кабины на первом этапе торможения от отклонения начальной скорости и времени срабатывания аппаратуры от средних значений

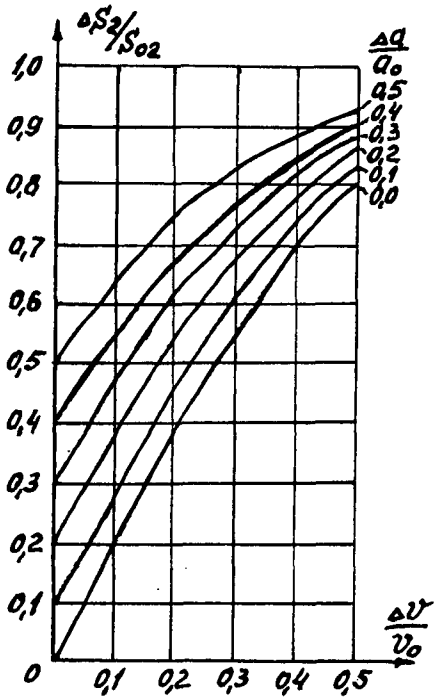


Рис.12.16. Зависимость относительного отклонения пути кабины на втором этапе торможения от отклонения скорости и ускорения от средних значений

Как следует из рис.12.15, относительные отклонения путей торможения от среднего значения возрастают с увеличением отклонения Δt от среднего значения времени срабатывания аппаратуры t_0 и с увеличением отклонения Δv начальной скорости от ее среднего значения Δv_0, причем с увеличением Δv относительное влияние величины Δt на отклонение пути движения на первом этапе остановки

уменьшается: при $\Delta v/v_0 = 0$ изменение $\Delta t/t_0$ от 0 до 0,25 увеличивает величину $\Delta S_1/S_{01}$ на 0,25, а при $\Delta v/v_0 = 0{,}5$ такое же изменение величины $\Delta t/t_0$ приводит к возрастанию $\Delta S_1/S_{01}$ только на 0,166.

Относительное отклонение пути торможения на втором этапе (рис.12.16) возрастает с увеличением величины Δv и Δa, причем с увеличением Δv уменьшается относительное влияние отклонения Δa: при $\Delta v/v_0 = 0$ изменение $\Delta a/a_0$ от 0 до 0,5 дает изменение $\Delta S_2/S_{02}$ на 0,5, а при $\Delta v/v_0 = 0{,}5$ такое же изменение $\Delta a/a_0$ увеличивает $\Delta S_2/S_{02}$ только на величину 0,128.

Рассмотрим влияние на отклонение путей торможения каждой из определяющих их величин.

Величина t_0 представляет собой суммарное среднее значение времени срабатывания всех последовательно действующих в схеме управления тормозом аппаратов. Среднее время срабатывания для каждого аппарата указывается в справочной литературе и там же оговаривается возможный разброс конкретных значений времени срабатывания. Для большинства аппаратов в среднем возможный разброс времени срабатывания составляет $\pm(15 \div 20)\%$ от среднего времени срабатывания. Поэтому относительное значение $\Delta t/t_0 = 0{,}15$ может быть с достаточной степенью точности принято в большинстве практических расчетов.

Как следует из выражения (12.62) и (12.65), и среднее значение пути на первом этапе, и отклонение от него, пропорциональны абсолютному значению среднего времени срабатывания аппаратуры t_0.

Поэтому с целью уменьшения неточности остановки следует стремиться к уменьшению времени срабатывания аппаратуры t_0 путем использования быстродействующих аппаратов (например, бесконтактных элементов) и сокращения числа последовательно действующих элементов схемы. Однако необходимо помнить, что эти меры могут уменьшить лишь отклонение от исходного пути на первом этапе остановки и не влияет на величину отклонения на втором этапе торможения.

Ускорение кабины в процессе торможения, как следует из (12.59). зависит от усилия тормоза $F_т$, от силы сопротивления $F_с$ и от приведенной массы движущихся частей лифта m.

Усилие тормоза можно представить в виде

$$F_т = F_{то} \pm \Delta F_т \qquad (12.69)$$

где $F_{то}$ - среднее значение усилия тормоза, $\Delta F_т$ - его максимальное отклонение от среднего значения.

При определении среднего ускорения $a_о$ и его отклонения от среднего значения Δa необходимо учитывать, что как усилие сопротивления $F_с$, так и масса m, зависят от загрузки кабины $G_г$.

$$F_с = F_г + F_{пот} = G_к + G_г - G_{пр} + F_{пот} = G_г - \alpha G_н + F_{пот}, \qquad (12.70)$$

$$m = m_к + m_г + m_{пр} + m_{кн} + m_{вр} = \frac{G_к}{g} + \frac{G_г}{g} + \frac{G_{пр}}{g} + \frac{G_{кн}}{g} + m_{вр} = m_{пост} + \frac{G_г}{g}. \qquad (12.71)$$

Здесь $F_{пот}$ - сила потерь в механической передаче, Н; $m_к$, $m_г$, $m_{пр}$, $m_{кн}$, $m_{вр}$ - массы кабины, груза, противовеса, канатов и приведенная к линейному перемещению масса вращающихся частей лифта, кГ; $m_{пост} = m_к + m_{пр} + m_{кн} + m_{вр}$ - постоянная часть приведенной массы, кГ.

Учитывая приведенные зависимости, из (12.59) можно получить формулу для определения ускорения при торможении в процессе спуска кабины:

$$a = \frac{F_{то} \pm \Delta F_{т} + F_{пот} + \alpha G_{н} - G_{г}}{m_{пост} + \dfrac{G_{г}}{g}} \tag{12.72}$$

Из этого выражения следует, что при торможении кабины в процессе спуска максимальное ускорение возникает при порожней кабине ($G_{г} = 0$), когда числитель будет максимальным (максимальная динамическая сила в процессе торможения), а знаменатель - минимальным (минимальная приведенная масса). По мере роста загрузки кабины ускорение уменьшается и становится минимальным при $G_{г} = G_{н}$ (кривая 1 на рис.12.17)

Тогда из (12.72) при $G_{г} = 0$:

$$a_{макс} = \frac{F_{то} + \Delta F_{т} + F_{пот} + \alpha G_{н}}{m_{пост}} \tag{12.73}$$

а при $G_{г} = G_{н}$

$$a_{мин} = \frac{F_{то} - \Delta F_{т} + F_{пот} - G_{н}(1-\alpha)}{m_{пост} + \dfrac{G_{н}}{g}} \tag{12.74}$$

Среднее значение ускорения:

$$a_{0} = \frac{a_{макс} + a_{мин}}{2} = \frac{\left(F_{то} + F_{пот} + \alpha G_{н}\right)\left(2 + \dfrac{G_{н}}{g m_{пост}}\right) - G_{н}\left(1 - \dfrac{\Delta F}{g m_{пост}}\right)}{2 m_{пост}\left(1 + \dfrac{G_{н}}{g m_{пост}}\right)}. \tag{12.75}$$

Максимальное отклонение ускорения от его среднего значения:

$$\Delta a = \frac{a_{макс} - a_{мин}}{2} = \frac{\left(F_{то} + F_{пот} + \alpha G_{н}\right)\dfrac{G_{н}}{g m_{пост}} + \Delta F_{т}\left(2 + \dfrac{G_{н}}{g m_{пост}}\right) + G_{н}}{2 m_{пост}\left(1 + \dfrac{G_{н}}{g m_{пост}}\right)}. \tag{12.76}$$

При торможении поднимающейся кабины ускорение характеризуется зависимостью:

$$a = -\frac{F_{то} \pm \Delta F_{т} + F_{пот} - \alpha G_{н} + G_{г}}{m_{пост} + \dfrac{G_{г}}{g}}. \tag{12.77}$$

Как следует из этого выражения, с увеличением загрузки кабины (с увеличением $G_{г}$) возрастает его числитель, что свидетельствует об увеличении динамической силы в процессе торможения, но одновременно увеличивается знаменатель, характеризующий увеличение приведенной массы. Правда, при реальных параметрах лифтов относительное увеличение числителя превышает относительное увеличение знаменателя (динамическая сила изменяется в большей степени, чем приведенная масса), вследствие чего с ростом загрузки кабины величина ускорения увеличивается (кривая 2 на рис.12.17).

При этом $G_г = G_н$:

$$-|a_{макс}| = -\frac{F_{то} + \Delta F_т + F_{пот} - \alpha G_н + G_н}{m_{пост} + \frac{G_н}{g}} \tag{12.78}$$

а при $G_г = 0$:

$$-|a_{мин}| = -\frac{F_{то} - \Delta F_т + F_{пот} - \alpha G_н}{m_{пост}} \tag{12.79}$$

Среднее значение ускорения:

$$a_0 = -\frac{a_{макс} + a_{мин}}{2} = -\frac{\left(F_{то} + F_{пот} - \alpha G_н\right)\left(2 + \frac{G_н}{g m_{пост}}\right) + G_н\left(1 - \frac{\Delta F_т}{g m_{пост}}\right)}{2m_{пост}\left(1 + \frac{G_н}{g m_{пост}}\right)} \tag{12.80}$$

Максимальное отклонение ускорения от его среднего значения:

$$\Delta a = \frac{|a_{макс} - a_{мин}|}{2} = \frac{G_н + \Delta F_т\left(2 + \frac{G_н}{g m_{пост}}\right) - \frac{G_н}{g m_{пост}}\left(F_{то} + F_{пот} - \alpha G_н\right)}{2m_{пост}\left(1 + \frac{G_н}{g m_{пост}}\right)} \tag{12.81}$$

Сравнивая выражения (12.76) и (12.80), можно сделать вывод, что максимальное отклонение ускорения от его среднего значения в режиме торможения опускаемой кабины превышает величину этого отклонения при торможении поднимаемой кабины. поскольку, как указывалось выше, в первом случае увеличению динамической силы соответствует уменьшение приведенной массы, а во втором случае увеличение динамической силы сопровождается увеличением приведенной массы.

Этот вывод подтверждается также рисунком 12.17, где кривые 1 и 2 характеризуют изменение ускорения с изменением загрузки кабины при торможении соответственно опускаемой и поднимаемой кабины при следующих значениях исходных параметров: $F_{то} = 8100$ Н, $\Delta F_т = 0$, $F_{пот} = 980$ Н, $G_н = 4900$ Н, $m_{пост} = 3940$ кГ. В качестве максимального значения ускорения принята величина, полученная из (12.76) для режима торможения опускаемой кабины.

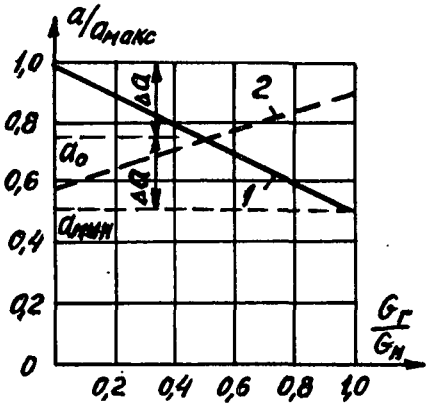


Рис. 12.17. Влияние загрузки кабины на ее ускорение в режиме торможения: 1 - при спуске кабины, 2 - при подъеме кабины

Влияние изменения загрузки кабины на величину ускорения в процессе торможения является возмущающим воздействием на электропривод лифта, которое определяется спецификой работы лифта и избежать которых нельзя. Относительное влияние изменения загрузки кабины на динамическую силу можно уменьшить увеличением силы тормоза $F_т$. Как следует из выражений (12.72) и (12.77), чем больше тормозное усилие $F_т$, тем меньшую часть динамической силы (числитель в указанных выражениях) составляет величина загрузки кабины $G_г$ и тем меньше бу-

дет ее влияние на изменение ускорения. Это тем более целесообразно, что с увеличением $F_т$, как следует из (12.75) и (12.80), увеличивается и среднее значение ускорения a_0, а увеличение ускорения уменьшает средний путь торможения и максимальное отклонение на втором этапе остановки кабины (в выражениях (12.63) и (12.66) ускорение входит в знаменатель.

Однако возможности увеличения $F_т$ ограничены необходимостью ограничения ускорений допустимыми величинами.

Для того, чтобы можно было увеличить тормозное усилие при соблюдении требования ограничения усилий, необходимо одновременно увеличивать приведенную массу движущихся частей лифта за счет увеличения ее постоянной части $m_{пост}$. Тогда одновременное увеличение числителя и знаменателя в выражениях (12.72) и (12.77) позволяет сохранить на допустимом уровне величину ускорения, устранив при этом его разброс за счет уменьшения влияния загрузки кабины на величину динамической силы. Увеличение постоянной составляющей приведенной массы также способствует повышению стабильности ускорения, поскольку при этом уменьшается относительное влияние загрузки кабины на суммарную приведенную массу (знаменатель в выражениях (12.72) и (12.77).

Увеличение приведенной массы может быть достигнуто путем установки на валу двигателя маховика. Однако следует учитывать, что увеличение приведенной массы лифта, работающего в повторно-кратковременном режиме с частыми пусками и замедлениями, является нежелательным, поскольку влечет за собой увеличение динамических нагрузок электродвигателя и обусловленных ими потерь энергии.

Поэтому рассматриваемый способ повышения точности остановки находит ограниченное применение в электроприводах с червячным редуктором, предназначенных для пассажирских лифтов. В этом случае на валу двигателя размещается массивная соединительная муфта, которая одновременно служит и тормозным шкивом. При этом за счет увеличения приведенной массы увеличивается точность остановки без усложнения системы электропривода и создаются более благоприятные условия для работы электропривода с червячным зацеплением.

При определении величины среднего ускорения и его отклонений от средней величины следует учитывать, что усилие тормоза хотя и является более стабильной величиной по сравнению с силой статического сопротивления, изменяющийся при изменении загрузки кабины, но также может изменяться на $\pm(10 \div 20)\%$ за счет факторов, не поддающихся строгому учету (случайные изменения коэффициента трения, настройки тормоза и т.п.). При этом необходимо принимать $\Delta F_т = \pm(0{,}1 \div 0{,}2)F_{то}$.

С учетом всех перечисленных факторов реальные значения относительных отклонений ускорения $\Delta a/a_0$ лежат в пределах $0{,}1 \div 0{,}5$ и являются весьма существенной причиной, вызывающей неточность остановки.

Рассмотрим теперь влияние средней скорости v_0 и ее относительных отклонений Δv на точность остановки. Если механическая характеристика электродвигателя в процессе работы остается неизменной, скорость движения при подходе к датчику точной остановки полностью определяется статической нагрузкой на валу двигателя и наклоном механической характеристики в этом режиме (рис.12.18). По заданной механической характеристике при известных пределах изменения статической силы сопротивления можно определить среднее значение скорости v_0 и ее максимальное отклонение Δv (рис.12.18).

Как было показано выше, отклонение скорости от ее среднего значения оказывает существенное влияние на точность остановки (рис.12.15 и рис.12.16). Поэтому для повышения точности остановки желательно повышать жесткость механической характеристики. При абсолютно жесткой механической характеристике (горизонтальная линия в координатах F, v) скорость не зависит от величины нагрузки и $\Delta v = 0$. Однако получение механических характеристик с высокой жесткостью и малыми значениями $\Delta v/v$ обычно требует определенного усложнения системы электропривода и вызывает существенные трудности. Обычно при проектировании принимают $\Delta v/v = (0{,}2 \div 0{,}5)$, учитывая, что уменьшение этой величины затруднительно, а ее увеличение, приводящее к получению слишком мягкой механической характеристики, не только уменьшает точность остановки, но и увеличивает длительность процесса дотягивания кабины к датчику точной остановки при больших статических нагрузках.

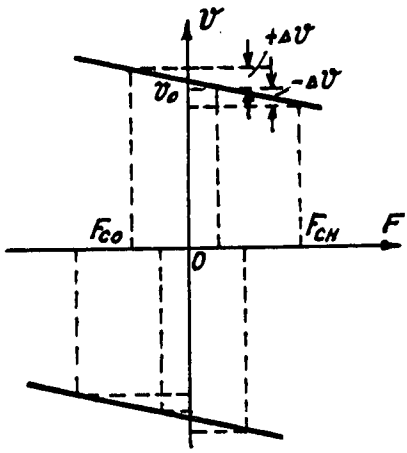


Рис.12.18. Определение средней скорости и ее максимального отклонения по механической характеристике двигателя и известным пределам изменения статической силы нагрузки

Если при заданной жесткости механической характеристики электропривода, т.е. при заданном значении $\Delta v/v_0$, не удается обеспечить требуемую точность остановки, ее можно повысить уменьшением величины скорости v_0 при подходе кабины к датчику точной остановки. Как следует из (12.61) и (12.64), и средние значения путей торможения на первом и втором этапах остановки, и их максимальные отклонения зависят от средней скорости v_0 . На первом этапе эта зависимость пропорциональна, а на втором этапе - квадратична. Из этого следует, что уменьшением средней скорости можно существенно повысить точность остановки.

При проектировании электропривода из условий точной остановки необходимо определить среднюю скорость v_0 и жесткость характеристики (по величине Δv при заданном диапазоне изменения статической силы F_c) при дотягивании к датчику точной остановки по заданной допустимой неточности остановки.

Уравнение для определения параметров механической характеристики можно получить из (12.64) с учетом (12.65) и (12.66), если в нем положить $\Delta S = \Delta S_{доп}$:

$$v_0^2 + v_0 \frac{2}{\Delta a}\left[\Delta v a_0 + \Delta t\left(a_0^2 - \Delta a^2\right)\right] + \left[\Delta v^2 - \frac{2}{\Delta a}\left(a_0^2 - \Delta a^2\right)\left(\Delta S_{доп} - t_0 \Delta v\right)\right] = 0 . \quad (12.82)$$

Решая полученное квадратное уравнение, можно получить выражение для определения величины v_0 по задаваемому значению Δv и известных значениях других входящих в это выражение величин:

$$v_0 = -\frac{1}{\Delta a}\left[\Delta v a_0 + \Delta t\left(a_0^2 - \Delta a^2\right)\right] + \sqrt{\left[\frac{\Delta v a_0 + \Delta t\left(a_0^2 - \Delta a^2\right)}{\Delta a}\right]^2 - \Delta v^2 + \frac{2}{\Delta a}\left(a_0^2 - \Delta a^2\right)\left(\Delta S_{доп} - t_0 \Delta v\right)} . \quad (12.83)$$

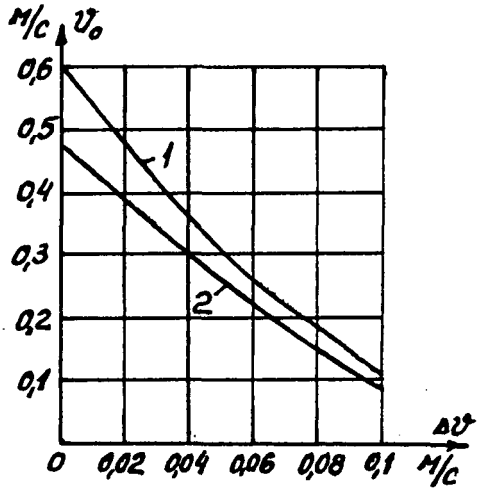


Рис.12.19. 1 - зависимость $v_0 = f(\Delta v)$ при $\frac{\Delta a}{a_0} = 0{,}15$, 2 - при $\frac{\Delta a}{a_0} = 0{,}3$

На рис.12.19 приведены построенные по этому выражению графики зависимости $v_0 = f(\Delta v)$ при $\Delta S_{доп} = 0{,}035$ м, $a_0 = 2{,}2$ м/с^2, $t_0 = 0{,}25$ с, $\Delta t/t_0 = 0{,}15$. График *1* соответствует $\Delta a/a_0 = 0{,}15$, а график *2* – $\Delta a/a_0 = 0{,}3$. Из этого рисунка видно, что с увеличением максимального отклонения скорости Δv существенно уменьшается величина ее среднего значения v_0, при которой обеспечивается заданная точность остановки. При этом чем больше отклонение ускорения Δa, тем меньше допустимая величина v_0.

Отделив с помощью формулы (12.83) величины v_0 и Δv, можно построить механические характеристики электропривода, при которых обеспечивается заданная точность остановки (рис.12.20). При этом ордината характеристики, соответствующая среднему значению статической силы нагрузки $(F_{сн}+F_{со})/2$, равна v_0, а ординаты этой характеристики при граничных значениях статистической силы нагрузки $F_{сн}$ и $F_{со}$ отличаются от v_0 на величину соответственно $-\Delta v$ и $+\Delta v$. Характеристики на рис.12.20 соответствуют зависимости *2* на рис.12.19. Как следует из рис.12.20, с уменьшением средней скорости v_0 уменьшаются требования к жесткости механической характеристики по условиям обеспечения требуемой точности остановки (наклон этой характеристики может увеличиваться). Если требуется увеличивают среднюю скорость v_0, то влияние ее увеличения на точность остановки должно компенсироваться увеличением жесткости характеристики, т.е. уменьшением Δv. Однако предел такой компенсации ограничивается величиной $\Delta v = 0$, которой соответствует абсолютно жесткая характеристика *1* на рис.12.20. Соответствующая ей величина v_0 определяет максимальное значение средней скорости, которое может быть достигнуто из условия обеспечения требуемой точности остановки уменьшением максимального отклонения скорости Δv. На рис.12.19 это значение скорости соответствует пересечению соответствующих характеристик с осью ординат и представляет интерес также для случая, когда используется астатическая по нагрузке система регулирования скорости электродвигателя, обеспечивающая в установившемся режиме нулевую ошибку, т.е. $\Delta v = 0$.

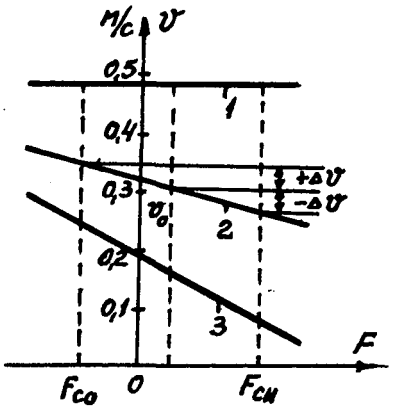


Рис.12.20. Механические характеристики, обеспечивающие заданную точность остановки

При $\Delta v = 0$ из (12.83) получим:

$$v_0 = -\frac{\Delta t(a_0^2 - \Delta a^2)}{\Delta a} + \sqrt{\left[\frac{\Delta t(a_0^2 - \Delta a^2)}{\Delta a}\right]^2 + \frac{2\Delta S_{доп}}{\Delta a}(a_0^2 - \Delta a^2)}\,. \qquad (12.84)$$

Как следует из этой формулы, максимальное значение средней скорости v_0 при $\Delta v = 0$ не зависит от среднего времени срабатывания аппаратуры t_0. На рис.12.21 по этой формуле построен график *1*, характеризующий зависимость v_0 при $\Delta v = 0$ от относительного отклонения ускорения $\Delta a/a_0$ при $\Delta t = 0{,}0375$ с (все остальные параметры соответствуют величинам, принятым при построении характеристик на рис.12.19). Эта характеристика и выражение (12.84) позволяют дать количественную оценку уменьшения максимального значения v_0 с увеличением разброса ускорений.

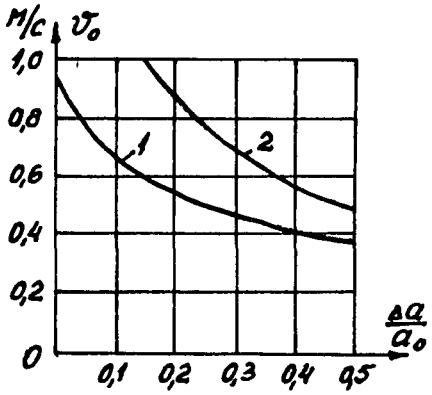


Рис. 12.21. Зависимость максимального значения v_0 от относительного отклонения ускорения при $\Delta v = 0$:
1 - $\Delta t = 0{,}0375$ с, 2 - $\Delta t = 0$

Увеличить максимальное значение средней скорости можно уменьшением отклонения Δt времени срабатывания аппаратуры. Предельное значение v_0, которое моет быть достигнуто при этом, определяется выражением

$$v_0 = \sqrt{\frac{2\Delta S_{доп}}{\Delta a}(a_0^2 - \Delta a^2)}\,, \qquad (12.85)$$

которое получается из (12.84) при $\Delta t = 0$ (характеристика *2* на рис.12.21).

Из семейства характеристик, приведенных на рис.12.20, следует выбирать такую, которая более просто и удобно может быть реализована в принятой системе электропривода. После расчета параметров электропривода, уточнения его механической характеристики и всех переменных величин, определяющих неточность остановки, необходимо проверить полученную точность остановки по формуле (12.64) и определить средний путь торможения, характеризующий требуемое расстояние от места установки датчика точной остановки, по формуле (12.61).

При расчетах следует учитывать, что на точность остановки может оказывать влияние неточность срабатывания датчика точной остановки $\Delta S_{дто}$ и удлинение каната $\Delta l_к$ при изменении загрузки кабины от $G_г = G_н$ (при большой высоте подъема). При этих условиях в расчетах точной остановки следует использовать расчетную допустимую неточность остановки:

$$\Delta S_{доп} = \Delta S_{доп.н} - \Delta S_{дто} - \frac{\Delta l_к}{2}\,, \qquad (12.86)$$

где $\Delta S_{доп.н}$ – максимальная допустимая фактическая неточность остановки, требуемая по нормам для данного лифта.

Приведенный выше анализ показывает, что допустимая по условиям точности остановки средняя скорость v_0 приближения кабины к датчику точной остановки меньше установившейся скорости движения $v_{уст}$ большинства лифтов. Обычно только для тихоходных лифтов при установившейся скорости $v_{уст} \le 0{,}5$ м/с требуемая точность остановки может быть обеспечена непосредственно переходом от установившейся скорости к режиму торможения отключением двигателя и наложением механического тормоза (при невысоких требованиях к этой точности). При больших значениях установившейся скорости для обеспечения требуемой точности остановки необходимо перед подходом к датчику точной остановки обеспечить замедление кабины до скорости v_0, определяемой из приведенных выше зависимостей.

Это обстоятельство определяет требуемый диапазон регулирования скорости электропривода, необходимый для получения заданной точности остановки:

$$D = \frac{v_{уст}}{v_0}. \qquad (12.87)$$

Отсюда вытекает также необходимость изменения диаграммы движения кабины лифта и двигателя за счет введения участка движения с пониженной скоростью v_0 и ее снижения до нуля после наложения механического тормоза (рис.12.22).

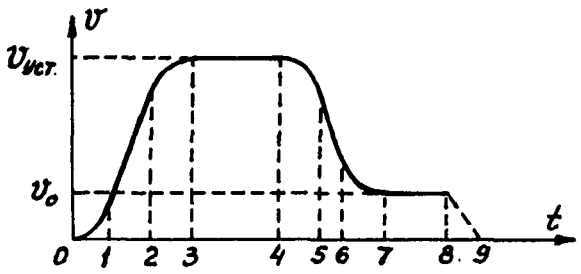


Рис.12.22. Диаграмма движения кабины лифта со снижением скорости перед остановкой

На пятом (*4–5*), шестом (*5–6*) и седьмом (*6–7*) участках происходит снижение скорости кабины с установившегося значения $v_{уст}$ до величины v_0. При этом длительность замедления кабины $t_{зам}$ и путь кабины за это время $S_{зам}$ определяется выражениями, которые можно получить по методике, использованной при анализе оптимальной диаграммы движения:

$$t_{зам} = \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_7 = \frac{v_{уст} - v_0}{a_{доп}} + \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}}, \qquad (12.88)$$

$$S_{зам} = \Delta S_5 + \Delta S_6 + \Delta S_7 = \frac{v_{уст} - v_0}{2}\left(\frac{v_{уст} - v_0}{a_{доп}} + \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}}\right). \qquad (12.89)$$

На восьмом этапе (*7–8*) происходит движение со скоростью v_0 до момента срабатывания аппаратуры и наложения тормоза, а на девятом этапе (*8–9*) происходит остановка кабины.

Минимальный путь торможения на этих этапах может быть определен из (12.61), а минимальные длительности этих этапов можно определить как сумму среднего времени срабатывания аппаратуры t_0 и средней длительности v_0/a_0 торможения при наложенном тормозе.

Тогда полное минимальное время торможения от момента начала замедления определится формулой:

$$\Sigma t_{тор} = t_{зам} + \Delta t_8 + \Delta t_9 = \frac{v_{уст} - v_0}{a_{доп}} + \frac{a_{доп}}{\rho_{доп}} + t_0 + \frac{v_0}{a_0}, \qquad (12.90)$$

а полный минимальный путь торможения, который определяет минимальное расстояние датчика замедления от уровня остановки кабины, равна:

$$\Sigma S_{\text{тор}} = S_{\text{зам}} + \Delta S_8 + \Delta S_9 = \frac{v_{\text{уст}} - v_0}{2}\left(\frac{v_{\text{уст}} - v_0}{a_{\text{доп}}} + \frac{a_{\text{доп}}}{\rho_{\text{доп}}}\right) + S_0 . \qquad (12.91)$$

Как видно из приведенных выражений, введение этапа движения с пониженной скоростью увеличивает путь и время торможения по сравнению с оптимальной диаграммой движения, что уменьшает производительность лифта, но это обеспечивает возможность выполнения требования точности остановки кабины и при сравнительно простых системах электроприводов.

При использовании регулируемых электроприводов (например, электроприводов постоянного тока) недостаток рассмотренного метода обеспечения точности остановки, заключающийся в снижении производительности вследствие введения этапа движения с пониженной скоростью, может быть существенно уменьшен за счет применения системы автоматического выравнивания кабины на уровне остановки. Такие системы обычно применяются в скоростных и высокоскоростных лифтах и обеспечивают высокую точность остановки при исключении или существенном сокращении длительности движения с пониженной скоростью, что приближает диаграмму движения в режиме торможения к оптимальной и способствует повышению производительности лифта.

При этом обычно применяется блок контроля положения кабины, который включает два индуктивных датчика точной остановки *ДТВ* и *ДТН*, расположенные на кабине лифта, которые у уровня точной остановки замыкаются шунтом *Ш* (рис.12.23), причем в этом случае индуктивные сопротивления этих датчиков одинаковы и равны между собой.

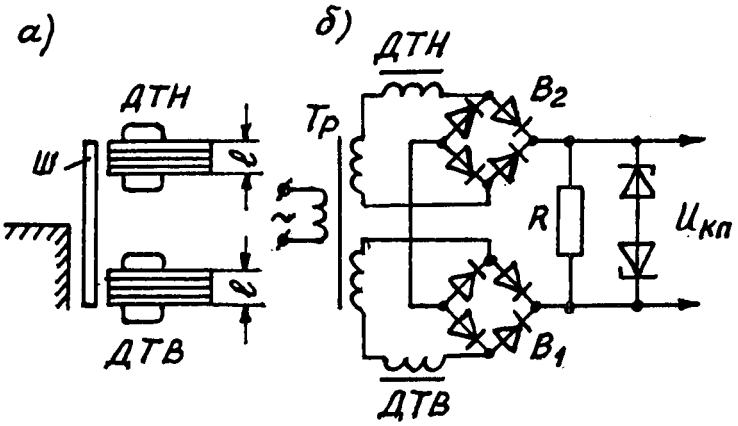


Рис.12.23. Установка датчиков (а) и схема узла контроля положения кабины (б) при автоматическом выравнивании уровня точной остановки

На рис.12.23*б* приведена упрощенная схема включения этих датчиков, которые питаются от трансформатора *Тр*, а выходные напряжения их цепей $U_{\text{дтв}}$ и $U_{\text{дтн}}$ выпрямляются с помощью выпрямителей B_1 и B_2. Разность выпрямленных напряжений подается на резистор *R*, разность потенциалов на зажимах которого, ограничиваемая с помощью стабилитронов, представляет собой выходное напряжение $U_{\text{кп}}$ блока контроля положения кабины.

При положении кабины на уровне точной остановки напряжения $U_{дтв}$ и $U_{дтн}$ малы и одинаковы (рис.12.24). При опускании кабины вниз на расстояние l (рис.12.23) магнитопровод датчика *ДТВ* размыкается и напряжение $U_{дтв}$ максимально. При подъеме кабины на расстояние l соответственно максимально напряжение $U_{дтн}$ (рис.12.24). Выходное напряжение блока контроля положения кабины $U_{кп} = U_{дтв} - U_{дтн}$ равно нулю при точном положении кабины, а его величина и знак характеризуют величину и знак отклонения ΔS кабины от заданного положения (рис.12.24).

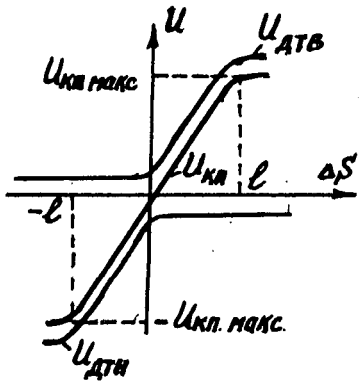


Рис. 12.24. Характеристики блока контроля положения кабины

Выходной сигнал $U_{кп}$ блока контроля положения кабины в зоне точной остановки подключается ко входу системы управления скоростью электропривода, причем знак этого сигнала обеспечивает движение кабины к заданному положению остановки, а величина сигнала уменьшается с приближением к этому положению. Если вследствие инерционности системы кабина пройдет по инерции положение точной остановки, сигнал $U_{кп}$ изменит свой знак и обеспечит возвращение кабины к положению точной остановки. Механический тормоз накладывается при приближении к нулю скорости кабины и сигнала датчика контроля положения кабины, что обеспечивает высокую точность остановки, а также уменьшает габариты и вес тормоза, поскольку требуемое усилие тормоза при этом уменьшается. Точность остановки при этом определяется точностью системы регулирования электропривода при позиционном управлении.

12.1.5. Динамические режимы электроприводов лифтов

Определение переходных процессов

Динамические режимы электроприводов лифтов характеризуются одновременным протеканием в системе электропривода механических, электромагнитных и тепловых переходных процессов, взаимно связанных между собой. Однако тепловые переходные процессы обычно значительно более длительные по сравнению с двумя остальными. Поэтому при изучении динамических режимов электропривода не учитываются изменения теплового состояния элементов привода и, говоря о переходных процессах электропривода, имеют в виду только механические и электромагнитные переходные процессы, которые в их совокупности называют электромеханическими переходными процессами.

Электромагнитные переходные процессы обусловлены наличием электромагнитной инерции обмоток электрических машин и аппаратов. Во многих случаях влиянием электромагнитных переходных процессов можно пренебречь, если их длительность значительно меньше длительности механических переходных процессов. Тогда динамические режимы будут почти полностью определяться механическими переходными процессами, т.е. процессами, в которых учитывается только механическая инерция движущихся масс электропривода и механизма.

Предъявляемые к электроприводам лифтов требования ограничения рывков и ускорений, необходимость формирования диаграммы движения кабины лифта, близкой к оптимальной, необходимость обеспечения перемещения кабины за минимальное время требуют при анализе динамики электромеханических систем

лифта определения зависимостей $\rho = \rho(t)$, $a = a(t)$, $v = v(t)$, $S = S(t)$. Кроме того, необходимо знать длительность всех этапов движения кабины лифта.

Динамические режимы при этом определяются характером изменения переменных величин, входящих в уравнение движения:

$$m\frac{dv}{dt} = F - F_c = F_{дин.}, \tag{12.92}$$

где F – сила двигателя, приведенная к направлению перемещения кабины, $F_{дин}$ – динамическая сила, обеспечивающая ускорение и замедление кабины во время движения:

$$\rho = \frac{dv}{dt} = \frac{1}{m}\frac{d(F - F_c)}{dt} = \frac{1}{m}\frac{dF_{дин}}{dt}, \tag{12.93}$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{F - F_c}{m} = \frac{F_{дин}}{m}, \tag{12.94}$$

$$v = v_н + \int_{t_н}^{t_к} a dt = v_н + \int_{t_н}^{t_к} \frac{F - F_c}{m} dt = V_н + \int_{t_н}^{t_к} \frac{F_{дин}}{m} dt, \tag{12.95}$$

$$S = S_н + \int_{t_н}^{t_к} v dt = S_н + \int_{t_н}^{t_к} dt \int_{t_н}^{t_к} \frac{F - F_c}{m} dt = S_н + \int_{t_н}^{t_к} dt \int_{t_н}^{t_к} \frac{F_{дин}}{m} dt, \tag{12.96}$$

где $(t_к - t_н)$ – отрезок времени, на котором рассматривается движение электропривода, $v_н$, $S_н$ – начальные значения скорости и пути в момент $t_н$.

Как видно из приведенных формул, параметры движения зависят от динамической силы, равной разности приведенной силы двигателя и силы нагрузки, поэтому необходимо определить закон изменения во времени динамической силы.

Поскольку характер изменения силы двигателя обычно определяется его механической характеристикой $v = f(F)$, которая задается в координатах F, v (кривая *1* на рис.12.25*а*), а сила F_c также может быть приведена в этих координатах (кривая *2* на рис.12.25*а*), путем вычитания сил F и F_c в этих же координатах для каждого значения v может быть построена зависимость, характеризующая связь между динамической силой $F_{дин} = F - F_c$ и скоростью v (рис.12.25*б*).

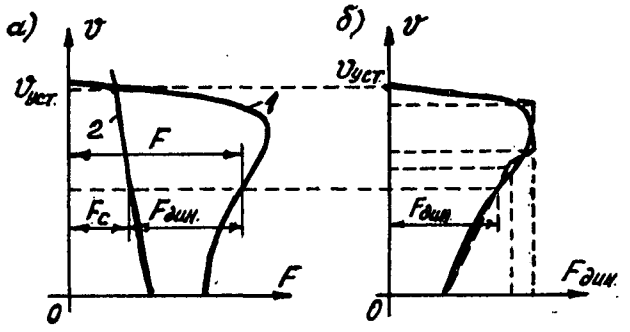


Рис.12.25. Определение динамической силы и аппроксимация графика $v = f(F_{дин})$ кусочно-линейной зависимостью

Во многих случаях получающийся нелинейный график $v = f(F_{дин})$ (рис.12.25*б*) можно с достаточной степенью точности аппроксимировать кусочно-линейной зависимостью (пунктирная линия на рис.12.25*б*) и рассматривать последовательно движение на каждом из линейных участков.

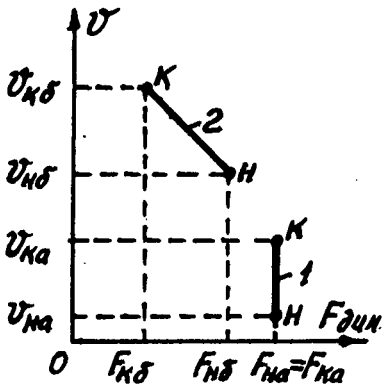


Рис.12.26. Линейные участки характеристики $v = f(F_{дин})$

Рассмотрим два встречающихся при этом случая: вертикальный участок характеристики, соответствующий постоянству $F_{дин}$ при изменении скорости (линия *1* на рис.12.26, вариант а), и линейный наклонный участок характеристики *2* в координатах $F_{дин}$, v (вариант б).

Вертикальный участок *1* характеристики $v = f(F_{дин})$ характеризуется начальным $v_{на}$ и конечным $v_{ка}$ значениями скоростей и постоянным значением динамической силы $F_{дин.а}$, совпадающей с ее начальным $F_{на}$ и конечным $F_{ка}$ значениями ($F_{дин.а} = F_{на} = F_{ка}$).

Для этого участка характеристики с помощью формул (12.93)–(12.96) можно определить параметры движения, причем сначала целесообразно определить ускорение, которое в этом случае равно

$$a_а = \frac{F_{дин.а}}{m} = \text{const}. \qquad (12.97)$$

Поскольку для этого участка $a_а = const$, величина рывка будет равна нулю $\rho_а = 0$.

Из формулы (12.95) можно определить изменение во времени скорости (отсчет времени для каждого участка будем вести от момента начала этого участка, т.е. принимать $t_н = 0$, а в качестве конечного значения времени $t_к$ принимается его текущее значение t):

$$v_а(t) = v_{на} + \Delta v_а(t) = v_{на} + \int_0^t \frac{F_{дин}}{m} dt = v_{на} + \frac{F_{дин}}{m} t. \qquad (12.98)$$

Аналогично по формуле (12.96) можно найти изменение во времени пути движения:

$$S_а(t) = S_{на} + \Delta S_а(t) = S_{на} + \int_0^t v_а(t) dt = S_{на} + \int_0^t \left(v_{на}(t) + \frac{F_{дин.а}}{m} t \right) dt =$$

$$= S_{на} + v_{на} t + \frac{F_{дин.а}}{m} \cdot \frac{t^2}{2}, \qquad (12.99)$$

где начальное значение $S_{на}$ определяется из расчетов для предыдущего этапа движения.

Время движения на этом участке $\Delta t_а$ может быть определено из выражения (12.98), если в него подставить $t = \Delta t_а$ и конечное значение скорости $v_а(t) = v_{на} + \Delta v_а(\Delta t_1) = v_{ка}$:

$$v_{ка} = v_{на} + \frac{F_{дин}}{m} \Delta t_а.$$

Из этой формулы получим:

$$\Delta t_а = (v_{ка} - v_{на}) \cdot \frac{m}{F_{дин.а}} = \frac{v_{ка} - v_{на}}{a_а}. \qquad (12.100)$$

Подставив это выражение для определения времени движения в формулу (12.99), определим величину пути, который пройдет электропривод (и кабина лифта) на этом участке от начального $S_{на}$ до конечного $S_{ка}$ его значения:

$$\Delta S_а = S_{ка} - S_{на} = v_{на} \cdot \Delta t_а + \frac{F_{дин.а}}{2m} \cdot (\Delta t_а)^2 =$$

$$= \frac{\left(v_{ка}^2 - v_{на}^2\right) \cdot m}{2F_{дин.а}} = \frac{\left(v_{ка}^2 - v_{на}^2\right)}{2a_а}. \qquad (12.101)$$

Диапазон изменения скорости на этом участке определяется непосредственно из рис.12.26: $\Delta v_а = v_{ка} - v_{на}$.

При наклонном участке характеристики *2* на рис.12.26 (вариант б) с координатами начальной ($F_{нб}$, $v_{нб}$) и конечной ($F_{кб}$, $v_{кб}$) точек его уравнение можно представить в виде:

$$\frac{v - v_{нб}}{v_{кб} - v_{нб}} = \frac{F_{дин} - F_{нб}}{F_{кб} - F_{нб}}.$$

Отсюда можно получить зависимость скорости от динамической силы и зависимость динамической силы от скорости на этом участке:

$$v = v_{нб} + \frac{v_{кб} - v_{нб}}{F_{нб} - F_{кб}} \cdot \left(F_{нб} - F_{дин}\right), \qquad (12.102)$$

$$F_{дин} = F_{нб} + \frac{F_{нб} - F_{кб}}{v_{кб} - v_{нб}} \cdot \left(v_{нб} - v\right). \qquad (12.103)$$

Подставив выражение (12.102) в уравнение движения (12.92), получим дифференциальное уравнение, определяющее характер изменения динамической силы во время переходного процесса:

$$T_м \frac{dF_{дин}}{dt} + F_{дин} = 0, \qquad (12.104)$$

где $$T_м = m\frac{v_{кб} - v_{нб}}{F_{нб} - F_{кб}}$$ – постоянная времени. (12.105)

Решение этого уравнения определяет закон изменения динамической силы в функции времени:

$$F_{дин.} = F_{нб} \exp\left(-t/T_м\right). \qquad (12.106)$$

Экспоненциальный характер изменения динамической силы определяет сложный характер (по сравнению с первым случаем) изменения динамических параметров. Подставив выражение (12.106) в выражения (12.93) – (12.96), после простых преобразований получим зависимости, характеризующие изменение во времени динамических параметров:

$$\rho_б(t) = -\frac{F_{нб}}{T_м} \exp\left(-t/T_м\right), \qquad (12.107)$$

$$a_{б}(t) = \frac{F_{нб}}{m}\exp\left(-t/T_{м}\right), \tag{12.108}$$

$$v_{б}(t) = v_{нб} + T_{м}\frac{F_{нб}}{m}\left[1 - \exp\left(-t/T_{м}\right)\right], \tag{12.109}$$

$$S_{б}(t) = S_{нб} + \left(v_{нб} + T_{м}\frac{F_{нб}}{m}\right)t - T_{м}^{2}\frac{F_{нб}}{m}\left[1 - \exp\left(-t/T_{м}\right)\right]. \tag{12.110}$$

Длительность $\Delta t_{б}$ переходного процесса на этом участке характеристики можно получить из выражения (12.109) при условии, что при $t = \Delta t_{б}$ скорость равна конечному значению $v_{б} = v_{кб}$. При этом после простых преобразований получим:

$$\Delta t_{б} = T_{м}\ln\left(\frac{F_{нб}}{F_{кб}}\right). \tag{12.111}$$

Диапазон изменения скорости и динамической силы на этом участке определяются непосредственно из рис.12.26: $\Delta v_{б} = v_{кб} - v_{нб}$, $\Delta F_{дин} = F_{кб} - F_{нб}$.

Диапазон изменения остальных параметров, а также их начальные и конечные значения, необходимые для припасовывания решений на предыдущем и последующем этапах, можно определить при подстановке выражения (12.111), определяющего длительность движения вдоль участка *2* (рис.12.26), в выражения (12.107), (12.108), (12.109), (12.110):

$$\rho_{нб} = -\frac{F_{нб}}{T_{м}};\ \rho_{кб} = -\frac{F_{кб}}{T_{м}};\ \Delta\rho_{б} = \rho_{кб} - \rho_{нб} = -\frac{F_{кб} - F_{нб}}{T_{м}};$$

$$a_{нб} = \frac{F_{нб}}{m};\ a_{кб} = \frac{F_{кб}}{m};\ \Delta a_{б} = a_{кб} - a_{нб} = \frac{F_{кб} - F_{нб}}{m};$$

$$\Delta S_{б} = S_{кб} - S_{нб} = \left(v_{нб} + T_{м}\frac{F_{нб}}{m}\right)T_{м}\ln\left(\frac{F_{нб}}{F_{кб}}\right) - \frac{T_{м}^{2}}{m}\left(F_{нб} - F_{кб}\right) =$$

$$= \left(v_{кб} + T_{м}\frac{F_{кб}}{m}\right)T_{м}\ln\left(\frac{F_{нб}}{F_{кб}}\right) - T_{м}\left(v_{кб} - v_{нб}\right). \tag{12.112}$$

Полученные данные выражения позволяют для любого участка кусочно-линейной характеристики $v = f(F_{дин})$, например, полученной путем кусочно-линейной аппроксимации нелинейной характеристики для асинхронного двигателя (рис.12.25*б*), определить и характер изменения динамических параметров во времени, и приращения этих параметров на каждом линейном участке, в результате чего можно построить диаграмму движения и, суммируя приращения параметров на каждом участке, определить, например, путь разгона и его длительность, путь торможения и его длительность, максимальные ускорения и характер из изменения и т.д.

Следует учитывать при этом некоторые особенности расчета для участка характеристики, по которому привод переходит к установившейся скорости $v_{кб} = v_{уст}$ и

для которого конечное значение динамического момента и динамической силы равно нулю $F_{кб} = 0$ (например, рабочий участок характеристики асинхронного двигателя на рис.12.25*б*, который заканчивается на оси ординат).

Определяемая для этого случая из выражения (12.111) длительность переходного процесса равна бесконечности, т.е. установившаяся скорость достигается за бесконечно большее время. Практически можно считать, что переходный процесс закончится, когда отклонение скорости от установившегося значения станет меньше допустимой величины $\pm \Delta v_{доп}$, т.е. при достижении скоростью величины $v_{уст} - v_{доп}$. Соответствующая этому значению скорости величина динамической силы уже не будет равна нулю и может быть определена из уравнения (12.103) для этого участка:

$$F_{дин} = \Delta v_{доп} \frac{F_{нб}}{v_{уст} - v_{нб}}.$$

Подставляя это значение динамической силы в выражение (12.111) вместо величины $F_{кб}$, получим формулу для определения времени переходного процесса на участке перехода к установившейся скорости

$$\Delta t_б = T_м \ln \frac{\left| v_{уст} - v_{нб} \right|}{\Delta v_{доп}}. \qquad (12.113)$$

Если, например, допустимая величина отклонения скорости составляет 5% от разности установившейся и начальной скоростей на последнем этапе движения, то

$$\Delta t_б = T_м \ln 20 = 3T_м.$$

Эта величина чаще всего принимается при расчетах длительности экспоненциальных переходных процессов. При других значениях допустимого отклонения скорости от установившегося значения время переходного процесса может быть вычислено по формуле (12.113).

Подставив выражение (12.113) в выражение (12.110), можно определить величину пути на последнем участке движения до момента времени, когда можно считать, что электропривод перешел к движению с установившейся скоростью:

$$\Delta S_б = S_{кб} - S_{нб} = T_м \left[v_{уст} \ln \frac{\left| v_{уст} - v_{нб} \right|}{\Delta v_{доп}} - (v_{уст} - v_{нб}) \left(1 - \frac{\Delta v_{доп}}{\left| v_{уст} - v_{нб} \right|} \right) \right]. \qquad (12.114)$$

Остальные приведенные выше формулы для наклонных участков характеристики могут быть использованы без изменения.

Отметим также, что с увеличением жесткости механической характеристики, т.е. с уменьшением разности конечной и начальной $v_{кб}$ и $v_{нб}$ скоростей на рассматриваемом участке, как следует из формулы (12.105), постоянная времени $T_м$ стремится к нуля, а вместе с тем уменьшается (и стремится к нулю) длительность переходных процессов и величина пути на этапе, соответствующем этому участку характеристики.

Для многих электроприводов постоянного тока механическая характеристика с достаточной степенью точности аппроксимируется двумя участками (рис.12.27): участок *1* между усилием отсечки $F_{отс}$ и стопорным усилием $F_{ст}$, обеспечивающим ограничение силы двигателя, и рабочим участком *2* от усилия отсечки до статической силы нагрузки $F_с$, которой соответствует установившаяся скорость $v_{уст}$.

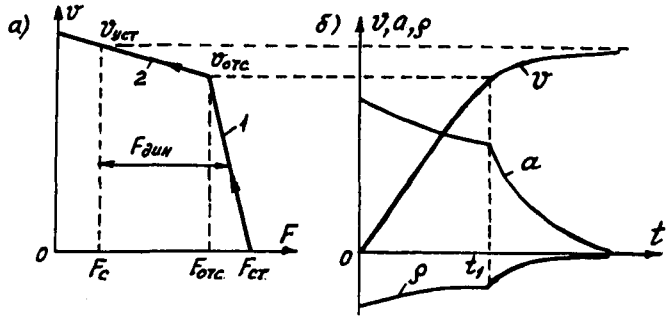


Рис.12.27. Механические характеристики (а) и графики переходного процесса разгона (б) электропривода постоянного тока с токовой отсечкой

Поскольку статическая сила нагрузки $F_с$ принята постоянной, можно не строить зависимость $v = f(F_{дин})$, а определять коодинаты начальных и конечных точек участков непосредственно из рис.12.27*а*, учитывая, что $F_{дин} = F - F_с$.

Для первого участка ($0 \le v \le v_{отс}$) имеем:

$$v_{н1} = 0; \quad F_{н1} = F_{ст} - F_с; \quad v_{к1} = v_{отс}; \quad F_{к1} = F_{отс} - F_с .$$

Постоянная времени для этого участка может быть определена при подстановке этих координат в выражение (12.105):

$$T_{м1} = m\frac{v_{отс}}{F_{ст} - F_{отс}} .$$

С помощью формул (12.106) – (12.110) можно определить характер и изменения динамических параметров на первом участке движения:

$$F_{дин.1} = (F_{ст} - F_с)\exp\left(-t/T_{м1}\right),$$

$$\rho_1(t) = \frac{F_{ст} - F_с}{T_{м1}}\exp\left(-t/T_{м1}\right),$$

$$a_1(t) = \frac{F_{ст} - F_с}{m}\exp\left(-t/T_{м1}\right),$$

$$v_1(t) = T_{м1}\frac{F_{ст} - F_с}{m}\left[1 - \exp\left(-t/T_{м1}\right)\right],$$

$$S_1(t) = T_{м1}\frac{F_{ст} - F_с}{m}\left\{t - T_{м1}\left[1 - \exp\left(-t/T_{м1}\right)\right]\right\}.$$

Характер изменения некоторых параметров на первом этапе показан на рис.12.27*б*.

С помощью выражения (12.111) определим длительность движения на первом участке характеристики:

$$t_1 = T_{м1}\ln\frac{F_{ст} - F_с}{F_{отс} - F_с},$$

а из выражений (12.112) определим значения динамических параметров в начале и конце движения на этом участке и их приращения:

$$\rho_{н1} = -\frac{F_{ст} - F_с}{T_{м1}};\quad \rho_{к1} = -\frac{F_{отс} - F_с}{T_{м1}};\quad \Delta\rho_1 = -\frac{F_{ст} - F_{отс}}{T_{м1}};$$

$$a_{н1} = \frac{F_{ст} - F_с}{m};\quad a_{к1} = \frac{F_{отс} - F_с}{m};\quad \Delta a_1 = \frac{F_{отс} - F_{ст}}{m};$$

$$\Delta S_1 = \frac{T_{м1}^2}{m}\left[(F_{ст} - F_с)\ln\frac{F_{ст} - F_с}{F_{отс} - F_с} - (F_{ст} - F_{отс})\right] = T_{м1}\left(v_{отс} + T_{м1}\frac{F_{отс} - F_с}{m}\right)\ln\frac{F_{ст} - F_с}{F_{отс} - F_с} - T_{м1}v_{отс}.$$

Координаты начальной и конечной точек для второго участка ($v_{отс} \le v \le v_{уст}$):

$$v_{н2} = v_{отс};\quad F_{н2} = F_{отс} - F_с;\quad v_{к2} = v_{уст};\quad F_{к2} = 0.$$

Постоянная времени для второго участка:

$$T_{м1} = m\frac{v_{уст} - v_{отс}}{F_{отс} - F_с}.$$

Изменение динамических параметров во времени на втором участке:

$$F_{дин.2} = (F_{отс} - F_с)\exp\left(-t/T_{м2}\right),\qquad \rho_2(t) = -\frac{F_{отс} - F_с}{T_{м2}}\exp\left(-t/T_{м2}\right),$$

$$a_2(t) = -\frac{F_{отс} - F_с}{m}\exp\left(-t/T_{м2}\right),\qquad v_2(t) = v_{отс} + (v_{уст} - v_{отс})\left[1 - \exp\left(-t/T_{м2}\right)\right],$$

$$S_2(t) = \Delta S_1 + v_{уст}t - T_{м2}^2\frac{F_{отс} - F_с}{m}\left[1 - \exp\left(-t/T_{м2}\right)\right].$$

Поскольку рассматриваемый участок обеспечивает переход к установившейся скорости, время переходного процесса на этом этапе будем определять по формуле (12.113):

$$\Delta t_2 = T_{м2}\ln\frac{|v_{уст} - v_{отс}|}{\Delta v_{доп}},$$

а величину пути – по формуле (12.114):

$$\Delta S_2 = T_{м2}\left[v_{уст}\ln\frac{|v_{уст} - v_{отс}|}{\Delta v_{доп}} - (v_{уст} - v_{отс})\left(1 - \frac{\Delta v_{доп}}{|v_{уст} - v_{отс}|}\right)\right].$$

Остальные параметры определяются из формул (12.112):

$$\rho_{н2} = -\frac{F_{отс} - F_с}{T_{м2}};\quad \rho_{к2} = 0;\quad \Delta\rho_2 = \frac{F_{отс} - F_с}{T_{м2}};$$

$$a_{н2} = \frac{F_{отс} - F_с}{m};\quad a_{к2} = 0;\quad \Delta a_2 = -\frac{F_{отс} - F_с}{m}.$$

Сумма определяемых по указанным выше формулам длительностей этапов движения на первом и втором этапах определяет время разгона электропривода, а сумма $\Delta S_1 + \Delta S_2$ определит путь разгона до установившейся скорости.

Характер изменения динамических параметров во времени на втором участке показан на рис.12.27*б*.

Аналогично могут быть определены переходные процессы при замедлении электропривода.

Рассмотренный случай (рис.12.27) характерен для электроприводов постоянного тока, обеспечивающих параметрическое формирование диаграммы движения и ограничение ускорений с помощью отрицательной обратной связи по току с отсечкой, ограничивающей момент двигателя.

Влияние статической нагрузки на динамические режимы электроприводов лифтов

Для электроприводов лифтов характерны широкие пределы изменения статической нагрузки, определяемые изменением загрузки кабины и изменением величины силы потерь при изменении направления движения. Между тем для большинства простейших систем электропривода характерна независимая от нагрузки взаимосвязь между силой (и моментом) двигателя и его скоростью, которая чаще всего определяется статической механической характеристикой электропривода. Поскольку при этом одинаковым значениям силы двигателя могут соответствовать разные значения статической силы нагрузки, возможен существенный разброс величины динамической силы, равный разности силы двигателя F и статической силы нагрузки F_c, т.е. $F_{дин} = F - F_c$, а следовательно, разброс величины ускорения

$$a = \frac{F_{дин}}{m} = \frac{F - F_c}{m}.$$

Это обычно приводит к существенному отклонению фактической диаграммы движения от оптимальной и снижению производительности лифта. Для получения более простых и наглядных результатов рассмотрим динамические процессы в электроприводе с прямоугольной механической характеристикой (рис.12.28), у которой на участке ограничения силы (и момента) двигателя обеспечивается постоянное значение силы $F=F_{ст}$ (вертикальный участок), а на рабочем участке обеспечивается абсолютная жесткость характеристики, при которой изменение силы не влияет на величину скорости ($v = const$).

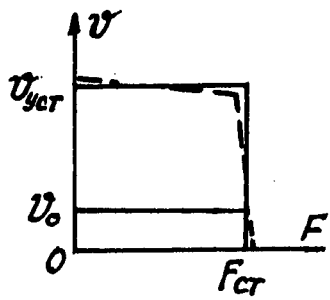


Рис.12.28. Прямоугольная механическая характеристика электропривода

Изменение величины задаваемой установившейся скорости соответственно перемещает рабочий (горизонтальный) участок характеристики (например, $v_0 < v_{уст}$ на рис.12.28), не изменяя ее вертикального участка ограничения силы.

Формирование близкой к описанной механической характеристики обеспечивает, например, регулируемый электропривод постоянного тока с подчиненным регулированием момента и скорости двигателя.

Величину статической силы нагрузки F_c будем считать не зависящей от скорости. Тогда при номинальной загрузке кабины статическая сила будет равна

$$F_{снп} = G_н(1-\alpha) + F_{пот}$$

- при подъеме кабины (характеристика *1* на рис.12.29) и

$$F_{снп} = G_н(1-\alpha) - F_{пот}$$

- при спуске кабины (характеристика *2* на рис.12.29).

При подъеме порожней кабины (нулевая загрузка) статическая сила равна

$$F_{соп} = -\alpha G_н + F_{пот}$$

(характеристика *3* на рис.12.29), а при спуске порожней кабины -

$$F_{сос} = -\alpha G_н - F_{пот}$$

(характеристика *4* на рис.12.29).

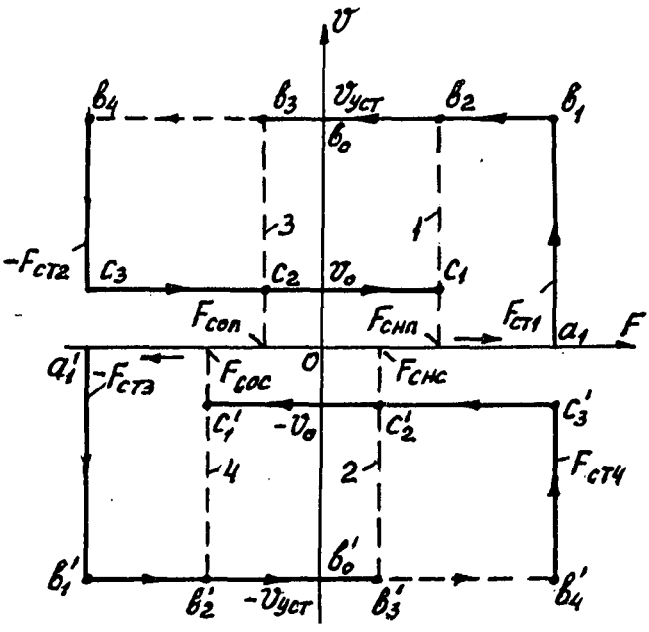


Рис.12.29. Движение электропривода лифта в координатах (F, v) при постоянных максимальных силах двигателя

При указанных условиях будем определять диаграммы перемещения кабины лифта на одинаковое расстояние $S_{кб}$ при номинальной и нулевой загрузке кабины и соответствующих этому величинах статических сил нагрузки. При этом последовательно будем рассматривать режим разгона до установившейся скорости $v_{уст}$, движение с установившейся скоростью, замедление кабины до установившейся скорости v_0 дотягивания до датчика точной остановки и режим остановки с наложением тормоза. При принятой механической характеристике режимы разгона и замедления определяются вертикальными участками механической характеристики, соответствующими стопорному усилию двигателя $F_{ст}$, и постоянным (для каждого этапа) значением динамической силы $F_{дин} = F - F_с$.

Для этого случая выше были получены формулы для определения динамических параметров во время переходного процесса (вариант *а* вертикальной характеристики $v = f(F_{дин})$), которыми воспользуемся при определении диаграммы движения кабины. Длительность этапов движения на горизонтальных участках характеристики (рис.12.29) при принятых условиях без учета электромагнитных переходных процессов, как было показано выше, равна нулю.

При принятой форме статической характеристики и постоянстве ее параметров будем считать, что во всех четырех квадрантах стопорные усилия одинаковы (рис.12.29):

$$F_{ст1} = |-F_{ст2}| = |-F_{ст3}| = F_{ст4} = F_{ст}.$$

Отметим также, что, как следует из рис.12.29, величина возникающего в процессе движения ускорения максимальна в режиме замедления опускаемой порожней кабины и определяется выражением:

$$|a_{\text{макс.с}}| = \frac{F_{\text{ст4}} - F_{\text{сос}}}{m_{\text{о}}} = \frac{F_{\text{ст}} + \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{кн}} + m_{\text{вр}}}, \qquad (12.115)$$

где $m_{\text{о}}$ – приведенная масса движущихся частей лифта при нулевой загрузке кабины.

Эта величина максимального ускорения должна быть принята равной допустимой величине $a_{\text{доп}}$, т.е.

$$|a_{\text{макс}}| = a_{\text{доп}}.$$

Максимальная величина динамической силы в режиме замедления поднимаемой кабины с номинальной загрузкой $G_{\text{н}} = m_{\text{гн}}g$ при $\alpha = 0{,}5$, неизменной величине сил потерь и $F_{\text{ст4}} = |-F_{\text{ст2}}| = F_{\text{ст}}$ такая же, как и при замедлении опускаемой порожней кабины, но ускорение при этом меньше вследствие большей величины приведенной массы $m_{\text{н}}$:

$$|a_{\text{макс.п}}| = \frac{|-F_{\text{ст2}} - F_{\text{снп}}|}{m_{\text{н}}} = \frac{F_{\text{ст}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{тн}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{кн}} + m_{\text{вр}}}. \qquad (12.116)$$

Обеспечить равенство максимальных абсолютных значений ускорений в режиме замедления опускаемой порожней кабины и поднимаемой груженой кабины можно выбором величины коэффициента уравновешивания α. Приравнивая величины, определяемые из выражений (12.115) и (12.116), и принимая, что силы потерь в этих режимах одинаковы, получим условие обеспечения равенства величин этих ускорений:

$$\alpha = \frac{1 - \dfrac{F_{\text{ст}} + F_{\text{пот}}}{g(m_{\text{к}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{кн}} + m_{\text{вр}})}}{2 + \dfrac{m_{\text{тн}}}{m_{\text{к}} + m_{\text{пр}} + m_{\text{кн}} + m_{\text{вр}}}}. \qquad (12.117)$$

При разгоне электропривода в режиме подъема кабины с нулевой загрузкой его движение в координатах (F, v) (рис.12.29) характеризуется последовательным прохождением точек: $0 - a_1 - b_1 - b_3$. Точка b_3, соответствующая пересечению характеристики 3 статической силы нагрузки при порожней кабине с горизонтальным участком механической характеристики привода, определяет режим движения электропривода в установившемся режиме со скоростью $v_{\text{уст}}$.

Динамическая сила в этом режиме определяется разностью абсцисс вертикального участка a_1b_1 механической характеристики электропривода и характеристики 3 статической силы нагрузки:

$$\left(F_{\text{дин}}\right)_{\text{роп}} = F_{\text{ст1}} - F_{\text{соп}} = F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}. \qquad (12.118)$$

Величина ускорения в этом режиме определится из выражения (12.97):

$$a_{\text{роп}} = \frac{F_{\text{ст1}} - F_{\text{соп}}}{m_{\text{о}}} = \frac{F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}}{m_{\text{о}}}. \qquad (12.119)$$

Изменение во времени скорости и пути в режиме разгона поднимаемой кабины с нулевой загрузкой определяется из выражений (12.98) и (12.99):

$$v_{\text{роп}}(t) = \frac{F_{\text{ст1}} - F_{\text{соп}}}{m_{\text{о}}} t = \frac{F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}}{m_{\text{о}}} t, \tag{12.120}$$

$$S_{\text{роп}}(t) = \frac{(F_{\text{ст1}} - F_{\text{соп}}) t^2}{2m_{\text{о}}} = \frac{(F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}) t^2}{2m_{\text{о}}}. \tag{12.121}$$

Длительность этапа разгона поднимаемой кабины с нулевой загрузкой и пройденный при этом путь могут быть определены из формул (12.100) и (12.101):

$$t_{\text{роп}} = \frac{v_{\text{уст}}}{a_{\text{роп}}} = \frac{v_{\text{уст}} m_{\text{о}}}{F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}}, \tag{12.122}$$

$$S_{\text{роп}} = \frac{v_{\text{уст}}^2}{2a_{\text{роп}}} = \frac{v_{\text{уст}}^2 m_{\text{о}}}{2(F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}})}. \tag{12.123}$$

В режиме замедления привода от установившейся скорости $v_{\text{уст}}$ до средней скорости v_0 дотягивания до датчика точной остановки в координатах (F, v) привод последовательно проходит точки b_3 - b_4 - c_3 - c_2 (при порожней кабине в режиме подъема):

Динамическая сила при этом определяется разностью абсцисс вертикального участка b_4c_3 механической характеристики и характеристики *3* статической силы нагрузки:

$$(F_{\text{дин}})_{\text{зоп}} = -F_{\text{ст2}} - F_{\text{соп}} = -F_{\text{ст2}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}} \tag{12.124}$$

Зная величину этой силы, аналогично режиму разгона по тем же формулам можно определить параметры движения при замедлении поднимаемой порожней кабины:

$$a_{\text{зоп}} = \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{соп}}}{m_0} = \frac{-F_{\text{ст2}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}}{m_0}, \tag{12.125}$$

$$v_{\text{зоп}}(t) = v_{\text{уст}} + \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{соп}}}{m_0} t = v_{\text{уст}} - \frac{F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}}{m_0} t, \tag{12.126}$$

$$S_{\text{зоп}}(t) = S_{\text{зоп.н}} + v_{\text{уст}} t + \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{соп}}}{m_0} \cdot \frac{t^2}{2} = S_{\text{зоп.н}} + v_{\text{уст}} t - \frac{(F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}) t^2}{2m_0}, \tag{12.127}$$

$$\Delta t_{\text{зоп}} = \frac{v_0 - v_{\text{уст}}}{a_{\text{зоп}}} = \frac{(v_{\text{уст}} - v_0) m_0}{F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}}, \tag{12.128}$$

$$\Delta S_{\text{зоп}} = S_{\text{зоп.к}} - S_{\text{зоп.н}} = \frac{v_0^2 - v_{\text{уст}}^2}{2a_{\text{зоп}}} = \frac{(v_{\text{уст}}^2 - v_0^2) m_0}{2(F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}})}. \tag{12.129}$$

В этих формулах $S_{\text{зоп.к}}$ и $S_{\text{зоп.н}}$ - конечное и начальное значения пути на этапе замедления поднимаемой порожней кабины, а время t отсчитывается от момента начала этого этапа.

Датчик замедления устанавливается на таком расстоянии от датчика точной остановки, чтобы при любом режиме привод на этом этапе заведомо успел замедлиться от установившейся максимальной скорости до средней скорости v_0 дотяги-

вания к датчику точной остановки, что требуется по условиям обеспечения точности остановки. Поскольку, как будет показано ниже, определяемый из формулы (12.129) путь замедления больше этого пути при загруженной кабине, этот путь можно принять как минимальное расстояние от датчика замедления до датчика точной остановки, т.е. $\Delta S_{дат} = \Delta S_{зоп}$, при котором в рассматриваемом режиме установившееся движение со скоростью v_0 будет отсутствовать, а сразу после окончания замедления начинается режим точной остановки, которому, как было показано выше, соответствует средний путь торможения S_0 и время торможения t_0 (на практике обычно расстояние от датчика замедления до датчика точной остановки увеличивают на несколько процентов по сравнению с расчетным, чтобы обеспечить приближение кабины к датчику точной остановки со скоростью v_0 независимо от возможных возмущений, определяемых например, возможными изменениями силы потерь и силы двигателя).

Тогда путь движения с установившейся максимальной скоростью $v_{уст}$ при подъеме порожней кабины представляет собой разность общего заданного пути перемещения кабины $S_{кб}$ и суммы среднего пути торможения S_0, пути разгона $S_{роп}$ и пути замедления $\Delta S_{зоп}$:

$$\Delta S_{уоп} = S_{кб} - (S_0 + S_{роп} + \Delta S_{зоп.н}) =$$

$$= S_{кб} - S_0 - \frac{v_{уст} m_0}{2(F_{ст1} + \alpha G_н - F_{пот})} - \frac{(v_{уст}^2 - v_0^2) m_0}{2(F_{ст2} - \alpha G_н + F_{пот})} =$$

$$= S_{кб} - S_o - \frac{m_o}{2} \cdot \frac{v_{уст}^2 (F_{ст2} + F_{ст1}) - v_0^2 (F_{ст1} + \alpha G_н - F_{пот})}{(F_{ст1} + \alpha G_н - F_{пот})(F_{ст2} - \alpha G_н + F_{пот})} \qquad (12.130)$$

Отсюда может быть определена длительность установившегося движения со скоростью $v_{уст}$:

$$\Delta t_{уоп} = \frac{\Delta S_{уоп}}{v_{уст}} = \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} - \frac{v_{уст} m_0}{2(F_{ст1} + \alpha G_н - F_{пот})} - \frac{(v_{уст}^2 - v_0^2) m_0}{2 v_{уст} (F_{ст2} - \alpha G_н + F_{пот})}. \qquad (12.131)$$

Теперь можно определить суммарное время подъема порожней кабины на расстояние $S_{кб}$:

$$\Delta t_{\Sigma оп} = t_{роп} + \Delta t_{уоп} + \Delta t_{зоп} + t_0 =$$

$$= t_0 + \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} + \frac{v_{уст} m_0}{2(F_{ст1} + \alpha G_н - F_{пот})} + \frac{(v_{уст} - v_0)^2 m_0}{2 v_{уст} (F_{ст2} - \alpha G_н + F_{пот})} \qquad (12.132)$$

С помощью полученных формул на рис.12.30*а* построена диаграмма движения электропривода при подъеме порожней кабины.

Теперь рассмотрим те же режимы при подъеме кабины с номинальной загрузкой, которому соответствует характеристика 1 статической силы нагрузки $F_{снп} = G_н(1-\alpha) + F_{пот}$ (рис.12.29).

В режиме разгона поднимаемой кабины с номинальной загрузкой в координатах (F, v) движение электропривода определяется последовательным прохождением точек 0 – a_1 – b_1 – b_2, причем точка b_2 соответствует установившемуся режиму движения со скоростью $v_{уст}$ (рис.12.29).

В этом режиме при разгоне электропривода динамическая сила равна разности абсцисс вертикального участка a_1b_1 механической характеристики электропривода и характеристики *1* статической силы нагрузки $F_{снп}$:

$$(F_{дин})_{рнп} = F_{ст1} - F_{снп} = F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}\,. \qquad (12.133)$$

Аналогично предыдущему могут быть определены параметры движения, учитывая, что приведенная масса при этом соответствует номинальной загрузке кабины: $m_н = m_к + m_{гн} + m_{пр} + m_{кн} + m_{вр}$.

$$a_{рнп} = \frac{F_{ст1} - F_{снп}}{m_н} = \frac{F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}}{m_н}\,, \qquad (12.134)$$

$$v_{рнп}(t) = \frac{F_{ст1} - F_{снп}}{m_н}t = \frac{F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}}{m_н}t\,, \qquad (12.135)$$

$$S_{рнп}(t) = \frac{(F_{ст1} - F_{снп})t^2}{2m_н} = \frac{F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}}{2m_н}t^2\,, \qquad (12.136)$$

$$t_{рнп} = \frac{v_{уст}}{a_{рнп}} = \frac{v_{уст}m_н}{F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}}\,, \qquad (12.137)$$

$$S_{рнп} = \frac{v_{уст}^2}{2a_{рнп}} = \frac{v_{уст}^2 m_н}{2[F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}]}\,. \qquad (12.138)$$

В режиме замедления поднимаемой кабины с номинальной загрузкой в координатах (F, v) движение электропривода определяется последовательным прохождением точек b_2–b_4–c_3–c_1 (рис.12.29), где точка c_1 соответствует установившемуся движению со средней скоростью v_0 дотягивания кабины к датчику точной остановки.

Динамическая сила в этом режиме определяется разностью абсцисс вертикального участка b_4c_3 механической характеристики электропривода и характеристики *1* статической силы нагрузки $F_{снп}$:

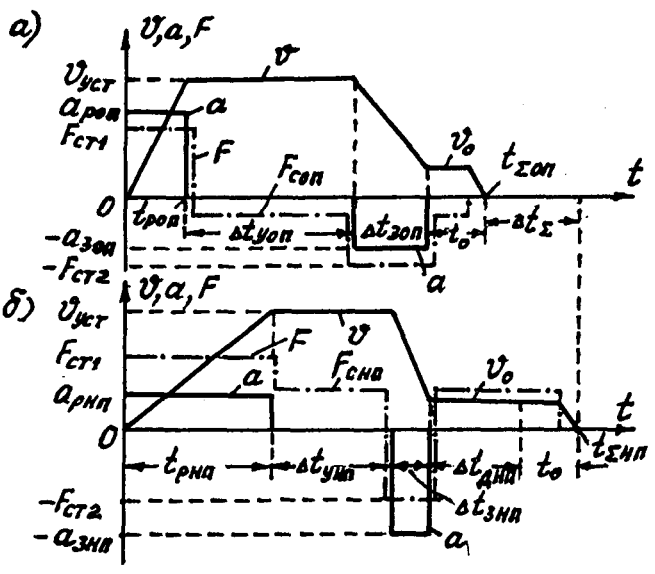


Рис.12.30. Диаграмма движения электропривода лифта при подъеме кабины с нулевой (а) и номинальной (б) загрузкой

$$(F_{дин})_{знп} = -F_{ст2} - F_{снп} = -F_{ст2} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}\,. \qquad (12.139)$$

Динамические параметры в режиме замедления поднимаемой кабины с номинальной загрузкой:

$$a_{\text{знп}} = \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{снп}}}{m_{\text{н}}} = \frac{-F_{\text{ст2}} - G_{\text{н}}(1-\alpha) - F_{\text{пот}}}{m_{\text{н}}}, \tag{12.140}$$

$$v_{\text{знп}}(t) = v_{\text{уст}} + \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{снп}}}{m_{\text{н}}} t = v_{\text{уст}} - \frac{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}{m_{\text{н}}} t, \tag{12.141}$$

$$S_{\text{знп}}(t) = S_{\text{знп.н}} + v_{\text{уст}} t + \frac{-F_{\text{ст2}} - F_{\text{снп}}}{m_{\text{н}}} \cdot \frac{t^2}{2} =$$

$$= S_{\text{знп.н}} + v_{\text{уст}} t - \frac{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}{2m_{\text{н}}} t^2, \tag{12.142}$$

$$\Delta t_{\text{знп}} = \frac{v_0 - v_{\text{уст}}}{a_{\text{знп}}} = \frac{(v_{\text{уст}} - v_0) m_{\text{н}}}{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}, \tag{12.143}$$

$$\Delta S_{\text{знп}} = S_{\text{знп.к}} - S_{\text{знп.н}} = \frac{(v_0^2 - v_{\text{уст}}^2) m_{\text{н}}}{2a_{\text{знп}}} = \frac{(v_{\text{уст}}^2 - v_0^2) m_{\text{н}}}{2[F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}]}. \tag{12.144}$$

Сравнивая выражения (12.129) и (12.144), можно сделать вывод, что путь замедления поднимаемой порожней кабины, определяемый выражением (12.129), больше пути замедления кабины с номинальной загрузкой, определяемого выражением (12.144), поскольку стоящая в знаменателе первого выражения величина статической силы меньше, чем во втором выражении. Правда, числитель второго выражения больше, чем числитель первого выражения ($m_{\text{н}} > m_0$), но относительное изменение массы при изменении загрузки кабины обычно значительно меньше, чем изменение статической силы. Поэтому естественно, что расстояние между датчиками замедления и точной остановки $\Delta S_{\text{дат}}$ выбирается равным большему пути замедления, т.е. в соответствии с выражением (12.129): $\Delta S_{\text{дат}} = \Delta S_{\text{зоп}}$.

При этом путь движения кабины с номинальной загрузкой в установившемся режиме со скоростью $v_{\text{уст}}$ до датчика замедления определяется разностью полного пути кабины $S_{\text{кб}}$ и суммы пути разгона $S_{\text{рнп}}$, пути торможения S_0 и расстояния между датчиком замедления и датчиком точной остановки $\Delta S_{\text{дат}} = \Delta S_{\text{зоп}}$:

$$\Delta S_{\text{унп}} = S_{\text{кб}} - \left(S_{\text{рнп}} + S_0 + \Delta S_{\text{дат}}\right) =$$

$$= S_{\text{кб}} - S_0 - \frac{v_{\text{уст}}^2 m_{\text{н}}}{2[F_{\text{ст1}} - G_{\text{н}}(1-\alpha) - F_{\text{пот}}]} - \frac{\left(v_{\text{уст}}^2 - v_0^2\right) m_0}{2[F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}]} \tag{12.145}$$

Отсюда длительность установившегося движения со скоростью $v_{\text{уст}}$:

$$\Delta t_{\text{унп}} = \frac{\Delta S_{\text{унп}}}{v_{\text{уст}}} = \frac{S_{\text{кб}} - S_0}{v_{\text{уст}}} - \frac{v_{\text{уст}} m_{\text{н}}}{2[F_{\text{ст1}} - G_{\text{н}}(1-\alpha) - F_{\text{пот}}]} -$$

$$- \frac{(v_{\text{уст}}^2 - v_0^2) m_0}{2 v_{\text{уст}} [F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}]}. \tag{12.146}$$

Поскольку путь замедления поднимаемой кабины с номинальной загрузкой $\Delta S_{\text{знп}}$ меньше расстояния $\Delta S_{\text{дат}} = \Delta S_{\text{зоп}}$ между датчиками замедления и точной оста-

новки, после окончания замедления кабина будет продолжать двигаться к датчику точной остановки с малой скоростью v_0. Путь дотягивания $\Delta S_{\text{днп}}$, который проходит кабина при этом, равен

$$\Delta S_{\text{днп}} = \Delta S_{\text{дат}} - \Delta S_{\text{знп}} = \frac{v_{\text{уст}}^2 - v_0^2}{2}\left[\frac{m_0}{F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}} - \frac{m_{\text{н}}}{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}\right]. \quad (12.147)$$

Время движения на этом этапе дотягивания кабины к датчику точной остановки:

$$\Delta t_{\text{днп}} = \frac{\Delta S_{\text{днп}}}{v_0} = \frac{v_{\text{уст}}^2 - v_0^2}{2v_0}\left[\frac{m_0}{F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}} - \frac{m_{\text{н}}}{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}\right]. \quad (12.148)$$

После срабатывания датчика точной остановки до окончательного торможения кабина проходит средний путь S_0 за время t_0.

Полное время движения кабины с номинальной загрузкой равно:

$$\Delta t_{\Sigma\text{нп}} = t_{\text{рнп}} + \Delta t_{\text{унп}} + \Delta t_{\text{знп}} + \Delta t_{\text{днп}} + t_0 = t_0 + \frac{S_{\text{кб}} - S_0}{v_{\text{уст}}} + \frac{v_{\text{уст}} m_{\text{н}}}{2[F_{\text{ст1}} - G_{\text{н}}(1-\alpha) - F_{\text{пот}}]} +$$

$$+ \frac{(v_{\text{уст}}^2 - v_0^2)m_0}{2(F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}})}\left(\frac{1}{v_0} - \frac{1}{v_{\text{уст}}}\right) - \frac{(v_{\text{уст}} - v_0)^2 m_{\text{н}}}{2v_0[F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}]} \quad (12.149)$$

На основании полученных формул на рис.12.30*б* построена диаграмма движения электропривода при подъеме кабины с номинальной загрузкой.

Как видно из диаграмм движения на рис.12.30*а* и рис.12.30*б*, при подъеме кабины с номинальной загрузкой суммарное время движения $t_{\Sigma\text{нп}}$ больше, чем суммарное время подъема порожней кабины $t_{\Sigma\text{оп}}$, причем разницу этих времен можно найти из (12.149) и (12.132):

$$\Delta t_{\Sigma} = t_{\Sigma\text{нп}} - t_{\Sigma\text{оп}} = \frac{v_{\text{уст}}}{2}\left[\frac{m_{\text{н}}}{F_{\text{ст1}} - G(1-\alpha) - F_{\text{пот}}} - \frac{m_0}{F_{\text{ст1}} + \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}}\right] +$$

$$+ \frac{(v_{\text{уст}} - v_0)^2}{2v_0}\left[\frac{m_0}{F_{\text{ст2}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}} - \frac{m_{\text{н}}}{F_{\text{ст2}} + G_{\text{н}}(1-\alpha) + F_{\text{пот}}}\right]. \quad (12.150)$$

В существенной мере увеличение времени подъема кабины с номинальной загрузкой определяется наличием этапа движения с малой скоростью v_0, причем, как следует из (12.150), с уменьшением этой скорости увеличивается разница времен движения. Кроме того, увеличение времени подъема кабины с номинальной загрузкой определяется малой величиной ускорения на этапе разгона электропривода вследствие большой величины статической силы нагрузки $F_{\text{снп}}$, при которой динамическая сила $(F_{\text{дин}})_{\text{рнп}} = F_{\text{ст1}} - F_{\text{снп}}$ обеспечивает ускорение значительно меньше, чем при замедлении.

Как видно из рис.12.30, максимальное ускорение обеспечивается при замедлении кабины с номинальной загрузкой (величина $a_{\text{знп}}$). Если эту величину сделать равной допустимому ускорению $a_{\text{доп}}$, то ускорения в других режимах будут меньше допустимого, что увеличивает время переходных процессов и полную длительность перемещения кабины.

Таким образом, как следует из приведенного анализа, при постоянной величине максимальной силы двигателя $|F_{\text{ст}}|$, т.е. при не зависящей от силы нагрузки

механической характеристике электропривода не обеспечивается максимальное использование возможностей по обеспечению минимальной длительности движения кабины (т.е. максимальной производительности) по условиям ограничения величины ускорений.

Аналогично может быть построена диаграмма движения для режима спуска кабины.

В режиме разгона спускаемой кабины с номинальной загрузкой в координатах (F, v) движение электропривода характеризуется последовательным прохождением точек $0 - a_1' - b_1' - b_3'$, а динамическая сила определяется разностью абсцисс вертикального участка $a_1'b_1'$ механической характеристики электропривода и характеристики 2 статической силы нагрузки $F_{снс} = G_н(1-\alpha) - F_{пот}$ (рис.12.29):

$$(F_{дин})_{рнс} = -F_{ст3} - F_{снс} = -F_{ст3} - G_н(1-\alpha) + F_{пот}. \qquad (12.151)$$

В режиме замедления опускаемой кабины с номинальной загрузкой движение электропривода определяется последовательным прохождением точек $b_3' - b_4' - c_3' - c_2'$, а динамическая сила определяется разностью абсцисс вертикального участка $b_4'c_3'$ механической характеристики электропривода и характеристики *2* статической силы нагрузки $F_{снс} = G_н(1-\alpha) - F_{пот}$ (рис.12.29):

$$(F_{дин})_{знс} = F_{ст4} - F_{снс} = F_{ст4} - G_н(1-\alpha) + F_{пот}. \qquad (12.152)$$

При порожней кабине в режиме спуска статическая сила нагрузки соответствует характеристике *4* на рис.12.29 ($F_{сос} = -\alpha G_н - F_{пот}$), причем в режиме разгона ($0 - a_1' - b_1' - b_2'$) динамическая сила равна

$$(F_{дин})_{рос} = -F_{ст3} - F_{сос} = -F_{ст3} + \alpha G_н + F_{пот}, \qquad (12.153)$$

а в режиме замедления ($b_2' - b_4' - c_3' - c_1'$) динамическая сила определяется формулой

$$(F_{дин})_{зос} = F_{ст4} - F_{сос} = F_{ст4} + \alpha G_н + F_{пот}. \qquad (12.154)$$

По указанным значениям динамических сил так же, как и для режима подъема, могут быть определены динамические параметры и построены диаграммы движения, которые будут аналогичны приведенным на рис.12.30 (при противоположных знаках скоростей и ускорений), но отличие будет заключаться в том, что в данном случае суммарное время движения будет больше при опускании порожней кабины.

Аналогично диаграммы движения могут быть построены и при другом виде механических характеристик асинхронных двигателей, с помощью описанной выше методики. Однако при любой форме этой характеристики неизменным остается полученный здесь вывод о том, что при неизменных параметрах механической характеристики, не зависящих от величины переменной статической силы нагрузки, неизбежны существенные отклонения величины ускорений от допустимых (естественно, в сторону уменьшения), что уменьшает производительность лифта.

Методы улучшения диаграммы движения электропривода лифта

Одним из существенных факторов, отрицательно влияющих на производительность лифта и являющихся следствием разброса величин ускорений из-за изменения статических сил нагрузки, является наличие этапа движения с малой скоростью v_0 после замедления привода до подхода к датчику точной остановки (рис.12.30*б*). Из условия обеспечения точной остановки кабина должна подходить к датчику точной остановки с пониженной скоростью v_0 в любом режиме. Естественно, что расстояние

от датчика замедления (точка начала замедления) до датчика точной остановки должно выбираться таким, чтобы на этом пути и при минимальной величине ускорения в процессе замедления привод успел осуществить изменение скорости от $v_{уст}$ до v_0. В рассмотренном выше режиме подъема минимальное ускорение при замедлении кабины имеет место при порожней кабине (рис.12.30*а*), а путь замедления для этого случая $\Delta S_{зоп}$, определяемый из формулы (12.129), определяет минимальное расстояние $\Delta S_{дат}$ от датчика замедления до датчика точной остановки. Если расстояние между датчиками остается неизменным, то при больших величинах ускорений в режиме замедления, соответствующих при подъеме кабины увеличению ее загрузки, привод успеет замедлиться до скорости v_0 на меньшем пути, чем расстояние от датчика замедления до датчика точной остановки (выше было показано, что при замедлении кабины с номинальной загрузкой величина $\Delta S_{знп}$, определяемая формулой (12.144), меньше расстояния между датчиками $\Delta S_{дат} = \Delta S_{зоп}$), а оставшийся путь до датчика точной остановки кабина пройдет с пониженной скоростью v_0 (рис.12.30*б*), что увеличивает общее время перемещения кабины.

Для повышения производительности лифта целесообразно исключить этап движения с установившейся пониженной скоростью v_0 к датчику точной остановки. Для этого необходимо, чтобы расстояние $\Delta S_{дат}$ между точкой начала замедления и датчиком точной остановки в любом режиме равнялась пути замедления кабины от $v_{уст}$ до v_0 в этом режиме, а поскольку путь замедления является переменной величиной, то и расстояние $\Delta S_{дат}$ должно изменяться.

Например, при замедлении поднимаемой кабины с номинальной загрузкой необходимо обеспечить равенство $\Delta S_{дат} = \Delta S_{знп}$.

В этом случае путь движения кабины с максимально установившейся скоростью $v_{уст}$ будет определяться не формулой (12.145), а разностью полного пути кабины $S_{кб}$ и суммы пути разгона $S_{рнп}$, определяемого формулой (12.136), пути замедления $\Delta S_{знп}$, определяемого формулой (12.144), и пути торможения S_0:

$$\Delta S'_{унп} = S_{кб} - (S_{рнп} + \Delta S_{знп} + S_0) =$$

$$= S_{кб} - S_0 - \frac{v_{уст}^2 m_н}{2[F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}]} - \frac{(v_{уст}^2 - v_0^2)m_н}{2[F_{ст2} + G_н(1-\alpha) + F_{пот}]}. \qquad (12.145')$$

Время движения с установившейся скоростью $v_{уст}$:

$$\Delta t'_{унп} = \frac{\Delta S'_{унп}}{v_{уст}} = \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} - \frac{v_{уст} m_н}{2[F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}]} - \frac{(v_{уст}^2 - v_0^2)m_н}{2v_{уст}[F_{ст2} + G_н(1-\alpha) + F_{пот}]}. \qquad (12.146')$$

Время $\Delta t'_{унп}$ движения с максимальной установившейся скоростью $v_{уст}$ при этом больше, чем определяемое из формулы (12.146), однако полное время перемещения кабины теперь не содержит установившегося движения с пониженной скоростью v_0:

$$t'_{Σнп} = t_{рнп} + \Delta t'_{унп} + \Delta t_{знп} + t_0 =$$

$$= t_0 + \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} + \frac{v_{уст} m_н}{2[F_{ст1} - G_н(1-\alpha) - F_{пот}]} + \frac{(v_{уст} - v_0)^2 m_н}{2v_{уст}[F_{ст2} + G_н(1-\alpha) + F_{пот}]}. \qquad (12.149')$$

Для сравнения величины $t_{\Sigma нп}$, определяемой формулой (12.149), и величины $t'_{\Sigma нп}$, определяемой формулой (12.149'), определим их разность:

$$t_{\Sigma нп} - t'_{\Sigma нп} = \frac{(v_{уст}+v_0)(v_{уст}-v_0)^2}{2v_0 v_{уст}} \cdot \left[\frac{m_0}{F_{ст2} - \alpha G_н + F_{пот}} - \frac{m_н}{F_{ст2} + G_н(1-\alpha) + F_{пот}} \right]. \quad (12.155)$$

Очевидно, что эта разность положительна, поскольку при сравнительно близких величинах масс m_0 и $m_н$ знаменатель первого члена в квадратных скобках существенно меньше знаменателя второго члена. Отсюда следует, что $t'_{\Sigma нп} < t_{\Sigma нп}$, т.е. при перемещении точки начала замедления так, чтобы в любом режиме ее расстояние от датчика точной остановки равнялось пути замедления, уменьшает суммарное время перемещения кабины и этим позволяет повысить производительность лифта. При этом формула (12.155) позволяет оценить эффективность такого улучшения диаграммы движения электропривода лифта.

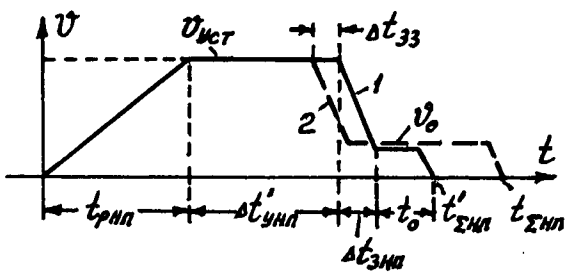


Рис.12.31. Диаграмма движения при изменении точки начала замедления и постоянных значениях стопорных усилий двигателя

На рис.12.31 приведена диаграмма *1* движения электропривода лифта для этого случая и для сравнения там же приведена диаграмма *2* (пунктирная линия) движения при постоянном расстоянии между датчиками замедления и точкой остановки, соответствующая рис.12.30*б*. Разность моментов окончания перемещения кабины для этих двух случаев определяется формулой (12.155). На полученной при этом диаграмме сохраняется лишь участок движения со скоростью v_0, определяемой запаздыванием срабатывания аппаратуры после появления сигнала с датчика точной остановки.

Для осуществления описания метода необходимо обеспечивать изменение расстояния $\Delta S'_{дат}$ от точки начала замедления до датчика точной остановки так, чтобы оно при любом режиме равнялось пути замедления ΔS_3, который при условии постоянства динамической силы в этом режиме может быть представлен в виде формулы, по которой должен вычисляться этот путь:

$$\Delta S'_{дат} = \Delta S_э = \frac{\left|v_0^2 - v_{уст}^2\right|}{2} \cdot \frac{m}{\left|F - F_с\right|}.$$

Величина скорости дотягивания v_0 обычно задается, а сила F двигателя в режиме замедления определяется параметрами механической характеристики электропривода. Скорость $v_{уст}$, с которой кабина приближается к датчику замедления, может быть измерена с помощью датчика угловой скорости электродвигателя, например, тахогенератора. Если пределы изменения приведенной массы m при изменении загрузки кабины невелики, то ее можно принять постоянной и заданной (или определять по величине загрузки кабины), тогда наиболее существенным во-

просом остается определение статической силы F_c. Эта сила может быть определена либо путем косвенного измерения момента статической нагрузки двигателя, либо путем измерения загрузки кабины при известной величине силы потерь:

$$F_c = G_г - \alpha G_н + F_{пот} \cdot \operatorname{sign} v .$$

Если приведенную массу нельзя считать постоянной, ее тоже можно определить по загрузке кабины при известной постоянной составляющей этой массы:

$$m = m_{пост} + G_г / g$$

Если механическая характеристика электропривода на рабочем участке достаточно мягкая для того, чтобы можно было измерить изменение установившейся скорости при изменении статической силы нагрузки, то в установившемся режиме (до начала замедления) можно определить статическую силу через установившуюся скорость:

$$F_c = \frac{v_{хх} - v_{уст}}{K_{мх}},$$

где $v_{хх}$ и $K_{мх}$ - скорость холостого хода и коэффициент наклона механической характеристики.

При этом путь замедления можно будет определять непосредственно по величине скорости перед началом замедления:

$$\Delta S'_{дат} = \Delta S_з = \frac{\left|v_0^2 - v_{уст}^2\right|}{2} \cdot \frac{m}{\left|F - \dfrac{v_{хх} - v_{уст}}{K_{мх}}\right|}.$$

Уже само описание метода изменения точки начала замедления показывает, что он является достаточно сложным, причем эта сложность не всегда оправдывается получаемым при этом эффектом, поэтому он находит ограниченное применение.

Реализация этого метода может быть несколько упрощена, если расстояние $\Delta S_{дат}$ между датчиками замедления и точной остановки остается постоянным, а при смещении точки начала замедления осуществлять введением временной задержки замедления $\Delta t_{зз}$, если путь замедления меньше фактического расстояния между датчиками.

Время задержки можно определить из формулы

$$\Delta t_{зз} = \frac{\Delta S_{дат} - \left|\Delta S_з\right|}{\left|v_{уст}\right|} = \frac{\Delta S_{дат}}{\left|v_{уст}\right|} - \frac{\left|v_0^2 - v_{уст}^2\right|}{2\left|v_{уст}\right|} \cdot \frac{m}{\left|F - F_c\right|}.$$

Диаграмма движения при этом аналогична приведенной на рис.12.31. Если путь замедления меньше расстояния между датчиками замедления и точкой остановки, сигнал с датчика замедления подается на элемент временной задержки (например, реле времени), причем величина задержки времени выбирается в соответствии с приведенной выше формулой, а привод продолжает двигаться с большой скоростью. После окончания временной задержки начинается замедление, электропривод уменьшает свою скорость до величины v_0 на оставшемся до датчика точной остановки пути, после чего сразу начинается торможение, т.е. исключается режим дотягивания до датчика точной остановки с пониженной скоростью и уменьшается суммарное время перемещения кабины.

Сущность описанного метода сокращения длительности перемещения кабины заключается в том, что разность расстояния между датчиками замедления и точной остановки и фактического пути замедления кабина проходит с максимальной скоростью, а не с пониженной скоростью, что имеет место без смещения точки начала замедления в функции пути или в функции времени.

Наибольший эффект можно получить, если обеспечить максимальную допустимую величину ускорения во всех режимах разгона и замедления независимо от величины статической силы нагрузки, т.е.

$$a = a_{\text{доп}} = \frac{F - F_{\text{с}}}{m}$$

Для выполнения этого условия необходимо обеспечить величину силы двигателя F в соответствии с выражением:

$$F = ma_{\text{доп}} + F_{\text{с}} \qquad (12.156)$$

т.е. изменять эту силу в функции статической силы нагрузки и приведенной массы лифта.

Из этого выражения можно определить необходимую величину силы двигателя для режимов, рассмотренных в 12.5*б*.

Для режима разгона поднимаемой порожней кабины:

$$F_{\text{роп}} = m_0 a_{\text{доп}} + F_{\text{соп}} = m_0 a_{\text{доп}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}. \qquad (12.157)$$

Для режима замедления поднимаемой порожней кабины (при отрицательном ускорении):

$$F_{\text{зоп}} = -m_0 a_{\text{доп}} + F_{\text{соп}} = -m_0 a_{\text{доп}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}. \qquad (12.158)$$

Для режима разгона поднимаемой кабины с номинальной загрузкой:

$$F_{\text{рнп}} = m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + F_{\text{снп}} = m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + G_{\text{н}}(1 - \alpha) + F_{\text{пот}}. \qquad 12.159)$$

Для режима замедления поднимаемой кабины с номинальной загрузкой:

$$F_{\text{знп}} = -m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + F_{\text{снп}} = -m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + G_{\text{н}}(1 - \alpha) + F_{\text{пот}}. \qquad 2.160)$$

При этом в координатах (F, v) движение электропривода лифта при подъеме порожней кабины характеризуется ломаной линией *1* на рис.12.32, а при подъеме с номинальной загрузкой – ломаной линией *2*.

Аналогично могут быть определены величины силы двигателя, при которых обеспечивается максимальное ускорение при спуске кабины с номинальной загрузкой (ломаная линия *3* на рис.12.32):

$$F_{\text{рнс}} = -m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + F_{\text{снс}} = -m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + G_{\text{н}}(1 - \alpha) - F_{\text{пот}}, \qquad (12.161)$$

$$F_{\text{знс}} = m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + F_{\text{снс}} = m_{\text{н}} a_{\text{доп}} + G_{\text{н}}(1 - \alpha) - F_{\text{пот}}, \qquad (12.162)$$

а также при спуске порожней кабины (ломаная линия *4* на рис.12.32):

$$F_{\text{рос}} = -m_0 a_{\text{доп}} + F_{\text{сос}} = -m_0 a_{\text{доп}} - \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}. \qquad (12.163)$$

$$F_{\text{зос}} = m_0 a_{\text{доп}} + F_{\text{сос}} = m_0 a_{\text{доп}} - \alpha G_{\text{н}} - F_{\text{пот}}. \qquad (12.164)$$

Для осуществления такого метода управления, как следует из выражения (12.156), необходимо определять приведенную массу m и статическую силу сопротивления $F_{\text{с}}$ и при известной величине допустимого ускорения задавать величину силу двигателя в соответствии с этим выражением. Если относительные пределы изменения приве-

денной массы m невелики, ее можно принять постоянной и осуществлять изменение максимальной силы двигателя на величину, равную силе сопротивления, которая может определяться либо косвенно по величине статического момента двигателя, либо по загрузке кабины при известной величине сил потерь.

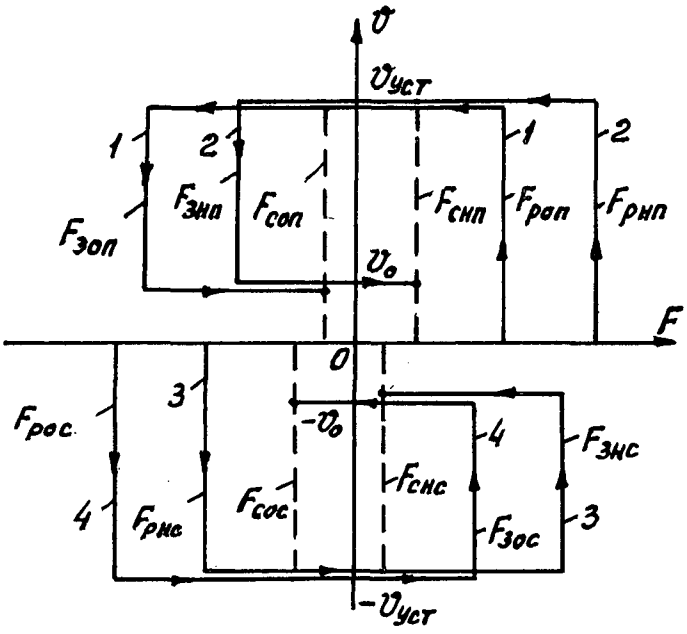


Рис.12.32. Движение электропривода лифта в координатах (F, v) при изменении максимальных сил двигателя для обеспечения максимальной величины ускорения в режимах разгона и замедления

При обеспечении указанным методом постоянства величины ускорения $a = a_{доп}$ в режиме разгона до установившейся скорости при любой загрузке кабины в любом направлении движения динамические параметры определяются из следующих зависимостей:

$$\left.\begin{aligned} v_р(t) &= a_{доп}t, \\ S_р(t) &= \frac{a_{доп}t^2}{2}, \\ t_р &= \frac{v_{уст}}{a_{доп}}, \\ S_р &= \frac{v_{уст}^2}{2a_{доп}}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.165)$$

Аналогичные выражения получены для режима замедления:

$$\left.\begin{aligned} v_з(t) &= v_{уст} - a_{доп}t, \\ S_з(t) &= S_{зн} + v_{уст}t - a_{доп}\frac{t^2}{2}, \\ \Delta t_з &= \frac{v_{уст} - v_0}{a_{доп}}, \\ \Delta S_з &= \frac{v_{уст}^2 - v_0^2}{2a_{доп}}. \end{aligned}\right\} \qquad (12.166)$$

Для этапа установившегося движения со скоростью $v_{уст}$:

$$\left.\begin{aligned}\Delta S_у &= S_{кб} - S_0 - S_р - \Delta S_з = S_{кб} - S_0 - \frac{1}{a_{доп}}\left(v_{уст}^2 - \frac{v_0^2}{2}\right),\\ \Delta t_у &= \frac{\Delta S_у}{v_{уст}} = \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} - \frac{1}{a_{доп}}\left(v_{уст} - \frac{v_0^2}{2v_{уст}}\right).\end{aligned}\right\} \qquad (12.167)$$

Суммарное время движения с максимальными ускорениями:

$$t_\Sigma = t_р + \Delta t_у + \Delta t_з + t_0 = t_0 + \frac{S_{кб} - S_0}{v_{уст}} + \frac{v_{уст}}{a_{доп}} - \frac{v_0}{a_{доп}}\left(1 - \frac{v_0}{2v_{уст}}\right). \qquad (12.168)$$

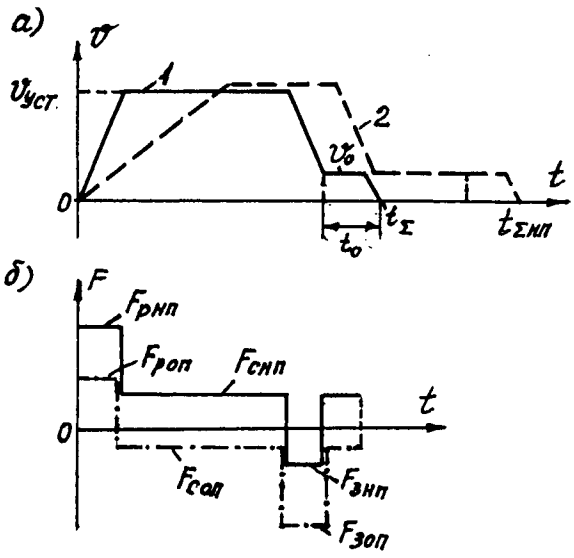


Рис.12.33. Диаграмма движения при обеспечении максимальных ускорений (а) и диаграмма изменения сил двигателя при различных статических силах нагрузки (б)

Соответствующая описанному режиму диаграмма при изменении стопорных усилий на величину статической силы нагрузки приведена на рис.12.33 (сплошная линия *1*). Для сравнения на этом же рисунке приведена диаграмма подъема кабины с номинальной загрузкой при постоянных значениях стопорных усилий двигателя (пунктирная линия *2*, соответствующая диаграмме на рис.12.30*б*.

Как видно из этого рисунка, обеспечение постоянства величин ускорений в режимах разгона и замедления путем изменения максимальных усилий двигателя на величину статической силы нагрузки обеспечивает минимальное время движения. При этом исключается этап движения с установившейся пониженной скоростью v_0 дотягивания к датчику точной остановки, причем для этого не требуется изменения расстояния от точки начала замедления до датчика точной остановки, поскольку путь замедления остается постоянным и не зависит от загрузки кабины.

По сравнению с режимом подъема с номинальной загрузкой, при котором $F_{ст1} = |-F_{ст2}| = F_{ст} = const$, обеспечивается уменьшение времени движения на величину, определяемую разностью величины $t_{\Sigma нп}$, определяемой их формулы (12.149), и величины t_Σ, определяемой из формулы (12.168), если учесть, что в режиме подъема кабины с номинальной загрузкой при $F_{ст} = const$ максимальное значение уско-

рения в режиме замедления, определяемое из формулы (12.140), равно допустимому $|a_{\text{знп}}| = a_{\text{доп}}$:

$$t_{\Sigma\text{нп}} - t_{\Sigma} = \frac{v_{\text{уст}}}{2a_{\text{доп}}}\left(\frac{m_{\text{н}}a_{\text{доп}}}{F_{\text{ст}} - G_{\text{н}}(1-\alpha) - F_{\text{пот}}} - 1\right) +$$

$$+ \frac{(v_{\text{уст}} - v_0)^2}{2a_{\text{доп}}}\left(\frac{1}{v_{\text{уст}}} + \frac{1}{v_0}\right)\left(\frac{m_0 a_{\text{доп}}}{F_{\text{ст}} - \alpha G_{\text{н}} + F_{\text{пот}}} - 1\right). \qquad (12.169)$$

Реализация указанного метода улучшения диаграммы движения кабины лифта изменением максимальных усилий двигателя требует применения регулируемого электропривода (например, электропривода постоянного тока), обеспечивающего возможность изменения максимальной силы двигателя.

При использовании регулируемого электропривода принципиально имеется еще одна возможность обеспечения максимальных допустимых ускорений в режимах разгона и замедления. Она заключается в том. что в систему регулирования электропривода вводится замкнутый контур регулирования ускорения, в котором осуществляется измерение фактического ускорения кабины (или углового ускорения двигателя), сравнение его с заданным значением ускорения, формируемым в соответствии с требуемой диаграммой движения, и формирование в функции рассогласования управляющего воздействия на вход системы управления электроприводом, обеспечивающего сведение к нулю (или к допустимому минимальному значению) величины этого рассогласования. Однако технические трудности определения линейных или угловых ускорений с требуемой точностью и высокой надежностью затрудняют применение этого метода.

Чаще всего при использовании регулируемого электропривода, необходимость применения которого возникает при высоких требованиях к точности воспроизведения требуемой диаграммы движения (например, для скоростных лифтов), применяется управление электроприводом лифта, при котором на входе его системы регулирования формируется переменный во времени сигнал задания скорости в соответствии с требуемой диаграммой движения. а точность отработки задаваемой диаграммы движения определяется параметрами и структурой электропривода.

г) Диаграмма движения электропривода лифта при программном управлении

Рассмотрим наиболее характерный пример программного управления электроприводом лифта, выполненным по системе тиристорный преобразователь – двигатель (ТП-Д) (рис.12.34). Инерционность тиристорного преобразователя очень мала (обычно его постоянная времени $T_{\text{п}} \approx 0{,}01c$), поэтому можно считать, что его э.д.с. $E_{\text{п}}$ изменяется пропорционально изменению управляющего сигнала преобразователя, формируемого в соответствии с требуемой диаграммой движения.

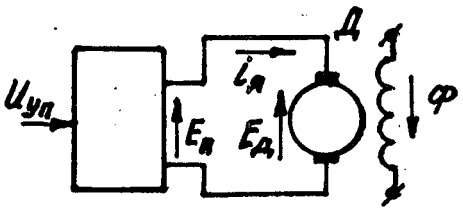


Рис.12.34. Электропривод преобразователь-двигатель с двигателем постоянного тока независимого возбуждения

Будем считать, что система управления обеспечивает изменение э.д.с. преобразователя в соответствии с диаграммой, приведенной на рис.12.35*а*.

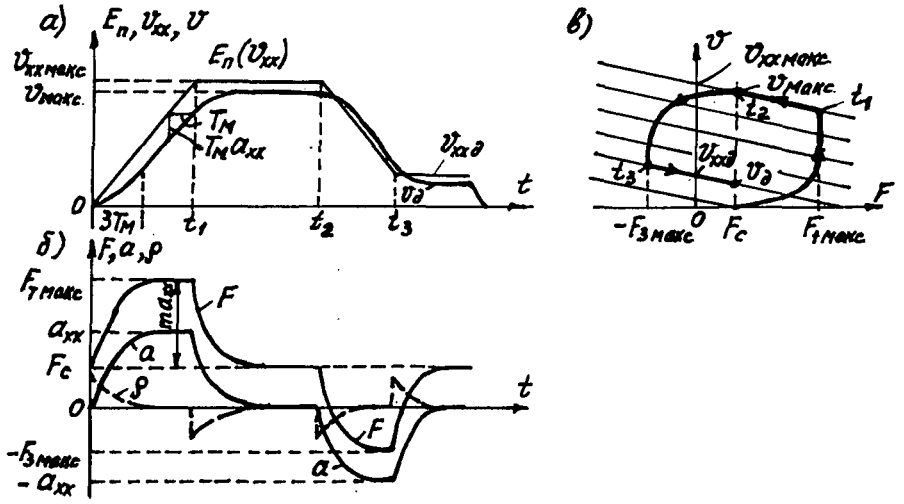


Рис.12.35. Диаграмма скорости двигателя электропривода лифта при программном управлении (а), изменения силы, ускорения и рывка (б) и статические и динамические механические характеристики (в)

Уравнение якорной цепи двигателя при пренебрежении инерционностью якорной цепи:

$$E_п = E_д + R_я i_я = K_E v + R_я \frac{F}{K_F},$$

где $E_д$ - э.д.с. двигателя, В; $i_я$ - ток якорной цепи, А; $R_я$ - сопротивление якорной цепи, Ом; $K_E = E_д / v = (E_д/\omega)\cdot(2i/D) = C\Phi \cdot 2i/D$ - коэффициент пропорциональности между э.д.с. и линейной скоростью двигателя, В.с/м; $K_F = F/i_я = (M/i_я)\cdot(2i/D) = C\Phi \cdot 2i/D$ - коэффициент пропорциональности между силой двигателя и током якорной цепи, Н/А; C - конструктивная постоянная двигателя; Φ - величина потока двигателя, Вб;

Отсюда можно получить уравнение статических механических характеристик двигателя (рис.12.35*в*):

$$v = \frac{E_п}{K_E} - \frac{R_я}{K_E K_F} F = v_{хх} - K_{мх} F, \qquad (12.170)$$

которые представляют собой наклонные прямые линии. пересекающие ось ординат при скорости холостого хода $v_{хх} = E_п/K_E$ и имеющие коэффициент наклона $K_{мх} = R_я/K_E K_F$, м/Нс.

Движение электропривода описывается уравнением $m(dv/dt) = F - F_с$, совместное решение которого с уравнением (12.170) позволяет получить дифференциальные уравнения, характеризующие изменение скорости и силы двигателя во время переходного процесса:

$$T_{\text{м}}\frac{dv}{dt}+v=\frac{E_{\text{п}}}{K_{\text{Е}}}-K_{\text{мх}}F_{\text{с}}=v_{\text{хх}}-K_{\text{мх}}F_{\text{с}}\,, \tag{12.171}$$

$$T_{\text{м}}\frac{dF}{dt}+F=\frac{m}{K_{\text{Е}}}\frac{dE_{\text{п}}}{dt}+F_{\text{с}}=m\frac{dv_{\text{хх}}}{dt}+F_{\text{с}}\,, \tag{12.172}$$

где $T_{\text{м}}=\dfrac{mR_{\text{я}}}{K_{\text{Е}}K_{\text{Ф}}}=K_{\text{мх}}m$ – электромеханическая постоянная времени электропривода, с.

Поскольку в соответствии с требованиями, предъявляемыми к лифту, механический тормоз не должен отключаться до тех пор, пока сила (момент) двигателя не достигнет величины, достаточной для удержания кабины лифта, в электроприводах скоростных лифтов перед снятием тормоза обеспечивается задание начального момента (тока) двигателя, обеспечивающего выполнение этого требования.

Поэтому будем считать, что перед началом задания программы сила двигателя равна статической силе нагрузки $F=F_{\text{с}}$.

На первом этапе движения $O-t_1$ (рис.12.35*а*) э.д.с. преобразователя изменяется от нуля до $F_{\text{п макс}}$ по линейному закону

$$E_{\text{п1}}=a_{\text{п}}t\,, \tag{12.173}$$

где $a_{\text{п}}$ – крутизна изменения э.д.с. преобразователя (скорость ее изменения), В/с.

При этом скорость холостого хода изменяется по закону

$$v_{\text{хх1}}=\frac{a_{\text{п}}}{K_{\text{Е}}}t=a_{\text{хх}}t\,, \tag{12.173'}$$

где $a_{\text{хх}}=a_{\text{п}}/K_{\text{Е}}$ – крутизна изменения по времени скорости холостого хода, м/с^2.

На первом этапе движения начальные условия: $v=0$, $F=F_{\text{с}}$.

Подставив зависимость (12.173) в уравнения (12.171) и (12.172), после их решения с учетом указанных начальных условий получим законы изменения во времени скорости и момента на первом этапе движения:

$$v_1(t)=a_{\text{хх}}t-T_{\text{м}}a_{\text{хх}}\left[1-\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right)\right]=v_{\text{хх1}}(t)+\Delta v_1(t)\,, \tag{12.174}$$

$$F_1(t)=F_{\text{с}}+ma_{\text{хх}}\left[1-\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right)\right]=F_{\text{с}}+F_{\text{дин1}}(t)\,. \tag{12.175}$$

Зависимость (12.174) скорости от времени имеет две составляющие $v_{\text{хх1}}(t)$ и $\Delta v_1(t)$. Первая из них линейно изменяется во времени в том же темпе, что и э.д.с. преобразователя. При этом для первого этапа, как и для других этапов, график изменения э.д.с. преобразователя $E_{\text{п}}$ (рис.12.35*б*) соответствует и графику изменения скорости холостого хода $v_{\text{хх}}$, если учесть вытекающие из сравнения выражений (12.173) и (12.173') изменение масштабов.

Вторая составляющая скорости

$$\Delta v_1(t)=v_{\text{хх}}(t)-v_1(t)=-T_{\text{м}}a_{\text{хх}}\left[1-\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right)\right]$$

изменяется по экспоненциальному закону и характеризует отклонение фактической скорости v от задаваемой скорости холостого хода $v_{\text{хх}}$ во время переходного процесса.

По истечении промежутка времени $3T_м$ можно считать, что $\exp(-t/T_м) \approx 0$, тогда отклонение фактической скорости от заданной становится равным

$$\Delta v_1 = v_{xx1}(t) - v_1(t) \approx -T_м a_{xx} = \text{const},$$

а график изменения скорости $v_1(t)$ практически определяется прямой линией, параллельной графику изменений $v_{xx1}(t)$ (рис.12.35*а*)

$$v_1(t) = a_{xx}t - T_м a_{xx} = v_{xx1}(t) - T_м a_{xx}, \qquad (12.174')$$

т.е. в каждый момент времени по истечению интервала $3T_м$ величина фактической скорости меньше задаваемой на величину $T_м a_{xx}$.

Из сопоставления формул (12.174') и (12.173') можно определить, что на этом участке фактическая скорость v достигает заданного значения v_{xx} с запаздыванием $\Delta t_3 = T_м$ (рис.12.35*а*).

Изменение силы двигателя $F_1(t)$ определяется изменением динамической силы $F_{дин.1}$, поскольку статическая сила нагрузки F_c во время движения не изменяется и сила двигателя $F_1(t)$ на этом этапе нарастает по экспоненте (рис.12.35*б*), через интервал $3T_м$ фактически достигает своего максимального значения

$$F_{1макс} = F_c + ma_{xx} \qquad (12.175')$$

и далее остается постоянной.

Из выражения (12.174) можно определить законы изменения ускорения и рывка на первом этапе движения (рис.12.35*б*), а также пути движения кабины:

$$a_1(t) = \frac{dv_1(t)}{dt} = a_{xx}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right], \qquad (12.176)$$

$$\rho_1(t) = \frac{da_1(t)}{dt} = \frac{a_{xx}}{T_м}\exp\left(-t/T_м\right), \qquad (12.177)$$

$$S_1(t) = \int_0^t v_1(t)dt = a_{xx}\left\{\frac{t^2}{2} - T_м t + T_м^2\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right]\right\} \qquad (12.178)$$

Как следует из этих выражений, величина рывка за интервал времени $3T_м$ изменяется от $\rho_{1н} = a_{xx}/T_м$ практически до нуля, а ускорение нарастает по экспоненте и за этот же интервал времени практически достигает величине a_{xx}, оставаясь дальше постоянным и равным задаваемому ускорению изменения скорости холостого хода. При этом установившееся ускорение при таком управлении электроприводом не зависит от величины статической силы нагрузки, поскольку, как следует из выражения (12.175'), максимальная величина силы двигателя устанавливается равной сумме статической силы нагрузки F_c (независимо от ее конкретной величины) и динамической силы, равной произведению массы на заданное ускорение, определяемое скоростью нарастания сигнала управления на данном этапе движения (т.е. в соответствии с полученными выше рекомендациями по изменению максимального значения силы двигателя для обеспечения максимального ускорения во время переходных процессов независимо от величины статической силы нагрузки).

Определяя для каждого момента времени в пределах $0 < t < t_1$ величины v_1 и F_1 из выражений (12.174) и (12.175), можно построить в координатах (F, v) динамиче-

скую механическую характеристику электропривода, представляющую собой зависимость $v = f(F)$ во времени переходного процесса (рис.12.35*в*). В данном случае можно получить уравнение динамической механической характеристики из (12.174) и (12.175), исключая из них время t:

$$v_1 = a_{xx} T_м \ln \frac{m a_{xx}}{m a_{xx} - F_1 + F_c} - K_{мх}(F_1 - F_c). \qquad (12.179)$$

При движении вдоль динамической механической характеристики на этом этапе рабочая точка, характеризующая состояние электропривода в координатах (F, v), перемещается с одной статической механической характеристики на другую, соответствующую текущему значению скорости холостого хода v_{xx}, изменяющейся во времени с изменением э.д.с. преобразователя: $v_{xx}(t) = E_п / K_E = a_{xx} t$ (рис.12.35*в*). Заканчивается первый этап в момент времени t_1 на статической характеристике, соответствующей $v_{xx\,макс}$ (или $E_{п\,макс}$): $v = v_{xx\,макс} - K_{мх} F$.

На втором этапе $t_2 < t < t_2$ рабочая точка перемещается вдоль этой статической характеристики, приближаясь к точке установившегося режима (рис.12.35*в*):

$$v_{уст} = v_{xx\,макс} - K_{мх} F_c = v_{макс} \qquad (12.180)$$

т.е. динамическая характеристика на этом этапе совпадает со статической.

Для определения переходных процессов на втором этапе необходимо начальные условия, которые равны конечным значениям первого этапа и могут быть определены при подстановке в выражения (12.174), (12.175), (12.178). При принятых условиях, поскольку $t_1 > 3T_м$, в этих выражениях можно пренебречь величиной $\exp(-t/T_м)$, тогда:

$$v_{н2} = v_{к1} = a_{xx}(t_1 - T_м) = v_{xx\,макс} - K_{мх} F_{1\,макс}, \qquad (12.181)$$

$$F_{н2} = F_{к1} = F_c + m a_{xx} = F_{1\,макс}, \qquad (12.182)$$

$$S_{н2} = S_{к1} = \frac{a_{xx}}{2}\left[(t_1 - T_м)^2 + T_м^2\right]. \qquad (12.183)$$

Учитывая начальные условия и решая дифференциальные уравнения (12.171) и (12.172) при подстановке в них $v_{xx} = v_{xx\,макс} = E_{п\,макс}/K_E = const$, получим выражения, характеризующие изменение скорости и силы двигателя на втором этапе (отсчет времени для каждого этапа будем вести от момента начала этого этапа):

$$v_2(t) = v_{макс} - (v_{макс} - v_{н2})\exp\left(-t/T_м\right) = v_{xx\,макс} - K_{мх} F_c - T_м a_{xx} \exp\left(-t/T_м\right), \qquad (12.184)$$

$$F_2(t) = F_c + (F_{н2} - F_c)\exp\left(-t/T_м\right) = F_c + m a_{xx} \exp\left(-t/T_м\right) \qquad (12.185)$$

Из этих выражений можно определить изменение во времени ускорения, рывка и пути движения на втором этапе:

$$a_2(t) = \frac{dv_2(t)}{dt} = \frac{v_{макс} - v_{н2}}{T_м}\exp\left(-t/T_м\right) = a_{xx} \exp\left(-t/T_м\right), \qquad (12.186)$$

$$\rho_2(t) = \frac{da_2(t)}{dt} = -\frac{v_{макс} - v_{н2}}{T_м^2}\exp\left(-t/T_м\right) = -\frac{a_{xx}}{T_м}\exp\left(-t/T_м\right), \qquad (12.187)$$

$$S_2(t) = S_{н2} + \int_0^t v_2(t)dt = S_{н2} + v_{макс}t - (v_{макс} - v_{н2})T_м\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right] =$$

$$= S_{н2} + (v_{хх\,макс} - K_{мх}F_с)t - T_м^2 a_{хх}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right]. \quad (12.188)$$

По истечении интервала времени $3T_м$ можно считать $\exp\left(-t/T_м\right) = 0$, при этом рывок и ускорение равны нулю, сила двигателя F_2 равна статической силе нагрузки $F_с$, электропривод движется с максимальной скоростью $v_2 = v_{макс} = v_{хх\,макс} - K_{мх}F_с$, а путь изменяется равномерно.

Тогда конечные значения этих величин в момент окончания второго этапа t_2, при котором начинается третий этап (замедление), определяют начальные условия для третьего этапа ($t_2 < t < t_3$):

$$v_{н3} = v_{к2} = v_{макс} = v_{хх\,макс} - K_{мх}F_с, \quad (12.189)$$

$$F_{н3} = F_{к2} = F_с, \quad (12.190)$$

$$S_{н3} = S_{к2} = S_{н2} + v_{макс}(t_2 - t_1) - T_м^2 a_{хх} = a_{хх}t_1\left(\frac{t_1}{2} - T_м\right) + v_{макс}(t_2 - t_1). \quad (12.191)$$

На третьем этапе задающий сигнал, т.е. $E_п$ или $v_{хх}$, линейно уменьшается:

$$E_п = E_{п\,макс} - a_п t; \quad v_{хх} = v_{хх\,макс} - a_х t. \quad (12.192)$$

Решая уравнения (12.171) и (12.172) для третьего этапа с учетом указанных начальных условий и характера изменения $E_п$ или $v_{хх}$, получим зависимости, характеризующие скорости и силы двигателя на этом этапе, а также ускорения, рывка и пути (рис.12.35*а, б*):

$$v_3(t) = v_{макс} - a_{хх}t + T_м a_{хх}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right], \quad (12.193)$$

$$F_3(t) = F_с - ma_{хх}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right], \quad (12.194)$$

$$a_3(t) = \frac{dv_3(t)}{dt} = -a_{хх}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right], \quad (12.195)$$

$$\rho_3(t) = \frac{da_3(t)}{dt} = -\frac{a_{хх}}{T_м}\exp\left(-t/T_м\right), \quad (12.196)$$

$$S_3(t) = S_{н3} + \int_0^t v_3(t)dt = S_{н3} + (v_{макс} + T_м a_{хх})t - \frac{a_{хх}t^2}{2} - T_м^2 a_{хх}\left[1 - \exp\left(-t/T_м\right)\right]. \quad (12.197)$$

Из выражений (12.193) и (12.194), исключая из них время t, получим уравнение динамической механической характеристики на третьем этапе $t_2 < t < t_3$:

$$v = v_{макс} - a_{хх}T_м \ln\frac{ma_{хх}}{ma_{хх} - F_с + F_3} + K_{мх}(F_с - F_3). \quad (12.198)$$

По истечении интервала времени $3T_м$ рывок будет равен нулю, ускорение будет постоянным и равным

$$a_{3макс} = -a_{хх}, \quad (12.195')$$

скорость будет изменяться по линейному закону

$$v_3(t) = v_{\text{макс}} - a_{\text{хх}}(t - T_{\text{м}}), \tag{12.193'}$$

а сила двигателя достигнет максимальной отрицательной величины и будет поддерживаться на этом уровне:

$$F_{3\text{макс}} = F_{\text{с}} - ma_{\text{хх}} \tag{12.194'}$$

Третий этап закончится в момент времени t_3 , когда рабочая точка, характеризующая движение электропривода в координатах (F, v) достигнет статической механической характеристики. соответствующей задаваемой скорости $v_{\text{ххд}}$ холостого хода при дотягивании кабины к датчику точной остановки (рис.12.35*в*), после чего начинается четвертый этап ($t > t_3$) движения вдоль указанной статической характеристики до фактической установившейся скорости дотягивания v_0, соответствующей статической силе нагрузки $F_{\text{с}}$:

$$v_0 = v_{\text{д}} = v_{\text{ххд}} - K_{\text{мх}}F_{\text{с}}. \tag{12.199}$$

Начальные условия для четвертого этапа:

$$v_{\text{н4}} = v_{\text{к3}} = v_{\text{макс}} - a_{\text{хх}}(t_3 - t_2) + T_{\text{м}}a_{\text{хх}} = v_{\text{ххд}} - K_{\text{мх}}F_{3\text{макс}} \tag{12.200}$$

$$F_{\text{н4}} = F_{\text{к3}} = F_{\text{с}} - ma_{\text{хх}} \tag{12.201}$$

$$S_{\text{н4}} = S_{\text{к3}} = S_{\text{н3}} + (v_{\text{макс}} + T_{\text{м}}a_{\text{хх}})(t_3 - t_2) - \frac{a_{\text{хх}}t^2}{2} - T_{\text{м}}^2 a_{\text{хх}} =$$

$$= v_{\text{макс}}(t_3 - t_2) + T_{\text{м}}a_{\text{хх}}(t_3 - t_2 - t_1 - T_{\text{м}}) + \frac{a_{\text{хх}}}{2}\left[t_1^2 - (t_3 - t_2)^2\right]. \tag{12.202}$$

На четвертом этапе

$$v_{\text{хх4}} = v_{\text{ххд}} = \text{const},$$

и решение уравнений (12.171) и (12.172) при этих условиях дает следующие выражения:

$$v_4(t) = v_{\text{д}} + T_{\text{м}}a_{\text{хх}}\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right), \tag{12.203}$$

$$F_4(t) = F_{\text{с}} - ma_{\text{хх}}\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right), \tag{12.204}$$

$$a_4(t) = -a_{\text{хх}}\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right), \tag{12.205}$$

$$\rho_4(t) = \frac{a_{\text{хх}}}{T_{\text{м}}}\exp\left(-t/T_{\text{м}}\right), \tag{12.206}$$

$$S_4(t) = S_{\text{н4}} + v_{\text{д}}t + T_{\text{м}}^2 a_{\text{хх}}\left[1 - \exp\left(-t/T_{\text{м}}\right)\right]. \tag{12.207}$$

Во время четвертого этапа рывок и ускорение уменьшаются до нуля, сила двигателя F становится равной статической силе нагрузки $F_{\text{с}}$ и скорость электропривода переходит к установившемуся значению $v_{\text{д}}$. Этот этап заканчивается режимом торможения и наложением тормоза.

Существенной особенностью рассмотренного программного управления электроприводом лифта является то, что максимальные значения ускорений в режиме разгона и замедления равны скорости изменения задающего сигнала, т.е. $a_{\text{р макс}} = a_{\text{хх}}$ и $a_{\text{з макс}} = -a_{\text{хх}}$, вследствие чего, выбирая величину $a_{\text{хх}}$ равной допустимому значению ускорения $a_{\text{хх}} = a_{\text{п}}/K_{\text{Е}} = a_{\text{доп}}$, можно обеспечить ограничение ускорений допустимым значением.

При этом интервалы движения с допустимым максимальным ускорением будут тем больше, чем меньше инерционность электропривода (в данном случае чем меньше величина $T_{\text{м}}$), поскольку при этом за меньшее время будет устанавливаться максимальное ускорение. В предельном случае, соответствующем $T_{\text{м}} = 0$ (в данном случае это соответствует бесконечной жесткости статических механических характеристик), диаграмма изменения скорости v движения электропривода будет полностью совпадать с задаваемой диаграммой $v_{\text{хх}}$, а графики изменения сил двигателя будут соответствовать рассмотренным выше графикам на рис.12.33, когда величина этих сил изменяется скачком при переходе от одного этапа движения к другому. В обоих случаях, соответствующих рис.12.33 и рис.12.35, обеспечивается максимальная величина ускорения в режимах разгона и замедления независимо от величины статической силы нагрузки $F_{\text{с}}$, но методы достижения этого результата различны.

Хотя уменьшение инерционности привода желательно для увеличения интервалов движения с максимальным ускорением, следует учитывать, что с его уменьшением возрастает величина рывков при переходе от одного этапа движения к другому (как видно из приведенных формул, величина рывка обратно пропорциональна величине постоянной времени $T_{\text{м}}$). Теоретически при $T_{\text{м}} \to 0$ величина рывка стремится к бесконечности, а увеличение $T_{\text{м}}$, т.е. увеличение инерционности привода, уменьшает величину рывка.

Таким образом, при описанном кусочно-линейном изменении во времени задающего сигнала необходимость ограничения рывка требует конечной инерционности электропривода, причем требуемая величина $T_{\text{м}}$ может быть определена из формулы, характеризующей максимальное значение рывка (в начале каждого этапа):

$$\rho_{\text{макс}} = \frac{a_{\text{хх}}}{T_{\text{м}}} = \frac{a_{\text{доп}}}{T_{\text{м}}}.$$

Принимая $\rho_{\text{макс}} = \rho_{\text{доп}}$, отсюда можно определить требуемую величину $T_{\text{м}}$:

$$T_{\text{м}} \geq \frac{a_{\text{доп}}}{\rho_{\text{доп}}}. \qquad (12.208)$$

Если же инерционность электропривода меньше определяемой из выражения (12.208), то в диаграмму изменения управляющего сигнала необходимо ввести участки плавного нарастания ускорения, что соответствует ее приближению к описанной выше оптимальной диаграмме движения с параболическими участками изменения скорости (т.е. с трапецеидальным характером изменения ускорения), соответствующими ограничению рывков допустимыми значениями. При этом сам характер сигнала обеспечивает ограничение рывков, в малая инерционность электропривода способствует увеличению точности отработки задаваемой диаграммы движения. Хотя выше был рассмотрен частный случай питания двигателя постоян-

ного тока от практически безынерционного преобразователя без учета инерционности системы управления и инерционности якорной цепи двигателя, полученные результаты являются в достаточной мере универсальными.

При жестких требованиях к диаграмме движения обычно используются регулируемый электропривод (чаще всего - постоянного тока), а в случае наличия в электроприводе существенных инерционностей, отрицательным влиянием которых на диаграмму движения нельзя пренебречь (например, инерционности генератора в системе генератор - двигатель, постоянная времени которого составляет несколько десятых долей секунды и может приближаться к секунде), на основе методов теории автоматического управления обеспечивается уменьшение влияния этих инерционностей на качество регулирования путем выбора требуемой для этого структуры системы управления, параметров регуляторов, введением корректирующих звеньев. В результате такого построения системы управления динамика электропривода с достаточной степенью точности может описываться уравнением второго порядка, а для решения некоторых задач - и первого порядка (для определения характера изменения скорости и пути движения, времени движения, средних значений ускорений) с небольшими постоянными времени.

При этом для определения диаграммы движения может быть использована описанная выше методика, в случае описания динамики уравнением первого порядка могут быть использованы и полученные выше формулы для каждого этапа движения.

Динамика системы регулирования скорости электропривода лифта описывается при этом либо дифференциальным уравнением

$$T_{\text{срс}}\frac{dv}{dt}+v=K_{\text{у}}U_{\text{у}}-K_{\text{в}}F_{\text{с}},$$

либо передаточными функциями по управляющему сигналу:

$$W_{\text{у}}(p)=\frac{v(p)}{U(p)}=\frac{K_{\text{у}}}{1+pT_{\text{срс}}},$$

и по возмущающему воздействию (нагрузке):

$$W_{\text{в}}(p)=\frac{v(p)}{F_{\text{с}}(p)}=\frac{K_{\text{в}}}{1+T_{\text{срс}}},$$

где $U_{\text{у}}$ - управляющее напряжение, В; $K_{\text{у}}$, $K_{\text{в}}$ - передаточные коэффициенты системы регулирования скорости электропривода по управляющему и по возмущающему воздействиям, соответственно м/В.с и м/Н.с.; $T_{\text{срс}}$ - постоянная времени системы регулирования скорости электропривода, с.

Сравнивая приведенное уравнение с уравнением (12.171), можно сделать вывод, что их решения аналогичны, а полученные выше формулы могут быть использованы и в этом более общем случае, если в них принять:

$$T_{\text{м}}=T_{\text{срс}},\quad \frac{1}{K_{\text{Е}}}=K_{\text{у}},\quad K_{\text{мх}}=K_{\text{в}},\quad E_{\text{п}}=U_{\text{у}},\quad v_{\text{хх}}=\frac{E_{\text{п}}}{K_{\text{Е}}}=\frac{U_{\text{у}}}{K_{\text{Е}}}.$$

Характер получаемой в этом более общем случае диаграммы движения будет аналогичен приведенному на рис.12.35.

12.2. Нерегулируемый привод с односкоростным и двухскоростным двигателем переменного тока

Односкоростной нерегулируемый асинхронный привод применяется в тихоходных лифтах с невысокими требованиями к точности остановки кабины. Силовая схема привода (рис.12.36) включает односкоростной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором *М*. Контакторы *КМ1* и *КМ2* обеспечивают включение двигателя для движения кабины вверх и вниз за счет изменения чередования фаз питающего напряжения. Узел *А2* выбора направления движения подает напряжение на один из этих контакторов в зависимости от взаимного положения этажа положения кабины и этажа вызова или приказа (требований). Электромагнит тормоза *YA* получает питание через выпрямитель *А2* и обеспечивает снятие тормоза при включении привода и наложение тормоза при отключении привода, когда кабина подходит к этажу назначения.

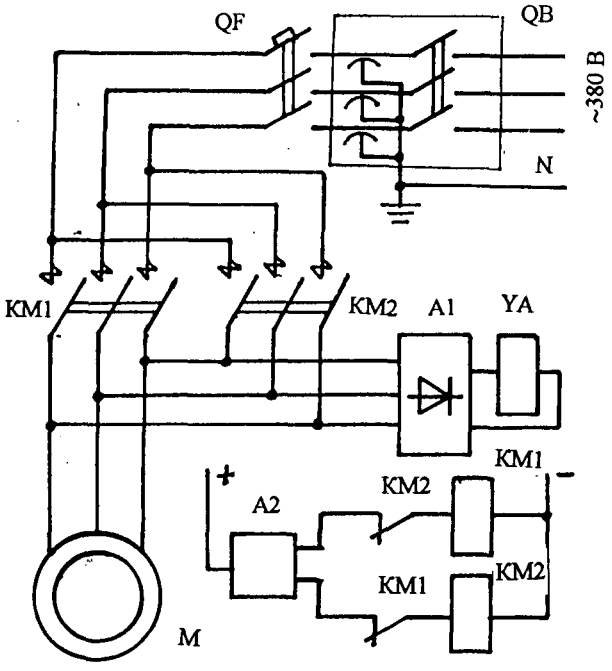


Рис.12.36. Силовая схема односкоростного асинхронного привода лифта

Автоматический выключатель *QF* обеспечивает защиту двигателя от короткого замыкания и от перегрузки. Через устройство вводное *QB* осуществляется питание привода и всей схемы управления и, с помощью проходных конденсаторов, защита от высокочастотных помех, возникающих при работе системы. Устройство вводное и автоматический выключатель включаются вручную при введении лифта в работу.

Характер работы привода определяется механическими характеристиками, приведенными на рис.12.37 (характеристики *1*, *2*, *3* и *4* соответствуют движению кабины наверх, а характеристики со штрихом – движению кабины вниз).

При пуске кабины, например, наверх включается контактор *КМ1*, с помощью электромагнита *YA* снимается тормоз (исчезает характеристика *4* тормоза на рис.12.37) и возникает характеристика *1* двигателя. Под действием динамического момента (разность абсцисс характеристик *1* и *2* для кабины с номинальной загрузкой и характеристик *1* и *3* для порожней кабины) появляется ускорение, обеспечивающее разгон кабины (рис.12.38). Движение привода (и кабины) характеризуется перемещением по точкам механической характеристики *а–в–с* (*с1*) для номинальной (нулевой) загрузки кабины. В каждый момент времени в процессе разгона ди-

намическая сила меньше для загруженной кабины, чем для порожней, вследствие чего и интенсивность разгона меньше (время разгона – больше) для загруженной кабины (рис.12.38). Установившаяся скорость $v_{уст}$ определяется точками пересечения механической характеристики двигателя *1* с характеристиками нагрузки *2* и *3* при крайних значениях загрузки кабины (точки *c* и *c1*).

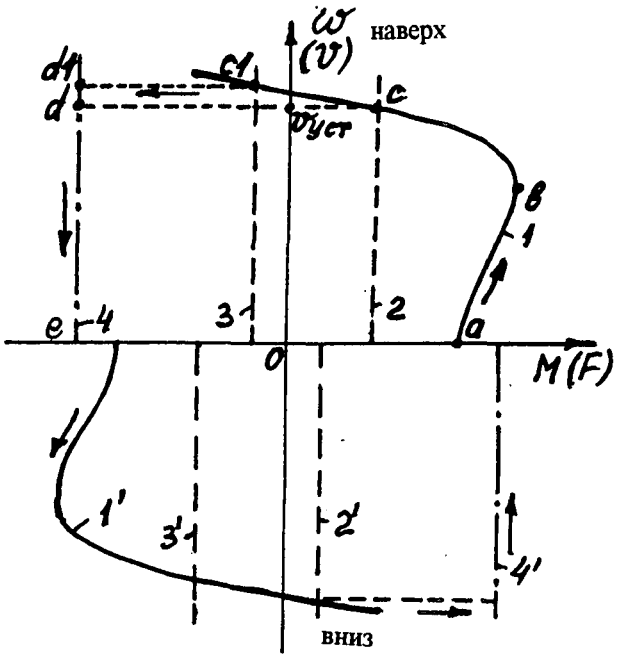


Рис.12.37. Механические характеристики односкоростного асинхронного привода лифта
1 - двигателя, 2 и 3 - момента нагрузки при номинальной и нулевой загрузке кабины, 4 - тормоза

При подходе кабины к этажу назначения и заходе в зону торможения отключается контактор *KM1*, снимается напряжение с двигателя *M* и электромагнита тормоза *YA*, накладывается тормоз, исчезает механическая характеристика двигателя 1 и появляется механическая характеристика тормоза 4 (рис.12.37). Изображающая точка, характеризующая движение кабины, переходит в положение *d* (*d1*) на этой характеристике и возникает отрицательное ускорение, определяемое разностью абсцисс характеристик *4 – 2* для загруженной кабины и *4 – 3* для порожней кабины, из сравнения которых следует, что интенсивность торможения загруженной кабины (наклонная линия *de* на рис.12.38) будет больше, чем для порожней (линия *d1e*). Площади между осью абсцисс и наклонными линиями *de* и *d1e* на рис.12.38 характеризуют пути торможения загруженной и порожней кабин, а разница между ними, как было показано выше, определяют ошибку остановки кабины. Если эта ошибка превышает допустимое значение, можно ее уменьшить, если перед торможением предварительно замедлить

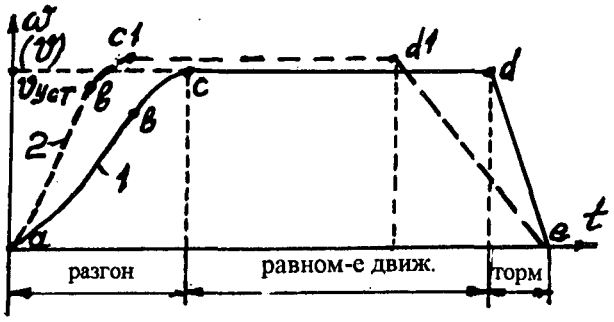


Рис.12.38. Диаграмма подъема загруженной (1) и порожней (2) кабины

привод до скорости, при которой требования точности удовлетворяются (разброс путей торможения уменьшается пропорционально квадрату уменьшения скорости начала торможения). Этим, в основном, и определяется широкое применение двухскоростных нерегулируемых асинхронных приводов лифтов, которые позволяют при заходе кабины в зону замедления уменьшить скорость привода до величины, вытекающей из требования точности остановки кабины, а затем, при заходе кабины в зону торможения (зону точной остановки) осуществить торможение так, как это описано выше.

Отметим также, что приведенные на рис.12.38 диаграммы движения существенно отличаются от описанной выше оптимальной диаграммы. Максимальное значение ускорения при разгоне кабины достигается здесь при прохождении точки *b* на рис. 12.37 (здесь максимальна разность абсцисс механической характеристики двигателя 1 и механической характеристики нагрузки при порожней кабине 3). Если принять это максимальное ускорение равным допустимому, то во все остальные моменты движения, а тем более при других величинах загрузки кабина, ускорение будет значительно меньше допустимого, вследствие чего время разгона кабины будет значительно больше рассчитанного для оптимальной диаграммы (производительность лифта мала). Эти недостатки оправдываются относительно малой стоимостью привода для редко используемых лифтов, когда его производительность не является определяющей.

При опускании кабины характер движения определяется механическими характеристиками, приведенными на рис.12.27 со штрихом. Отличия заключаются в том, что изменяется знак скорости, при этом диаграмма *1* на рис.12.38 характеризует опускание порожней кабины, а не груженой, как при подъеме, а диаграмма *2* – опускание кабины с номинальной загрузкой, а не порожней, как при подъеме.

В двухскоростном асинхронном приводе лифта (рис.12.39) используется асинхронный двигатель *M* с короткозамкнутым ротором и двумя статорными обмотками большой и малой скорости. В обмотке малой скорости число пар полюсов лифтовых двигателей обычно в 3, 4 или 6 раз превышает число пар полюсов обмотки большой скорости, что определяет уменьшенную в такое же количество раз величину синхронной скорости.

Контакторы «вверх» *KM1* и «вниз» *KM2* вместе с блоком *A2* выбора направления движения включаются и выполняют такую же роль, как и в односкоростном приводе. Добавляются контактор большой скорости *KM3*, который включается с помощью логического блока *A3* и подает напряжение на обмотку большой скорости при пуске привода и отключается при заходе кабины в зону замедления этажа назначения, и контактор малой скорости *KM4*, который включается и подает напряжение на обмотку малой скорости двигателя *M* после захода кабины в зону замедления этажа назначения и отключения контактора большой скорости. Обмотка малой скорости с контактором *KM4* используется также в режиме ревизии для обеспечения движения кабина с малой скоростью при нахождении обслуживающего персонала на крыше кабина.

Механические характеристики привода (рис.12.40) *1, 2, 3* и *4* аналогичны таким же характеристикам для односкоростного привода и определяют такой же характер движения при разгоне и торможении привода (и кабины). Добавляется механическая характеристика *5* двигателя при подаче напряжения на обмотку малой скорости.

При пуске привода, например, наверх (схема включения электромагнита тормоза, вводного устройства и автоматического выключателя, аналогичная односкоростному приводу, на рис.12.39 не показана) включаются контактор большой скорости *КМ3* и контактор «вверх» *КМ1* и подается напряжение на обмотку большой скорости двигателя М. Происходит разгон двигателя и кабины до большой скорости (перемещение по точкам *а - в - с* или *с1* на рис.12.40. Диаграмма движения при этом аналогична диаграмме односкоростного привода, приведенной на рис.12.38.

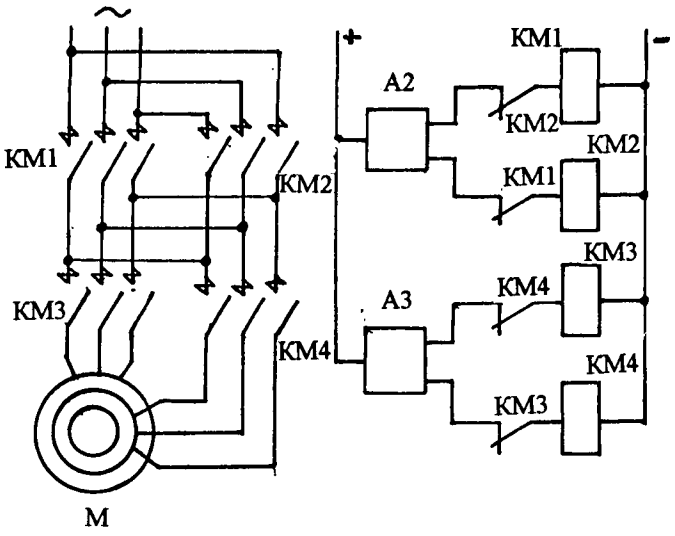


Рис.12.39. Силовая схема двухскоростного нерегулируемого асинхронного привода лифта

При заходе кабины в зону замедления этажа назначения отключается контактор большой скорости *КМ3* и включается контактор малой скорости *КМ4*. При этом, вследствие отключения обмотки большой скорости исчезает механическая характеристика двигателя *1* (рис.12.40) и появляется механическая характеристика *5* двигателя при включенной обмотке малой скорости. При этом появляется тормозной момент, определяемый разностью абсцисс механической характеристики двигателя *5* и характеристик нагрузки *3* - для порожней кабины и *2* - для кабины с номинальной загрузкой.

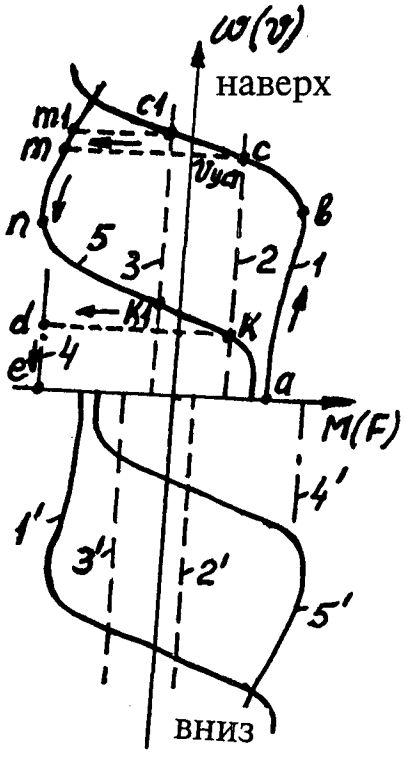


Рис.12.40. Механические характеристики двухскоростного асинхронного привода лифта 1 - двигателя, 2 и 3 - момента нагрузки при номинальной и нулевой загрузке кабины, 4 - тормоза, 5 - двигателя при включенной обмотке малой скорости

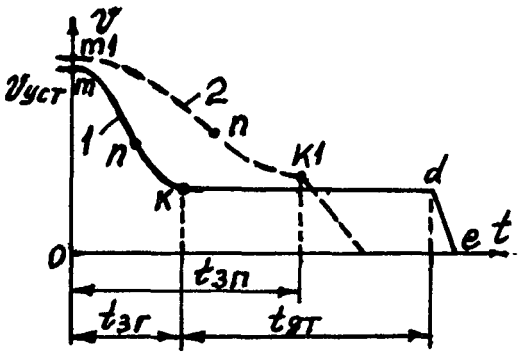


Рис.12.41. Диаграмма замедления и торможения поднимаемой загруженной (1) и порожней (2) кабины

Различие указанных разностей в режиме генераторного торможения привода определяют и разную интенсивность уменьшения скорости в режиме замедления для полностью загруженной кабины (диаграмма *1* на рис.12.41, соответствующая перемещению по точкам *т-п-к* на рис.12.40) и для порожней кабины (диаграмма *2* на рис.12.41, соответствующая перемещению по точкам *т1-п-к1* на рис.12.41). Время замедления порожней кабины $t_{зп}$ больше времени замедления загруженной кабины $t_{зг}$, а путь замедления порожней кабины (площадь между осью абсцисс и линией *т1-п-к1*) больше пути замедления загруженной кабины (площадь между осью абсцисс и линией *т-п-к* на рис.12.41). Поскольку, как было показано выше, расстояние между границей зоны замедления и границей зоны торможения должно быть принято не меньше максимального пути замедления, после замедления порожней кабины можно переходить к торможению (конечный наклонный участок диаграммы *2*) и быстро завершить перемещение кабины, а загруженная кабина быстро и на малом расстоянии замедлится, а оставшееся расстояние до границы зоны торможения будет дотягиваться с малой скоростью за время $t_{дт}$ (горизонтальный участок диаграммы *1*), что увеличивает длительность перемещения кабины. Указанный разброс диаграмм движения и невозможность поддержания величины ускорения в режимах разгона, замедления и торможения на уровне, близком к допустимому, увеличивает среднее время перемещения кабины. Существенность этих недостатков увеличивается по мере увеличения большой скорости привода лифта при стремлении увеличить его производительность. До настоящего времени широко применяется в быстроходных пассажирских лифтах, в больничных лифтах, грузовых лифтах с повышенными требованиями к точности остановки кабины.

12.3. Регулируемый привод переменного трехфазного тока

Широкое применение регулируемых асинхронных приводов в лифтах (особенно в диапазоне скоростей от 1,0 м/с до 2,0 м/с) стало возможным благодаря развитию силовой полупроводниковой техники (силовых тиристоров и транзисторов) и микроэлектронных систем управления. Применение регулируемых приводов позволяет существенно стабилизировать диаграмму движения (практически исключить разброс диаграмм движения при изменении загрузки кабины) и поддерживать ускорение кабины в режимах разгона, замедления и торможения на уровне, близком к допустимому. Это позволяет уменьшить время перемещения кабины и повысить производительность лифта.

Для питания асинхронного двигателя при этом может быть использован преобразователь частоты (рис.12.42). Изменение частоты $f_п$ питающего двигатель напряжения изменяет его синхронную скорость $\omega_с = 2\pi f_п / p_п$ при неизменном числе пар

полюсов двигателя $p_п$. При регулировании частоты возникает также необходимость изменять напряжение $U_п$ питания пропорционально изменению частоты, определяемая неизбежным изменением индуктивного сопротивления обмоток двигателя с изменением частоты.

На рис. 12.42*б* приведены механические характеристики асинхронного двигателя с преобразователем частоты при одновременном изменении частоты и напряжения в соответствии с условием $U_п/p_п = const$. При таком законе регулирования с изменением частоты механическая характеристика перемещается вдоль оси ординат при сохранении постоянного значения критического момента $M_{кр}$.

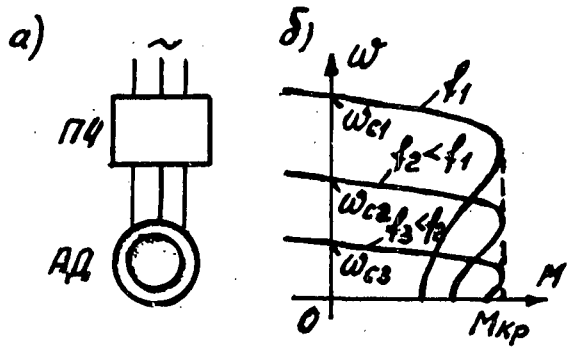


Рис.12.42. Асинхронный привод с преобразователем частоты (а) и его механические характеристики при $U/f = const$ (б)

Применение системы преобразователь частоты – асинхронный двигатель при включении ее в замкнутую систему автоматического регулирования обеспечивает высокие динамические свойства электропривода, близкие к характеристикам регулируемых электроприводов постоянного тока.

Более просто решается задача управления асинхронным электродвигателем при использовании тиристорного преобразователя переменного напряжения ТРН (тиристорный регулятор напряжения) в цепи его статорной обмотки.

Управление тиристорами *1 – 6* (рис.12.43) обеспечивает изменение питающего напряжения на статорной обмотке электродвигателя и соответствующие этому изменяемому напряжению механические характеристики, приведенные на рис.12.43*б* (первый квадрант). Включение тиристорного преобразователя в систему регулирования позволяет обеспечивать изменением напряжения питания поддержание постоянного значения момента двигателя и постоянство ускорения в процессе разгона.

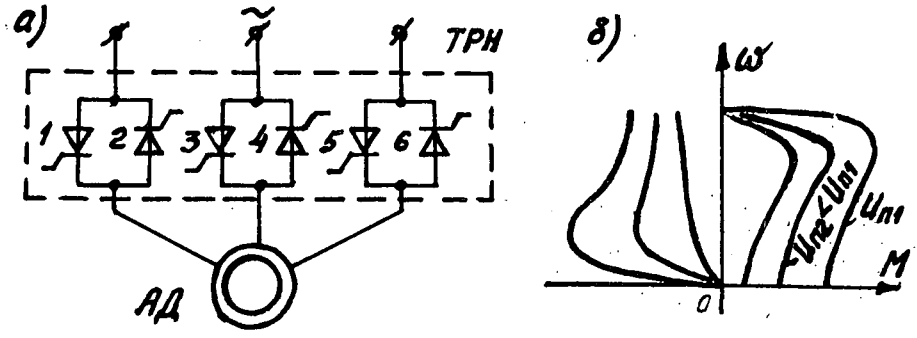


Рис.12.43. Электропривод с односкоростным асинхронным двигателем и нереверсивным тиристорным регулятором напряжения
а - схема, б - механические характеристики

Этот же регулятор напряжения позволяет осуществлять режим динамического торможения двигателя, если запереть, например, тиристоры *2* и *4* при работающих остальных тиристорах. В этом случае по обмоткам статора будет протекать выпрямленный ток, что и обеспечит режим динамического торможения. Характеристики динамического торможения приведены на рис.12.43*б* (второй квадрант) Как и в режиме разгона, при динамическом торможении регулированием угла отпирания тиристоров можно изменять тормозной момент и обеспечить постоянство ускорения в процессе замедления двигателя.

В приведенной схеме для ее упрощения: можно вместо тиристоров *2*, *4*, *6* использовать диоды (это, правда, ухудшает характеристики привода).

Такой регулятор напряжения, снабженный простейшей схемой управления тиристорами, представляет собой бесконтактный коммутационный аппарат, при помощи которого обеспечивается включение и отключение двигателя.

Изменение направления движения осуществляется в данной системе переключением фаз двигателя с помощью дополнительных аппаратов.

Для обеспечения полностью бесконтактной коммутации силовых цепей асинхронного электродвигателя может использоваться реверсивный тиристорный регулятор напряжения, один из вариантов которого приведен на рис.12.44. При одном направлении движения открыты тиристоры *1*, *2*, *3*, *4* и заперты тиристоры *5*, *6*, *7*, *8*. Для обеспечения противоположного направления движения запираются тиристоры *1–4* и отпираются тиристоры *5–8*, что меняет местами фазы А и С. Фаза В при нормальной работе не разрывается.

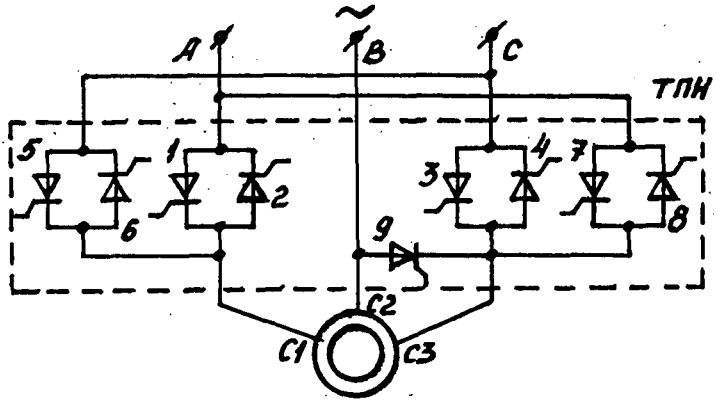


Рис.12.44. Электропривод с односкоростным асинхронным двигателем и реверсивным тиристорным регулятором напряжения

Режим динамического торможения осуществляется тиристорами *9* и *3* при одном направлении движения и тиристорами *9* и *7* – при противоположном направлении. В первом случае запираются все тиристоры, кроме пары *9* и *3*. На тиристор *3* подают управляющие импульсы с углом отпирания, обеспечивающим протекание в обмотках двигателя выпрямленного однополупериодного тока нужной величины. Этот ток вызывает во время каждого положительного полупериода динамическое торможение двигателя. Тиристор *9* (шунтирующий) открывается в каждый отрицательный полупериод – непроводящий дли тиристора *3*. При такой поочередной работе тиристоров *3* и *9* увеличивается постоянная составляющая выпрямленного тока. Кроме того, при замыкании тиристора *9* может действовать э.д.с. самоиндукции обмоток двигателя. В результате торможение получается более эффективным. Ха-

рактеристики электропривода в режиме разгона и замедления аналогичны приведенным на рис.12.43*б*.

В случае применения двухскоростного асинхронного двигателя (например, когда для ревизионных работ требуется пониженная скорость) обычно управление режимом разгона осуществляется с помощью тиристорного регулятора напряжения, включаемого в обмотку большой скорости (рис.12.45), а для обеспечения управляемого динамического торможения используется дополнительный регулируемый тиристорный выпрямитель *ТВ* (полууправляемый однофазный мост), который в режиме замедления подключается к обмотке малой скорости. В остальном принцип работы и характеристики соответствуют рис.12.43.

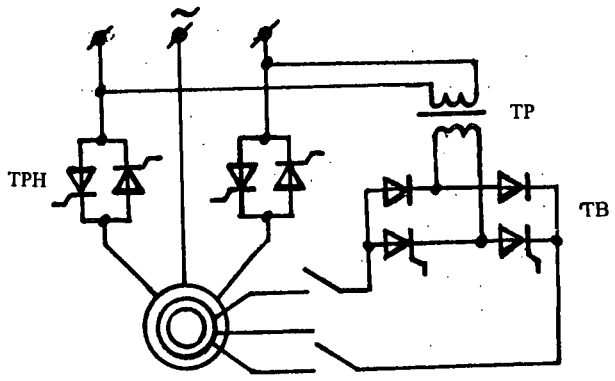


Рис.12.45. Электропривод с двухскоростным асинхронным двигателем, с питанием обмотки большой скорости от тиристорного регулятора напряжения и подключением дополнительного тиристорного выпрямителя к обмотке малой скорости в режиме динамического торможения

Фирма КОНЭ использует для регулируемого привода лифта транзисторный преобразователь частоты, упрощенная силовая схема которого приведена на рис.12.46. Односкоростной асинхронный двигатель *М* питается от преобразователя, который включает в себя выпрямитель *А1* трехфазного напряжения и преобразователь постоянного напряжения в трехфазное синусоидальное с изменяемой частотой *А2*, транзисторы которого переключаются с помощью блока управления *А3*.

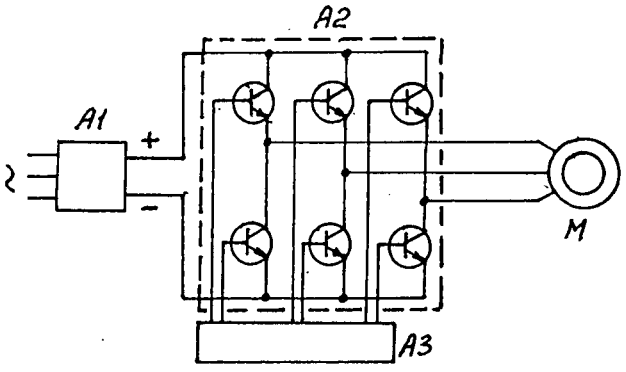


Рис.12.46. Силовая схема регулируемого асинхронного привода с транзисторным преобразователем частоты

Для формирования переменного тока необходимой частоты используется широтно-импульсная модуляция (ШИМ). Формируемые импульсы напряжения, подаваемого на двигатель, имеют одинаковую амплитуду, но ширина импульсов может регулироваться. Если импульсы короткие, а промежутки между ними длительны, среднее значение напряжения мало, а при увеличении длительности импульсов среднее значение напряжения увеличивается. Если импульсы вначале делают

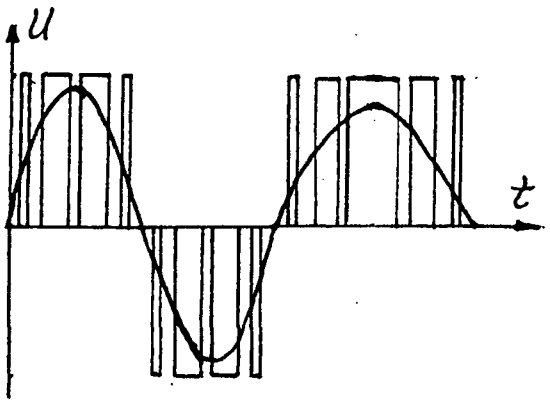


Рис.12.47. Формирование переменного напряжения с помощью широтно-импульсной модуляции

достаточно короткими, затем расширяют и потом снова укорачивают, то поучают изменение среднего напряжения, соответствующее положительному полупериоду синусоиды (рис.12.47). После этого напряжение импульсов можно изменить на отрицательное и повторить те же операции. Результатом является отрицательный полупериод синусоиды. Путем многократного повторения этих полупериодов получают непрерывное синусоидальное переменное напряжение (разумеется, это относится лишь к первой гармонике), частота и напряжение которых изменяются в соответствии с задачами питания двигателя в режимах разгона, равномерного движения и торможения кабины лифта.

Такая реализация преобразователя с использованием широтно-импульсной модуляции обычно проще, чем регулирование уровня напряжения. Прерывание, то есть образование импульсов, осуществляется простой коммутацией транзисторов (рис.12.46), действующих как выключатели. Если прерывание происходит достаточно быстро (здесь частота импульсов составляет 6 кГц), двигатель не будет реагировать на быстрое изменения напряжения (вследствие его инерционности), а движение двигателя и кабины лифта будет определяться частотой и амплитудой сформированного описанным выше способом синусоидального напряжения.

Переключатель напряжения представляет собой для каждой фазы транзисторный модуль (рис.12.46), состоящий из двух транзисторов, где верхний транзистор регулирует положительное, а нижний транзистор - отрицательное напряжение в соответствующие полупериоды питающего напряжения двигателя.

При использовании преобразователя привод лифта (рис.12.48) представляет собой замкнутую по скорости систему автоматического регулирования, включающую в себя двигатель *М*, преобразователь *П*, регулятор *Р*, датчик скорости *TG* и задатчик интенсивности *ЗИ*.

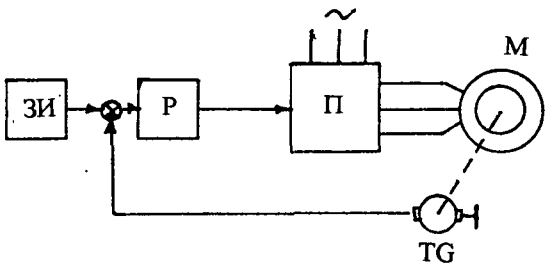


Рис.12.48. Система регулирования асинхронного привода лифта

При работе лифта задатчик интенсивности формирует подаваемый на вход замкнутого контура регулирования сигнал задания $U_{зи}$, определяющий требуемую диаграмму движения и достаточно близкую к оптимальной. Интенсивность нарастания

сигнала $U_{зи}$ на этапах разгона и торможения соответствует требуемому значению ускорения, близкому к допустимому. Замкнутый контур регулирования отрабатывает это задание с небольшим отставанием, определяемым инерционностью привода, и обеспечивает изменение скорости v движения кабины лифта (диаграмма *2* на рис.12.49), которое мало отличается от оптимального и мало зависит от загрузки кабины (вследствие самого принципа работы замкнутой системы регулирования, обеспечивающей уменьшение влияния возмущений на регулируемую величину). При реализации указанной диаграммы движения уменьшается время перемещения кабины (по сравнению с нерегулируемым приводом) и повышается производительность лифта.

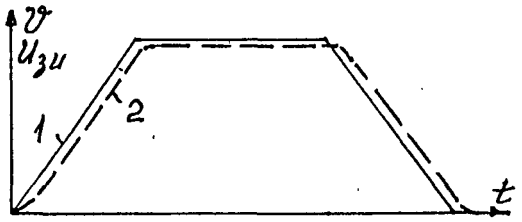


Рис.12.49. График изменения сигнала с задатчика интенсивности (1) и диаграмма движения регулируемого асинхронного привода (2)

12.4. Регулируемый привод постоянного тока

Приводы постоянного тока обычно применяются в скоростных лифтах, поскольку обладают очень хорошими регулировочными характеристиками и могут обеспечить диаграмму движения кабины лифта, близкую к оптимальной, а также высокую точность остановки кабины.

До недавнего времени обычно применялись при этом приводы по системе «генератор–двигатель» с возбудителем генератора. Однако, в настоящее время наиболее часто применяется привод по системе «тиристорный преобразователь–двигатель» (*ТП-Д*). Изменением напряжения на якоре двигателя *Д* (рис.12.50) с помощью тиристорного преобразователя *ТП* обеспечивается плавное изменение скорости, определяемое приведенными на рис.12.50*б* механическими характеристиками электропривода.

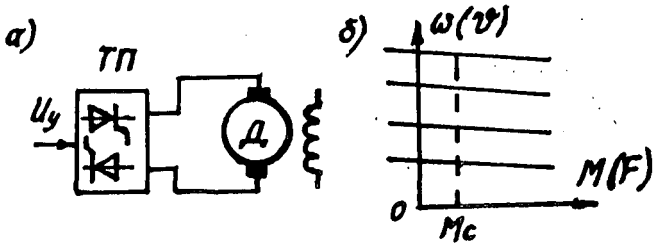


Рис.12.50. Электропривод постоянного тока с реверсивным тиристорным преобразователем

Существенным достоинством тиристорного преобразователя является его весьма малая инерционность по сравнению о генератором постоянного тока. Это облегчает формирование требуемых динамических характеристик электропривода. Коэффициент полезного действия привода *ТП-Д* выше, чем у системы *Г-Д*. Кроме того, отсутствие вращающегося преобразователя (генератора постоянного тока с синхронным или асинхронным двигателем) уменьшает шум и вибрации.

Однако следует учитывать, что у тиристорного электропривода имеются и недостатки. Основными из них являются низкий коэффициент мощности, увеличи-

вающий потребление реактивной мощности из сети, и высшие гармонические, появляющиеся в питающей сети при работе тиристорного преобразователя. Вследствие этого использование системы *ТП-Д* при слабых питающих сетях затруднено.

Кроме того, односторонняя проводимость тиристоров требует принятия специальных схемных решений для обеспечения реверса двигателя, что усложняет схему управления.

Известны различные способы построения схем реверсивных электроприводов: изменением полярности на обмотке возбуждения двигателя, изменением полярности на зажимах якоря специальными переключателями (реверсорами) изменением полярности напряжения на зажимах якоря с помощью двух комплектов тиристорных преобразователей. Наибольшее распространение получил последний способ, хотя он усложняет и удорожает электропривод, поскольку при этом обеспечивается максимальное быстродействие привода при торможении.

Большинство реверсивных электроприводов с двумя комплектами тиристорных преобразователей выполняется по встречно-параллельной схеме. На рис.12.51 приведены трехфазная нулевая (а) и мостовая (б) встречно-параллельные схемы реверсивного электропривода, применяющиеся в электроприводах подъемных машин.

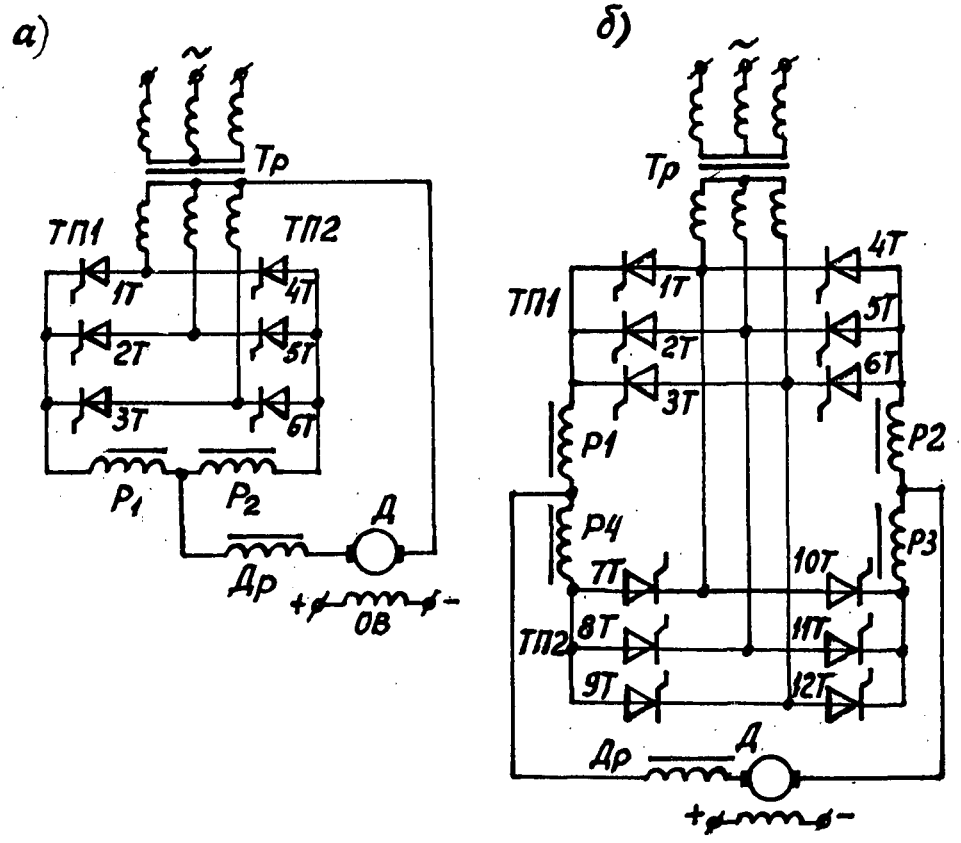


Рис.12.51. Силовые схемы приводов постоянного тока с реверсивными тиристорными преобразователями

Реверсивный преобразователь, питающий якорь двигателя, состоит из двух нереверсивных преобразователей *ТП1* и *ТП2* с общим силовым трансформатором *Тр*.

Работа в I и IV квадрантах осуществляется, когда включена, например, группа тиристоров 1Т-3Т (рис.12.51*а*) или 1Т-6Т (рис.12.51*б*), а во II и III квадрантах - тиристоры 4Т-6Т или 7Т-12Т соответственно.

Для преобразователя по схеме рис.12.51*а* двигательный режим I (III) квадрантах осуществляется, когда тиристоры 1Т-3Т (4Т-6Т) работают в реже выпрямления, а другой комплект тиристоров 4Т-6Т (1Т-3Т) при этом либо закрыт, либо подготовлен для работы инвертором. Во II (IV) квадрантах группа 4Т-6Т (1Т-3Т) является инверторной, а вторая группа тиристоров закрыта либо подготовлена для работы в выпрямительном режиме.

Применяется несколько способов управления реверсивными комплектами тиристоров. При совместном управлении управляющие сигналы подаются на оба комплекта так, чтобы среднее значение э.д.с. инверторной группы не было меньше э.д.с. выпрямительной группы. Под действием разности мгновенных значений э.д.с. между двумя группами тиристоров протекают уравнительные токи. Для их ограничения устанавливаются уравнительные реакторы *Р1*, *Р2* (рис.12.51*а*) или *Р1-Р4* (рис.12.51*б*). Для сглаживания пульсации выпрямленного тока включен сглаживающий дроссель *Др*.

Структура привода отечественного скоростного лифта (разработан институтом ВНИИЭЛЕКТРОПРИВОД) показана на рис.12.52. Привод включает в себя двигатель *М*, тиристорный преобразователь *ТП*, регулятор тока *РТ*, регулятор скорости *РС*, регулятор положения кабины в зоне точной остановки *РП*, датчики тока *ДТ*, скорости *ДС* и положения кабины *ДП*, задатчик интенсивности *ЗИ*, потенциометр *П* задания сигналов большой и малой скорости, контакты *Р3* реле заведения, включающегося при заходе кабины в зону замедления этажа назначения, контакты реле точной остановки *РТО*, которое включено в режимах разгона, равномерного движения и замедления и отключается при заходе кабины в зону точной остановки.

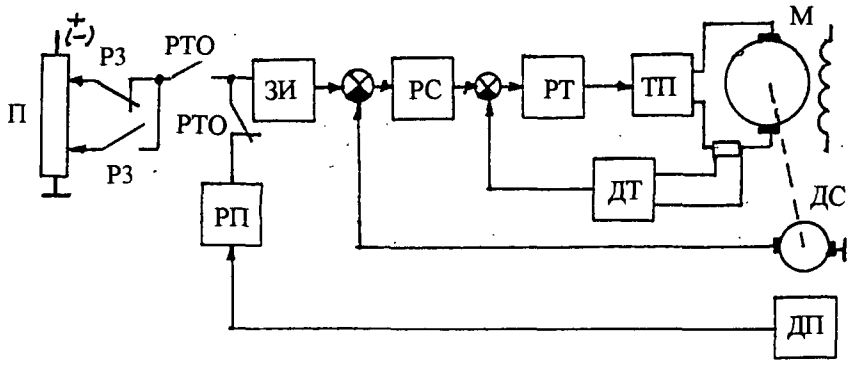


Рис.12.52. Система регулирования привода постоянного тока скоростного лифта

Привод построен по принципу подчиненного регулирования параметров (положения кабины, скорости и тока), когда сигнал задания внутреннего контура регулирования (например, тока) определяется выходным сигналом регулятора внешнего контура (в данном случае скорости). Привод предусматривает два режима работы:

регулирование скорости, когда сигнал на вход подается от источника постойного напряжения через потенциометр *П* (работают два контура регулирования скорости и тока), и режим точной остановки, при котором сигнал поступает от датчика положения кабины *ДП* (подключается третий контур регулирования положения).

При пуске кабины высокое напряжение с потенциометра *П* через замкнутый размыкающий контакт реле замедления *РЗ* и замкнутый замыкающий контакт реле точной остановки *РТО* поступает на вход задатчика интенсивности *ЗИ* (третий контур регулирования положения отключен при этом разомкнутым размыкающим контактом реле *РТО*). Задатчик интенсивности преобразует поступивший на его вход скачкообразный сигнал в плавно нарастающий с учетом ограничений на величины рывка и ускорения (диаграмма *1* на рис.12.53). Контур регулирования скорости с помощью контура регулирования тока (и момента) двигателя с высокой точностью отрабатывает этот сигнал, обеспечивая увеличение скорости привода до установившейся большой скорости (диаграмма *2* на рис.12.53). При подходе кабины к зоне точной остановки этажа назначения включается реле замедления *РЗ*, которое переключением своих контактов на рис.12.52 скачком уменьшает снимаемый с потенциометра П сигнал до величины, определяющей малую скорость привода. Задатчик интенсивности *ЗИ* преобразует это скачкообразное уменьшение сигнала в плавно уменьшающееся задание на входе регулятора скорости *РС*, а привод обеспечивает плавное замедленние кабины с учетом ограничений, накладываемых на рывок и ускорение (рис.12.53).

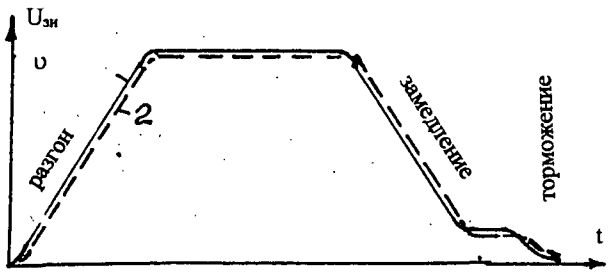


Рис.12.53. Диаграмма изменения выходного сигнала задатчика интенсивности (1) и скорости (2) при работе привода постоянного тока скоростного лифта

При заходе кабины в зону точной остановки отключается реле *РТО*, которое своими контактами (рис.12.52) отключает от входа задатчика интенсивности *ЗИ* потенциометр *П* и подключает выход регулятора положения *РП*. Выходной сигнал регулятора положения *РП* и включенного на его входе датчика положения (схема и характеристики этого датчика описаны ранее) пропорционален отклонению кабины от заданного уровня остановки кабины, поэтому по мере приближения кабины к заданному уровню этот сигнал будет уменьшаться, а вслед за этим будут уменьшаться выходной сигнал задатчика интенсивности и скорость кабины (рис.12.53). Нулевому отклонению кабины от заданного уровня соответствует и нулевое значение сигнала задания скорости. Таким образом, торможение кабины осуществляется в данном случае не за счет момента, создаваемого механическим тормозом, а за счет слежения за отклонением кабины от заданного уровня и приближения этого отклонения к нулевому (или близкому к нему) за счет работы замкнутого по положению контура регулирования. При этом точность остановки кабины может быть обеспечена значительно лучше, чем при нерегулируемых приводах.

12.5. Автоматика лифтов

12.5.1. Общая характеристика систем управления. Система управления лифтом обеспечивает обслуживание требований пассажиров (приказов из кабины или вызовов с этажных постов), решая при этом ряд логических задач, связанных прежде всего с правильным выбором направления движения в зависимости от взаимного положения этажа нахождения кабины и этажа требования и с остановкой кабины на этаже назначения, с различием условий выполнения приказов и вызовов, с необходимостью обеспечения безопасности пассажиров при работе лифта, а также с особенностями работы лифта в различных режимах (в машинном помещении имеется переключатель режимов).

В режиме «Нормальная работа» обеспечивается прибытие и остановка кабины на этаж вызова, открывание дверей и, после захода пассажира в кабину, дальнейшее движение по приказам. После освобождения кабины на этаже назначения двери закрываются, лифт снова готов к работе по вызовам (иногда возможна также остановка движущейся кабина по попутным вызовам).

В режиме «Управление из машинного помещения» оператор может проконтролировать работоспособность основных агрегатов и устройств лифта, управляя им из машинного помещения. В этом режиме, с целью обеспечения безопасности, должны быть исключены возможность работы по вызовам и приказам и возможность открывания дверей (разрываются цепи питания кнопок приказов и вызовов и цепь питания реле открывания дверей).

В режиме «Ревизия» может быть реализована инспекционная поездка оператора на крыше кабины с целью контроля и профилактики оборудования шахты. При этом для лифтов с номинальной скоростью более 0,71 м/с скорость движения должна быть не более 0,4 м/с в этом режиме, т.е. для двухскоростных лифтов движение должно осуществляться с «малой» скоростью, а возможность работы с «большой» скоростью должна быть исключена. Исключается возможность движения по командам управления от кнопочных аппаратов, установленных в кабине (приказы), на посадочных площадках (вызовы) и в машинном помещении. Управление движением «вверх» и «вниз» осуществляется с помощью устанавливаемого на крыше кабины дополнительного кнопочного поста, причем движение возможно только при нажатой кнопке (использование, например, залипающих кнопок исключается).

Обязательными режимами в последнее время стали также режим «Пожарная опасность» и режим «Перевозка пожарных команд». Первый из них обеспечивает принудительное движение кабины на основной (обычно – первый) этаж без остановки по попутным вызовам при срабатывании системы пожарной опасности, а второй позволяет управлять кабиной при наличии соответствующих ключей у представителей пожарной команды.

Иногда применяется также режим «Погрузка» (особенно в грузо-пассажирских лифтах), при котором исключается возможность работы по вызовам, исключается возможность автоматического закрывания дверей по окончании выдержки времени, а управление осуществляется только по приказам.

В современных лифтах применяется также режим «Авария», при котором оператор имеет возможность восстановить работоспособность лифта при нахождении его в некоторых аварийных ситуациях (снятие кабины с ловителей или выведение ее в рабочую зону при аварийном выходе из нее).

Важной характеристикой работы лифта в режиме «Нормальная работа» являются различные возможности системы управления по выполнению остановок кабины по попутным вызовам. Различают системы управления без собирательного управления, с односторонним собирательным управлением (при движении кабины вниз) и с полным собирательным управлением (при движении кабины и вверх, и вниз).

При использовании системы без собирательного управления кабина направляется по первому (по времени) из поступающих вызовов, а поступившие позже вызовы не принимаются и не выполняются. Возможность регистрации и выполнения нового вызова появляется только после освобождения кабины, даже если новые вызовы являются попутными. Такое решение обеспечивает наиболее простую реализацию схемы управления, но пропускная способность лифта при этом невелика. Применяется в грузовых и больничных лифтах, а также в пассажирских лифтах для зданий малой и средней этажности.

Лифты с односторонним собирательным управлением регистрируют вызовы со всех этажей. Если кабина находится на этаже ниже этажей вызовов, то кабина направляется на этаж наивысшего вызова, а затем, двигаясь по приказу вниз, останавливается на этажах попутных вызовов, подбирая пассажиров с этих этажей (если кабина не загружена полностью и может принять дополнительно пассажиров). Такое управление с высокой степенью вероятности отвечает характеру перемещения пассажиров в жилых зданиях, поэтому и применяется здесь при высокой этажности этих зданий.

При использовании полного собирательного управления на каждом этаже устанавливаются две кнопки («вверх» и «вниз»), с помощью которых пассажир может ввести в систему управления информацию о нужном ему направлении перемещения. Кабина, движущаяся мимо этого этажа по ранее поступившему вызову с другого этажа или по приказу, останавливается, если направление ее движения совпадает с требуемым для пассажира с этого промежуточного этажа. Усложнение схемы оправдывается повышением пропускной способности лифта. Применяется в пассажирских лифтах общественных и административных зданий.

В зданиях повышенной этажности с напряженными пассажиропотоками устанавливают несколько лифтов. При этом требуется согласование работы этих лифтов по вызовам, основными задачами которого являются повышение производительности лифтов, уменьшение холостых пробегов и связанное с ними уменьшение расхода энергии и износа лифтов, уменьшение среднего времени ожидания кабины пассажирами. Эти задачи решаются системами группового управления, распространенным частным случаем которых являются системы парного управления для двух лифтов. Алгоритм управления и реализация этих систем зависят от типа здания и характера пассажиропотока и существенно различаются у разных лифтовых фирм, однако есть ряд конкретных решений, которые широко применяются (в частности, в отечественных системах):

- исключается направление на этаж вызова более одной кабины;
- выполнение вызова на определенный этаж назначается идущей в нужном направлении не полностью загруженной кабине или, если таковой нет, ближайшей свободной кабине;
- первая из освободившихся кабин автоматически направляется на этаж наибольшего спроса (обычно - первый), а остальные кабины после освобождения остаются на этажах, на которых они пришли по приказам.

В административных зданиях при групповом управлении могут использоваться также «Утренний» и «Вечерний» режимы для увеличения эффективности перемещения пассажиров перед началом рабочего времени и по его окончании. В «Утреннем» режиме отключаются все вызовы, кроме первого этажа, кабины развозят пассажиров по приказам с первого на другие этажи, а освободившиеся кабины автоматически направляются на первый этаж. В «Вечернем» режиме кабины движутся на этаж наивысшего вызова без остановок на промежуточных этажах, а затем движутся вниз по приказу с остановками на промежуточных этажах, т.е. реализуется режим одностороннего собирательного управления.

Несмотря на большое разнообразие средств реализации систем управления лифтами, алгоритмическая основа близка вследствие однотипности решаемых задач. Для одиночного лифта в режиме нормальной работы блок-схема системы управления может быть представлена в виде, приведенном на рис.12.54.

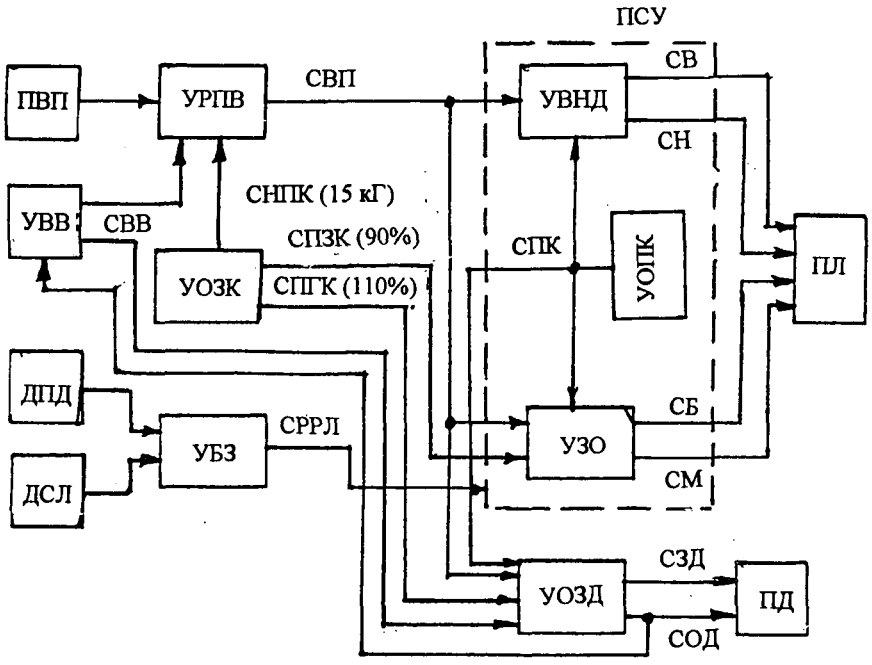


Рис.12.54. Блок-схема системы управления одиночным двухскоростным лифтом *ПЛ* - привод лифта, *ПД* - привод дверей, *ПВП* - посты вызовов и приказов, *УРПВ* - узел регистрации приказов и вызовов, *УВНД* - узел выбора направления движения, *УОПК* - узел определения положения кабины, *УЗО* - узел замедления и остановки, *ДПД* - датчики положения дверей, *ДСЛ* - датчики состояния лифта, *УБЗ* - узел блокировок и защит, *УВВ* - узел выдержки времени, *УОЗД* - узел открывания и закрывания дверей, *ПСУ* - позиционно-согласующее устройство, *СВ* - сигнал движения вверх, *СН* - сигнал движения вниз, *СБ* - сигнал большой скорости, *СМ* - сигнал малой скорости, *СЗД* - сигнал закрывания дверей, *СОД* - сигнал открывания дверей, *СВВ* - сигнал выдержки времени, *СВП* - сигналы о вызовах и приказах, *СНПК* - сигнал о наличии пассажира в кабине, *СПЗК* - сигнал о полной загрузке кабины, *СПГК* - сигнал о перегрузке кабины

Узел регистрации приказов и вызовов *УРВП* получает информацию с кнопочных постов вызовов и приказов *ПВП*, запоминает ее, передает сигналы о вызовах и приказах *СВП* в другие узлы, а затем отключает эти сигналы после выполнения соответствующих требований. Выполняется обычно на реле с самоблокировкой или на базе «залипающих» кнопок. В схемах на бесконтактных логических элементах для запоминания этих сигналов обычно используются триггеры (например, D-триггеры).

Узел определения положения кабины *УОПК* представляет собой совокупность установленных в шахте и на кабине датчиков и электрической схемы, которые формируют сигналы об этажах положения кабины в шахте *СПК*. В качестве датчиков обычно используются этажные переключатели, индуктивные, герконовые и фотодатчики, которые при позиционном способе устанавливаются на каждом этаже и, взаимодействуя с установленными на кабине отводкой или шунтом, однозначно определяют этаж положения кабины. В этот узел входит также установленный на кабине датчик точной остановки (обычно герконовый), который при заходе кабины в зону точной остановки кабины наезжает на установленный на каждом этаже шунт и формирует сигнал торможения кабины. Зона действия этого датчика, разумеется, значительно меньше зоны действия указанных выше датчиков этажа положения кабины (обычно называются датчиками селекции), которые охватывают зону замедления с двух сторон от требуемого уровня остановки кабины.

В современных лифтах, особенно при использовании микроэлектронных элементов в системах управления, широко используется счетный способ определения положения кабины, при котором задается базовый этаж (обычно первый) и подсчитывается количество пройденных кабиной этажей относительно базового с учетом направления движения. Для этого используется счетчик и устанавливаемые на кабине один или два датчика («датчик замедления вверх» и «датчик замедления вниз»), которые при заходе поднимаемой кабины в зону замедления каждого этажа обеспечивают увеличение на единицу показаний счетчика, а при заходе в зону замедления каждого этажа опускаемой кабины – уменьшение на единицу показаний счетчика. В результате в счетчике записывается число (в двоичной системе счисления), определяющее номер этажа положения кабины. Эти числа могут непосредственно использоваться в цифровом виде (например, в микропроцессорной системе управления) либо с помощью дешифратора преобразовываться в потенциальные сигналы селекции, однозначно определяющие этаж положения кабины на соответствующем выходе дешифратора. Использование счетного способа позволяет упростить схему и существенно уменьшить количество датчиков, однако увеличивается вероятность получения неправильной информации о положении кабины в результате сбоя счетчика или влияния помех. Поэтому обычно на крайних этажах устанавливаются дополнительные датчики («датчик верхнего этажа» и «датчик нижнего этажа»), по сигналам с которых проверяется соответствие показаний счетчика номеру этого крайнего этажа и, в случае необходимости, коррекция записанного в счетчике числа.

Узел выбора направления движения *УВНД* сопоставляет сигнал об этаже вызова или приказа *СВП*, поступающий с узла регистрации приказов и вызовов *УРВП*, с сигналом об этаже положения кабины *СПК*, поступающим с узла определения положения кабины *УОПК*, и на основе этого сопоставления подает на привод лифта *ПЛ* либо сигнал движения наверх *СВ*, либо сигнал движения вниз *СН* (например, включаются соответствующие контакторы направления движения).

Узел замедления и остановки кабины *УЗО* при совпадении этажа положения кабины (сигнал *СПК*) и этажа назначения (сигнал *СВП*) сначала отключает сигнал

большой скорости *СБ* (отключается контактор большой скорости привода) и подает на привод *ПЛ* сигнал малой скорости (включается соответствующий контактор привода), а затем, при заходе кабины в зону точной остановки, снимает сигнал малой скорости *СМ*, обеспечивая отключение двигателя и торможение кабины.

Узлы *УВНД*, *УЗО* и *УОПК* включают в себя ряд общих элементов и цепей, которые последовательно выполняют различные задачи управления, поэтому их иногда объединяют в один узел *ПСУ* (позиционно-согласующее устройство).

Узел открывания и закрывания дверей *УОЗД* подает на привод дверей *ПД* сигнал открывания *СОД*, когда этаж вызова или приказа (сигнал *СВП*) при неподвижной кабине совпадает с этажом положения кабины и нахождении ее в зоне точной остановки (сигнал *СПК*). При открытой кабине сигнал приказа обеспечивает закрывание дверей.

Узел блокировок и защит *УБЗ* формирует сигнал разрешения работы лифта *СРРЛ* по информации от датчиков нормального состояния предохранительных устройств лифта *ДСЛ* и от датчиков закрытого положения дверей *ДПД*. Обычно этот узел представляет собой последовательно включенные размыкающие контакты этих датчиков (конечных выключателей), через цепь которых осуществляется питание схемы управления. Размыкание любого из контактов снимает напряжение со схемы управления лифтом и исключает возможность движения кабины. При этом для обеспечения возможности использования информации о положении дверей часто используется промежуточное реде контроля дверей *РКД*, которое обычно включено при закрытых дверях и отключается при открывании одной из дверей. Датчики состояния лифта *ДСЛ* размыкают свои контакты при срабатывании ловителей (*ВЛ*), при выходе кабины за пределы верхнего и нижнего этажей (*ВК*), при ослаблении каната ограничителя скорости (*ВНУ*), при обрыве или вытяжке одного или нескольких подъемных канатов лифта (*СПК*). В цепь контактов этих датчиков обычно вводят контакт выключателя, размыкающийся при проведении ремонтных работ в приямке шахты, и контакты кнопок «Стоп», расположенных в кабине и в машинном помещении.

Узел выдержки времени *УВВ* (обычно это реле времени, выключающееся через несколько секунд после снятия напряжения с его обмотки) включает выдержку после полного открывания дверей (при снятии сигнала открывания дверей *СОД*) и своим сигналом *СВВ* через узел *УРПВ* исключает возможность работы лифта по вызовам. Двери при этом остаются открытыми, давая возможность пассажирам войти в кабину или выйти из кабины. После окончания выдержки времени снятие сигнала *СВВ* через узел *УОЗД* формируется сигнал закрывания дверей *СЗД*. При закрытых дверях кабина может продолжать движение по приказам или освобождается для работы по вызовам. В лифтах с неподвижным полом, когда отсутствует информация о наличии пассажиров в кабине, после закрывания дверей снова включается выдержка времени, а сигнал *СВВ* исключает возможность работы по вызовам (кабина считается занятой). Это дает возможность замешкавшемуся пассажиру и после закрывания дверей принять решение и нажать нужную кнопку приказа. Кабина может двигаться по вызовам только после окончания этой дополнительной выдержки времени при отсутствии приказов (кабина считается свободной). Такое решение увеличивает потери времени при работе лифта и не способствует сохранению его высокой безопасности, поэтому возможно лишь в лифтах с ненапряженными пассажиропотоками.

Узел определения загрузки кабины *УОЗК* представляет собой установленные под подвижным полом кабины микропереключатели, срабатывающие при разной

загрузке кабины. Сигнал о наличии пассажира в кабине *СНПК* (15 кГ) поступает на узел *УРПВ* и отдает приоритет работе по приказам. В лифтах без собирательного управления вызовы при этом отключены до полного освобождения кабины, а в лифтах с собирательным управлением начало движения возможно только по приказу, но после пуска кабины цепи вызовов снова подключаются для обеспечения возможности остановки по попутным вызовам. Сигнал перегрузки *СПГ* (110%) поступает на узел *УОЗД* и запрещает закрывание дверей (а следовательно – и движение) перегруженной кабины. Сигнал полной загрузки кабины *СПЗК* (90%) поступает на узел *УЗО* и запрещает остановку полностью загруженной кабины по попутным вызовам, что исключает потери времени на эти бесполезные остановки (используется только в лифтах с собирательным управлением). В некоторых лифтах используется также информация о других уровнях загрузки кабины. В лифтах с неподвижным полом узел *УОЗК* отсутствует, что исключает возможность использовать указанную информацию (предпринимаются, правда, попытки получить информацию о загрузке кабины другими средствами, которые еще не получили широкого распространения).

12.5.2. Системы управления с контактной логикой. Выполнение узлов системы управления лифтов существенным образом зависит от используемой для этого элементной базы. Рассмотрим реализацию некоторых узлов на разных элементах, что позволит оценить особенности их применения.

Широкое распространение в работающих лифтах релейно-контактной аппаратуры естественно определяется более ранней ее появлением по сравнению с другими элементами. К тому же с ее помощью реализуются достаточно простые схемы с легко обозреваемой логикой ее работы, простота обслуживания и ремонта не требует слишком высокой квалификации обслуживающего персонала. В то же время по мере усложнения алгоритмов управления лифтами, особенно при расширении применения парного и группового управления, при увеличении этажности зданий стали все больше проявляться недостатки, связанные, например, с увеличением массы и габаритов шкафов управления, с увеличением потребления энергии и, главное, с невысокой надежностью этой аппаратуры.

На рис.12.55 приведена упрощенная схема позиционно-согласующего устройства лифта с релейным селектором. В схему входят реле управления движением вверх *В-К*, реле управления движением вниз *Н-К* (их включение обеспечивает включение соответствующих контакторов направления движения привода лифта), реле замедления *Т-К*, включение которого обеспечивает отключение контактора большой скорости и включение контактора малой скорости привода. К шинам приказа *ШП* и вызова *ШВ* подключены соответственно замыкающие контакты реле регистрации приказов *1-KN—4-KN* и вызовов *1-KB—4-KB* (в таких схемах используются также контакты залипающих кнопок). Диоды *1-VD—4-VD* исключают возможность попадания положительного потенциала с шины приказов на шину вызовов при одновременно замкнутых контактах вызовов и приказов для одного этажа помимо логики разрешения вызовов. Положение кабины определяется с помощью установленных на всех этажах герконовых датчиков *i-SQ* с размыкающими контактами и реле селекции *i-KE*. На этаже положения кабины контакт датчика разомкнут и соответствующее реле селекции отключено. Датчики всех остальных этажей имеют замкнутые контакты, и их реле селекции включены. Пары замыкающих контактов реле селекции всех этажей включены последовательно между обмотками реле управления движением вверх *В-К* и вниз *Н-К*, а

третьи размыкающие контакты этих реле подключены к обмотке реле замедления *Т-К* так, как показано на рисунке. Принцип работы схемы определяется тем, что цепь селекции между обмотками реле *В-К* и *Н-К* разорвана в месте, соответствующем этажу положения кабины (реле селекции этого этажа отключено, и этот разрыв перемещается по цепи селекции вместе с перемещением кабины по этажам).

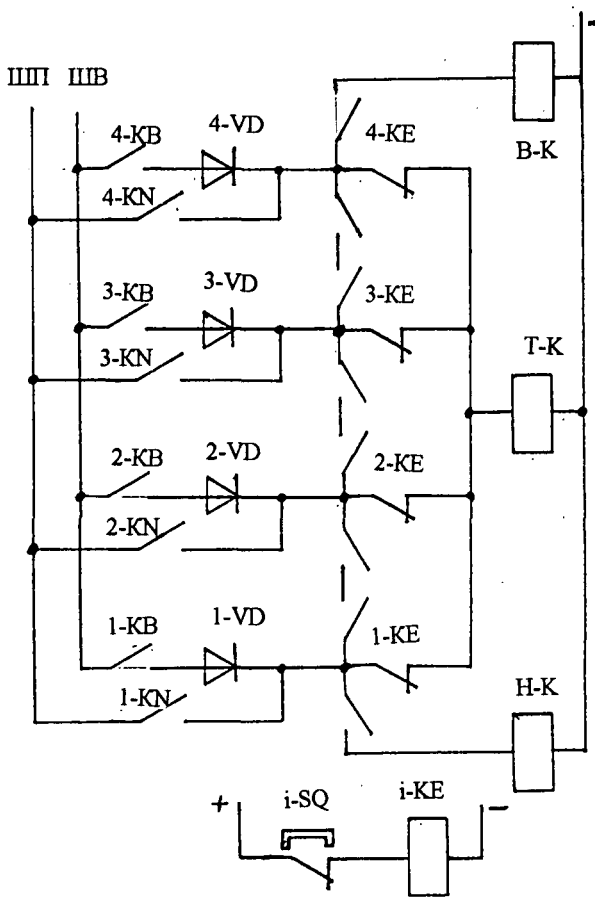


Рис.12.55. Позиционно-согласующее устройство лифта с релейным селектором

Если вызовы или приказы поступают с этажей выше кабины, то положительный потенциал через контакты вызова или приказа поступает на замкнутую часть цепи селекции выше разрыва и через нее - на обмотку реле управления движением вверх *В-К*, обеспечивая движение кабины наверх. Аналогично при поступлении вызова или приказа с этажа ниже кабины положительный потенциал поступает через замкнутую нижнюю часть цепи селекции (ниже разрыва) на реле управления движением вниз *Н-К*. Тем самым обеспечивается правильный выбор направления движения. При приходе кабины в зону замедления этажа назначения отключается соответствующее реле селекции, и через замыкающийся при этом третий размыкающий контакт указанного реле и контакт вызова или приказа включается реле замедления, обеспечивающее переход привода на пониженную скорость и дальнейшее торможение при заходе кабины в зону точной остановки, когда под действием сигнала от датчика точной остановки (на схеме не показан) происходит отключение двигателя и наложение тормоза. Такая схема достаточно просто решает основные задачи управления лифтов, поэтому она широко применялась в отечественных лифтах со скоростью движения 1,0 м/с с односторонним собирательным управлением (а с некоторыми изменениями - и в лифтах с полным собирательным управлением).

12.5.3. Системы управления с бесконтактной логикой. Надежность бесконтактных логических элементов значительно выше надежности реле. Построенные на них системы управления имеют лучшие массо-габаритные показатели и потребляют меньше энергии. При использовании этих элементов функциональные возможности системы определяют типами элементов (И-НЕ, ИЛИ-НЕ, триггеры, регистры, счетчики, мультиплексоры и т.п.) и связями между ними (логические системы с «жесткой» логикой). При этом возникают новые возможности формирования логических сигналов управления лифтом.

В качестве примера рассмотрим принцип работы узла выбора направления движения отечественного скоростного лифта, упрощенная схема которого приведена ни рис.12.56.

Работа узла (и всей системы управления) организуется с помощью последовательности тактовых импульсов *ТИ* длительностью 0,7–1 миллисекунд, с помощью которых обеспечивается последовательный опрос узла регистрации приказов и вызовов и узла определения положения кабины (узла селекции) для каждого этажа, например, сверху вниз. При опросе узла регистрации требований формируются тактовый импульс приказов *ТИП*, тактовый импульс вызовов наверх *ТИВВ* и тактовый импульс вызовов вниз *ТИВН*, которые равны логическому нулю при отсутствии приказа и вызовов, и равны логической единице при нажатой кнопке (есть вызов или приказ). Аналогично при опросе узла селекции формируется тактовый импульс селекции *ТИС*, который равен логическому нулю при отсутствии кабины на опрашиваемом этаже и равен логической единице при наличии кабины на этом этаже.

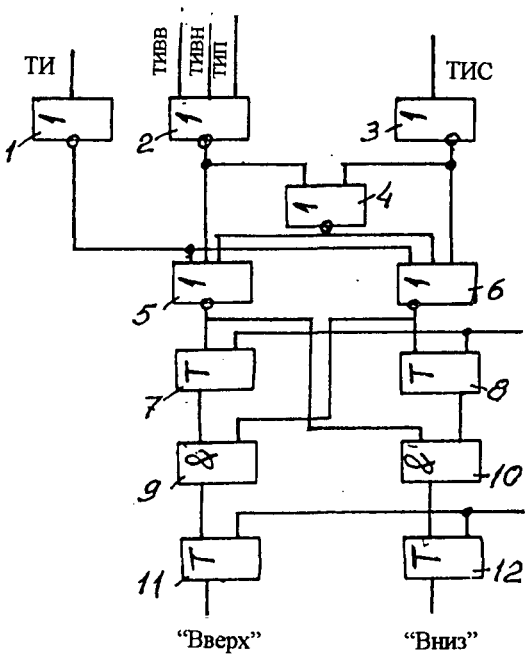


Рис.12.56. Упрощенная схема узла выбора направления движения скоростного лифта

Принцип действие узла заключается в том, что сигналы движения «вверх» или «вниз» формируются в зависимости от последовательности поступления сигнала требований и сигнала селекции. Если в процессе опроса сверху вниз сначала поступает сигнал требования, а после нескольких тактовых импульсов появляется сигнал селекции, то этаж вызова или приказа находится выше этажа положения кабины и должен быть сформировали сигнал «вверх». Сигнал «вниз» формируется при противоположной последовательности прихода тактовых импульсов.

Если при опросе определенного этажа выявляется наличие вызова или приказа (например, *ТИВВ* = 1), то выходной сигнал логического элемента *2* принимает значение $C_2 = \overline{ТИВВ + ТИВН + ТИП} = 1 + 0 + 0 = 0$. Одновременно принимает единичное значение тактовый импульс *ТИ*, в связи с чем выходной сигнал элемента *1*: $C_1 = \overline{ТИ} = \overline{1} = 0$. Тактовый импульс селекции *ТИС* при этом равен логическому нулю (кабина на опрашиваемом этаже отсутствует), выход элемента *3*: $C_3 = \overline{ТИС} = \overline{0} = 1$. Выход элемента *4*: $C_4 = \overline{C_2 + C_3} = \overline{0+1} = 0$. При этом открывается элемент *5*: $C_5 = \overline{C_1 + C_2 + C_4} = \overline{0+0+0} = 1$. Этот единичный сигнал с выхода элемента поступает на вход триггера (памяти) *7* и переводит его выходной сигнал в единичное состояние $C_7 = 1$, которое запоминается. Когда при опросе расположенного ниже этажа положения кабины на входе элемента *3* появляется единичное значение сигнала *ТИС*, то на выходе этого элемента: $C_3 = \overline{ТИС} = \overline{1} = 0$. При этом появляется логическая единица на выходе элемента *6*: $C_6 = \overline{C_1 + C_4 + C_3} = \overline{0+0+0} = 1$, появляется логическая единица на выходе схемы совпадения *9*: $C_9 = C_7 \cdot C_6 = 1 \cdot 1 = 1$. Появляется логическая единица на выходе триггера *11*: $C_{11} = 11$, которая сохраняется и после исчезновения входного сигнала триггера *11* и определяет появление сигнала «вверх».

Аналогично формируется сигнал «вниз», если при опросе сверху вниз сначала появляется единичное значение тактового импульса селекции *ТИС*, приводящее к появлению и запоминанию логической единицы на выходе триггера *8*, а затем при появлении тактового импульса приказа или вызова с помощью элементов *5* и *10* формируется логическая единица на выходе триггера *12*.

При одновременном появлении единичного тактового импульса требований и селекции (этаж вызова совпадает с этажом положения кабины), на выходе элемента *4* формируется логическая единица $C_4 = \overline{C_2 + C_3} = \overline{0+0} = 1$, которая исключает возможность формирования единичного сигнала на выходах элементов *5* и *6*, а следовательно, и возможность формирования сигналов «вверх» и «вниз», что и требуется в данной ситуации. Триггеры *7* и *8* сбрасываются в нулевое состояние по окончании каждого цикла опроса, а триггеры *11* и *12* – после выполнения вызовов и приказов, вызвавших появление сигнала движения «вверх» или «вниз».

При решении вопроса о разработке бесконтактной схемы управления следует учитывать, что получающиеся схемы обычно сложнее релейных, теряется их наглядность, затрудняется поиск неисправностей (приходится вводить специальный блок, осуществляющий тестирование системы и определение неисправных узлов), повышаются требования к квалификации обслуживающего персонала.

12.5.4. Системы управления на базе микропроцессорной техники. Использование микропроцессорной техники в системе управления лифтом обеспечивается формирование информационных и управляющих сигналов в результате выполнения введенной в систему программы. Это уменьшает количество используемых элементов и упрощает электрическую схему (правда, за счет использования более сложных элементов), а главное, увеличивает функциональные возможности системы управления и делает ее более универсальной. Рассмотрим принцип работы микропроцессорного блока электронной селекции отечественного быстроходного лифта, упрощенная схема которого приведена на рис.12.57 (указаны только основные элементы схемы и связи между ними).

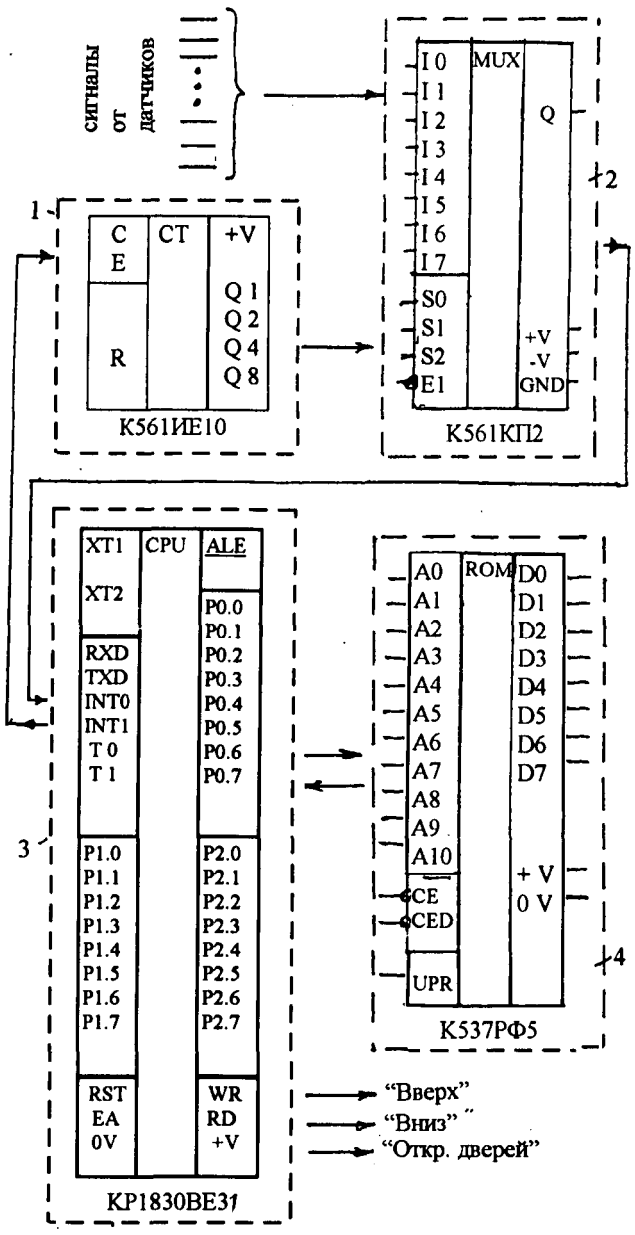


Рис.12.57. Микропроцессорный блок электронной селекции отечественного быстроходного лифта
1 - счетчик; 2 - мультиплексор; 3 - микропроцессор; 4 - запоминающее устройство

Центральной частью этого блока является микропроцессор серии К1830ВЕ31. В основу принципа работы электронного селектора положен метод тактового опроса всех устройств (датчиков), контролирующих положение кабины лифта в шахте, а также всех кнопок вызывных и приказных постов. К устройствам, контролирующим положение кабины в шахте, относятся датчики верхнего и нижнего этажей (*ДВЭ* и *ДНЭ*), датчик точной остановки *ДТО*, датчики замедления вверх *ДчЗВв* и вниз - *ДчЗВн*. Датчики *ДТО*, *ДчЗВв* и *ДчЗВн* установлены на кабине лифта. Они взаимодействуют с шунтами, расположенными в шахте лифта в зонах замедления и точной остановки у каждой остановочной площадки (здесь реализуется счетный принцип определения положения кабины в шахте).

Микропроцессор с помощью программы, записанной в запоминающем устройстве 4 (микросхема К573РФ5), организует цикл из определенного количества тактовых импульсов, достаточного для опроса всех датчиков и кнопок вызова и приказа.

Счет этажей осуществляется микропроцессором *3* при движении кабины вниз по сигналам от датчика замедления вниз, а при движении кабины снизу вверх – по сигналам от датчика замедления вверх.

Последовательность опроса устройств – строго определенная. Микропроцессор четко фиксирует номер импульса, который он посылает. За каждым номером импульса закреплено одно определенное устройство, вследствие чего микропроцессор «знает», какое устройство в данный момент опрашивается. Для выделения при действии тактового импульса опроса сигнала от соответствующего ему опрашиваемого устройства используются мультиплексоры (в блоке *2* их несколько для обслуживания нужного количества опрашиваемых устройств). При этом на информационные входы *I0 – I7* подключены выходы опрашиваемых устройств, а появление на его выходе *Q* одного из этих сигналов определяется подаваемым на адресные входы *S0*, *S1*, *S2* трехразрядным двоичным кодом.

Двоичный код, управляющий работой мультиплексора, формируется на выходах двоичного счетчика *1*. Тактовые импульсы поступают на счетчик с передающего выхода микропроцессора *ТХД*, т.е. на счетный вход счетчика последовательно подаются опросные импульсы. По окончании цикла опроса счетчик (в блоке *1* их два для подсчета всего количества импульсов в цикле опроса) сбрасывается в исходное состояние.

Рассмотрим последовательность действия блока в момент включения лифта. После включения прежде всего в микропроцессор 3 вводится число, определяющее этажность здания. Код этажности набирается на отдельном мультиплексоре (на схеме не показан), на выводах которого при установке лифта набирается нужный двоичный код. Микропроцессор поочередно подключает выводы этого мультиплексора к своему входу *INTO*, который используется в данной схеме не как вход внешних прерываний, а как вход, предназначенный только для опроса количества этажей в здании.

После определения количества этажей лифт совершает калибровочный рейс на первый этаж при первом нажатии на любую кнопку вызова или приказа (если лифт не находится на первом этаже).

Если, например, при стоящей на первом этаже свободной кабине поступает вызов с первого этажа, то этот сигнал через мультиплексор 2 поступает на вход микропроцессора *RXD* – стандартный вход приемника сигналов. Микропроцессор сопоставляет события, а именно то, что на запрос о состоянии вызывной кнопки первого этажа пришел импульс от этой кнопки, свидетельствующий о наличии вызова, и формирует на порте *PO* адрес, по которому из запоминающего устройства 4 поступают команды о дальнейших действиях, выявляется совпадение этажа вызова с этажом положения кабины, и на выходе *RD* микропроцессора формируется сигнал (в данной схеме выходы *WR* и *RD* используются как одиночные разряды порта, служащие для включения реле управления вверх и вниз, а также реле открывания дверей), который после усиления поступает на выход «откр. дверей».

Предположим, что пассажир вошел в кабину и нажал кнопку приказа пятого этажа. В цикле опроса за кнопки вызова и приказа пятого этажа отвечает в данном случае 13-й импульс. При появлении на выходе *ТХД* микропроцессора 13-го по счету импульса он попадает на счетный вход счетчика *1*, двоичный код на выходе которого включает канал мультиплексора 2, на входе которого подключен сигнал от кнопки приказа пятого этажа, и с выхода мультиплексора этот сигнал поступает

на вход *RXD* приемника сигналов микропроцессора. Далее, как описано выше, микропроцессор обрабатывает этот сигнал и формирует сигнал на выходе *WR*, который после усиления поступает на выход «вверх» и обеспечивает включение реле управления вверх в релейной части схемы. При движении вверх счет этажей осуществляется по датчикам замедления вверх. По прибытии на этаж назначения и выходе всех пассажиров из кабины в блок электронного селектора подается сигнал «Сброс», по которому снимаются сформированные ранее сигналы управления, и лифт готов к движению по вызову или приказу. При движении кабины лифта микропроцессор при помощи мультиплексоров непрерывно опрашивает датчики замедления вверх и вниз, датчик точной остановки, датчики крайних этажей, кнопки вызовов и приказов. Информация, поступающая от этих устройств, обрабатывается микропроцессором, который в соответствии с записанной в запоминающем устройстве программой формирует требуемые сигналы управления.

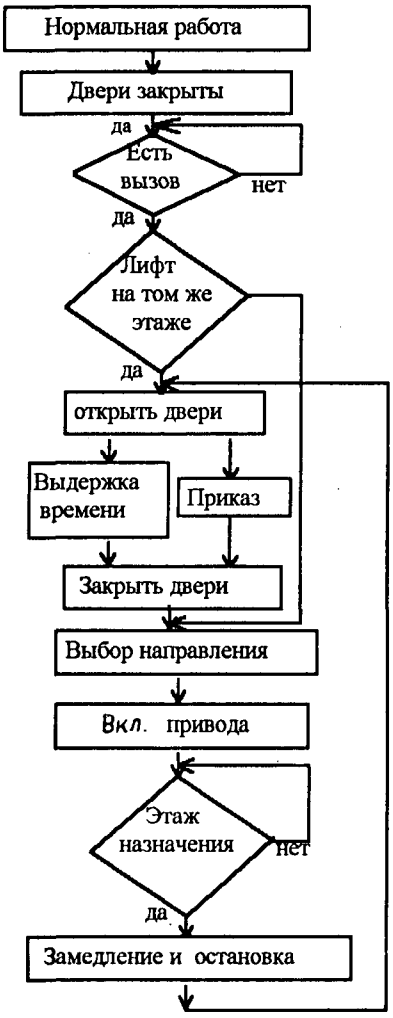


Рис.12.58. Упрощенная блок-схема программы управления лифтом в режиме «Нормальная работа»

Описанное устройство формирует с помощью микропроцессора только три сигнала управления. Остальные задачи управления решаются с помощью релейно-контактной схемы. Такое решение нашло применение в отечественной практике, в основном при модернизации лифтов. В большинстве современных лифтов (как зарубежных, так и в отечественных) программными средствами решаются практически все основные функции управления.

На рис.12.58 приведена блок-схема программы управления лифтом в режиме «Нормальная работа». При закрытых дверях с помощью программы, записанной в запоминающем устройстве, осуществляется опрос постов вызова, и при появлении вызова, проверяется условие нахождения кабины лифты на том же этаже вызова. Если это условие не выполняется, то осуществляется переход к программному блоку «Выбор направления», а при его выполнении формируется сигнал «Открыть дверь». После открывания дверей по завершении выдержки времени или при поступлении сигнала приказа обеспечивается закрывание дверей, решается задача выбора направления движения с учетом взаим-

ного положения этажа назначения и этажа исходного положения кабины. В соответствии с результатами этого выбора включается привод для движения кабины в нужном направлении. В процессе движения кабины осуществляется проверка условия совпадения положения кабины с этажом назначения. При выполнении этого условия формируется сигнал замедления и остановки кабины, открываются двери, дальше управление осуществляется аналогично описанному.

Аналогичные программы формируются для обеспечения работы лифта в других режимах (с учетом особенностей работы в этих режимах). Правда, управление в «Режиме ревизии» обычно выполняют без участия микропроцессорной системы для обеспечения большей безопасности (алгоритм управления в этом режиме достаточно прост, а возможность управления с крыши кабины не должна зависеть от работоспособности микропроцессорной системы). При использовании режима группового управления вводят дополнительные программные блоки, выполнение которых зависит от принятого при этом алгоритма управления.

ГЛАВА 13

МОНТАЖ ЛИФТОВ

13.1. Индустриальные методы монтажа лифтов

В настоящее время в практике монтажа лифтовых установок используются три основных метода: поэлементный, укрупненными блоками и тюбинговый.

Поэлементный монтаж - это монтаж из отдельных деталей и сборочных единиц, собираемых в лифтовую установку непосредственно на месте монтажа. Поэлементный монтаж чаще всего применяется при перекрытой шахте и машинном помещении, при замене или реконструкции старых лифтов. Этот метод монтажа, кроме того, является базовым при монтаже лифтов, как укрупненными блоками, так и тюбинговым методом.

Монтаж укрупненными блоками представляет собой метод, при котором на заводе-изготовителе или на производственно-комплектовочной базе монтажной организации детали и сборочные единицы лифта предварительно собираются в укрупненные блоки, из которых монтируется лифтовая установка. К укрупненным блокам относятся: лебедка в сборе с рамой и подрамником, полностью собранные кабина, каркас противовеса, укрупненные блоки металлического каркаса шахты и др. Монтаж укрупненными блоками, в основном, осуществляется строительным краном при неперекрытом проеме шахты и неперекрытом машинном помещении.

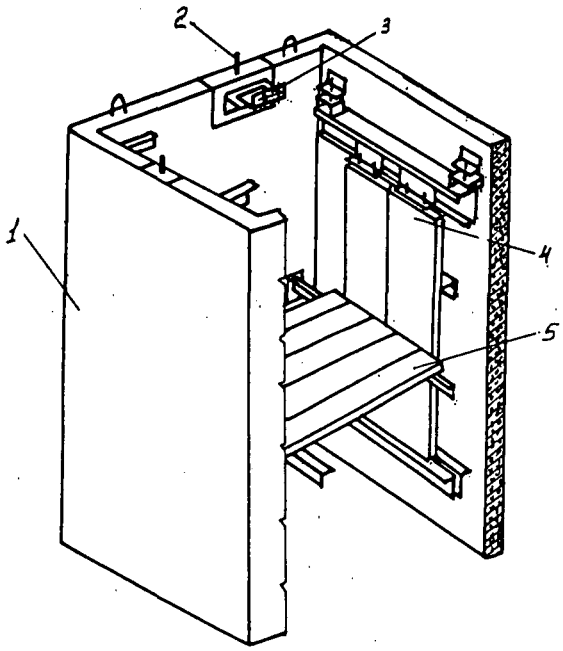


Рис.13.1. Тюбинг шахты, оснащенный оборудованием лифта

1 - тюбинг; *2* - фиксатор; *3* - кронштейн крепления направляющих; *4* - дверь шахты; *5* - подмости

Тюбинговый метод монтажа представляет собой монтаж отдельных частей шахты из предварительно изготовленных объемных железобетонных элементов - тюбингов, в которых на домостроительном комбинате специальная бригада монтажников устанавливает часть оборудования лифта (рис.13.1). В последнее время наполняемость тюбинга узлами лифтового оборудования постоянно возрастает. В тюбинге могут быть установлены: двери шахты, монтажные подмости, кронштейны крепления направляющих кабины и противовеса, некоторые элементы электрического оборудования шахты и др. Кроме шахтных тюбингов, могут быть изготовлены и заполнены лифтовым оборудованием тюбинги приямка и машинного помещения (рис.13.2). Монтаж лифта тюбинговым методом осу-

ществляется непосредственно во время строительства здания с использованием строительного крана.

При монтаже лифта укрупненными блоками или тюбинговым методом существенную роль играет возможность сборки и регулировки полностью собранных узлов на заводе-изготовителе лифта, что, конечно, отражается на качестве его монтажа.

При выборе метода монтажа основное значение имеет состояние строящегося объекта, возможность координации работ со строителями, а также комплектность и блочность поставки лифтового оборудования. Монтаж укрупненными блоками или тюбинговым методом осуществляется при открытой шахте на вновь сооружаемом объекте с использованием строительного крана. Хотя и в этом случае монтаж отдельных узлов таких, как направляющих кабины и противовеса, разводка электрических проводов и кабелей и др., выполняется на основе поэлементного метода. При перекрытой шахте и машинном помещении во время замены или реконструкции старого лифта используется, в основном, поэлементный метод монтажа. Но и в этом случае для отдельных узлов применяют монтаж укрупненными блоками. Например, монтаж полностью собранной лебедки, дверей шахты и т.п. При перекрытой шахте для монтажа используют монтажные электрические лебедки и тяговые монтажные механизмы. Последнее время при замене лифтов широко используется метод монтажа с крыши кабины или каркаса кабины старого заменяемого лифта. Это позволяет во многих операциях отказаться от использования монтажных лебедок, а также от установки монтажных подмостей.

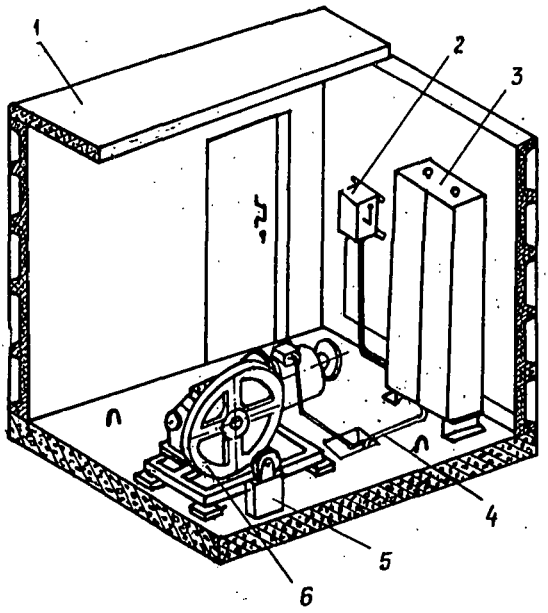


Рис.13.2. Тюбинг машинного помещения, оснащенный оборудованием лифта
1 – тюбинг машинного помещения; *2* – вводное устройство; *3* – НКУ; *4* – разводка проводов; *5* – ограничитель скорости; *6* – лебедка

Естественно, что применение того или другого приема монтажа отдельного узла зависит от конструкции данного узла и лифта в целом. Например, на технологию доставки лебедки в машинное помещение влияет верхнее или нижнее размещение последнего. Будет также отличаться монтаж отдельных узлов для тихоходных и быстроходных лифтов, например: монтаж буферов пружинных – для тихоходного лифта, и масляных – для быстроходного. От конструкции узлов зависят и приемы их регулировки.

Но для большинства основных узлов различных лифтов способы их монтажа и регулировки базируются на одних и тех же принципах.

13.2 Подготовка и организация монтажных работ

13.2.1. Документация на монтаж лифта, состав и размещение бригады, складирование лифтового оборудования. При монтаже лифтов используются два основных документа: проект лифтовой установки и проект производства работ (ППР).

Проект лифта поставляется заводом-изготовителем и должен содержать следующие сопроводительные документы: паспорт; установочный чертеж; принципиальная электрическая схема; электрическая схема внешних соединений; техническое описание; инструкция по эксплуатации; инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке; ведомость ЗИП; ведомость комплекта запасных изделий для пуско-наладочных работ; чертежи сборочных единиц и деталей.

В ППР приводятся: организационные вопросы монтажа; указания по использованию механизмов; чертежи на изготовление монтажных приспособлений и оснастки, которые не являются типовыми; вопросы техники безопасности.

ППР бывают: типовыми и индивидуальными. Типовые ППР применяются при массовом монтаже лифтов одинаковой марки, а при несложных монтажах вместо ППР используются технологическая записка или заводская инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке лифта. Индивидуальные ППР разрабатываются в сложных случаях монтажа, когда расположение лифта в объекте или конструктивные особенности подъемника затрудняют использование типовых приемов при доставке и монтаже узлов и деталей. Примерами такого монтажа могут служить монтаж или замена лифтов в высотных зданиях и других специальных сооружениях. Индивидуальные ППР разрабатываются специализированными проектными организациями.

Состав и численность монтажной бригады определяется двумя основными факторами. С одной стороны - узость фронта работ ограничивает численность бригады до 4-6 человек. Причем монтаж одиночных лифтов может вести звено 2-3 человека. С другой стороны, при монтаже лифта выполняются работы различного профиля - слесарные, такелажные, сварочные, монтажные, электромонтажные. Поэтому квалификация монтажников должна быть достаточно высокой и позволять совмещение различных профессий. Особенно высокая квалификация необходима при выполнении электромонтажных и сварочных работ. Обычно бригадир и один из членов бригады имеют большой опыт выполнения электромонтажных работ. Кроме того, в бригаде должен быть квалифицированный сварщик.

Бригаде выделяется помещение под мастерскую площадью 20-25 м для хранения мелких узлов и деталей, монтажных приспособлений, инструмента, а также для выполнения подготовительных работ и отдыха. Многие монтажные организации имеют свои передвижные мастерские, изготовленные на базе автоприцепов.

Бригада монтажников обеспечивается слесарным инструментом, монтажными приспособлениями, контрольно-измерительными приборами и инструментами, необходимый перечень которых определяется прорабом в зависимости от типа лифта, метода монтажа и состава бригады.

К началу монтажа лифтовое оборудование должно быть доставлено на монтажную площадку и складировано в зоне действия строительного башенного крана при открытой шахте или непосредственно вблизи от входа в здание, если шахта перекрыта. Механические узлы лифтов с установленным на них электрооборудованием: кабины, двери шахты, ограничители скорости, масляные буфера и другие ответственные узлы, а также стальные канаты - должны храниться в закрытых помещениях. Прочее оборудование хранится под навесом или в помещениях.

13.2.2. Приемка и подготовка строительной части к монтажу лифта. Представитель монтажной организации, прибыв на объект установки лифта, производит проверку готовности к монтажу строительной части объекта. Проверка включает в себя соответствие размеров и качества строительных конструкций шахты, приямка, машинного и блочного помещений требованиям проекта и техническим условиям. Проверяются: размеры шахты в плане и вертикальность стен; расположение закладных деталей; размеры приямка; расположение дверных проемов; размеры машинного помещения; отсутствие мусора.

По результатам проверки при наличии замечаний составляется акт, в котором приводится перечень строительных работ, подлежащих выполнению до начала монтажа. Кроме того, в случае необходимости, представитель монтажной организации выдает строителям задание на установку монтажных подмостей, проверяет состояние ограждений дверных проемов, решает вопросы, связанные с доставкой материалов для прокладки постоянного освещения в шахте, уточняет сроки начала монтажа, решает вопросы, связанные с использованием башенного крана и строительных подъемников, если они будут применены для монтажа, согласовывает совмещенный график строительно-монтажных работ, проверяет наличие оборудования и его состояние.

После выполнения строителями всех работ, указанных в акте обследования, представители сторон составляют акт готовности строительной части под монтаж лифта и акт готовности подмостей и ограждений проемов дверей шахты к производству работ по монтажу лифтового оборудования.

При монтаже лифта тюбинговым методом приемку на ДСК отдельных тюбингов производит бригада монтажников, выполняющая их оснащение лифтовым оборудованием. На строительной площадке представитель монтажной организации принимает во время завершения нулевого цикла только приямок, о чем составляется соответствующий акт. Монтаж тюбингов на объекте строительства и связанные с ним строительные работы могут выполнять комплексные бригады монтажников лифтов.

При проверке размеров шахты в плане и вертикальности стен следует руководствоваться требованиями ПУБЭЛ, а также «Альбомами заданий на проектирование строительной части лифтовых установок» (АТ-6, АТ-7) и ГОСТом 22845-85.

Стены шахты должны быть вертикальными, без выступов и впадин (за исключением закладных деталей и ниш для установки подмостей). Отклонения действительных внутренних размеров стен шахты в плане от номинальных должно быть не более +30 мм.

При установке нескольких лифтов в одной шахте, если проектом не предусмотрено сплошное ограждение, шахта разделяется сетчатым ограждением. Ячейка сетки не должна превышать 60 мм, ригели для установки сетки должны быть не шире 100 мм и располагаться в одной вертикальной плоскости с допустимым отклонением не более ±20 мм по всей высоте шахты.

Технология проверки вертикальности стен шахты аналогична определению координат установки оборудования в шахте лифта и будет рассмотрена ниже в соответствующем разделе.

При проверке расположения закладных деталей представитель монтажной организации должен удостовериться, что оно соответствует проекту. При этом допускаются следующие отклонения: закладные детали для крепления кронштейнов направляющих кабины и противовеса могут быть смещены в вертикальном направлении до 80 мм, горизонтальном – до 10 мм; закладные детали для крепления

другого лифтового оборудования могут быть смещены в любом направлении до 10 мм; толщина закладных деталей для крепления кронштейнов направляющих, дверей шахты и буферов не должна быть менее 8 мм.

Глубина приямка не может быть менее размера, указанного в проекте. Он должен быть защищен от попадания в него грунтовых и сточных вод. При глубине приямка до 2000 мм по оси дверного проема устанавливаются скобы-ступеньки с шагом не более 400 мм. Скобы могут выступать от стен приямка на 100 мм для пассажирских лифтов и 135 мм – для грузовых лифтов. При необходимости в приямках оборудуются тумбы под буфера кабины и противовеса или устанавливаются закладные детали под них.

Размеры дверных проемов, а также отверстий для установки вызывных аппаратов, световых указателей и табло, должны соответствовать проектным. На стенах шахты рядом с дверными проемами должны быть нанесены краской отметки чистых полов. При проходной кабине отметки наносятся с обеих сторон. Если расстояния между остановками более 6 м в шахте лифтов необходимо предусмотреть монтажные проемы с шагом не более 6 м и размерами 800 × 1500 мм.

При наличии на объекте установленного машинного помещения, или после его сооружения в процессе монтажа, проверяется соответствие его размеров проектным, а также возможности размещения в нем лифтового оборудования с соблюдением требований ПУБЭЛ и ПУЭ. Особое внимание при этом следует уделять контролю размеров и расположению отверстий в полу машинного помещения для прохода канатов, троса ограничителя скорости, монтажного люка, а также дверного проема и тумб с закладными деталями. Отверстия в полу должны иметь бортики высотой не менее 50 мм. В машинном помещении генподрядчик оборудует постоянный ввод питания электроэнергией и ввод заземления (зануление в сетях с глухозаземленной нейтралью). Для демонтажных и ремонтных работ должен быть установлен монорельс или закладная деталь с петлей для подвески талей.

При окончательной приемке объекта под монтаж лифта представитель монтажной организации проверяет правильность оборудования освещения в шахте, установки монтажных подмостей и ограждений дверных проемов. Временное освещение в шахте осуществляется лампами накаливания напряжением не более 42 В и мощностью не менее 25 Вт (освещенность не менее 50 лк). Лампы располагают выше каждого настила, в местах не мешающих выполнению монтажных работ (рис.13.3). Выключатель временного освещения устанавливают у входа в шахту на нижней остановке.

Монтажные подмости должны быть установлены в соответствии с заданием, выданным строителям монтажной организацией. К заданию на установку подмостей прилагается их чертеж, а также указывается необходимая привязка по высоте. Монтажные подмости могут быть деревянные и металлические. Деревянные подмости изготавливаются из пиломатериалов не ниже второго сорта. Они должны иметь ровную поверхность с зазорами между досок не более 5 мм. Монтажные подмости рассчитываются по двум видам нагрузки: сосредоточенная, приложенная в наиболее опасных местах, - 1300 Н и распределенная по поверхности - 2 КПа. Допустимое сопротивление дерева на изгиб составляет 12 МПа. Монтажные подмости должны быть устойчивы, надежно закреплены, чтобы возможные динамические нагрузки от перемещения монтажников с грузами не привели к их смещению.

Настил монтажных подмостей закрепляется на балках с зазором от стенок на 200 - 250 мм. Такое расположение настила не мешает транспортировке по шахте и монтажу противовеса, направляющих, дверей шахты. Из этих же соображений при различном расположении узлов лифта зазор между настилом и стеной шахты может быть увеличен. Например, при боковом расположении противовеса и креплении на его кронштейнах направляющих кабины. Если в процессе монтажа по шахте пропускаются тяговые канаты, срединная доска настила снимается.

Для балок настила используются деревянные брусья, металлические уголки или швеллеры. При заднем расположении противовеса балки располагаются поперек шахты (рис.13.3), чтобы не мешать проходу противовеса по высоте шахты и монтажу дверей. При боковом или угловом расположении противовеса положение балок может быть изменено в соответствии с требованиями прохода противовеса и дверей шахты.

Закрепление балок подмостей на стенах шахты может быть различным. На рис.13.3 представлены некоторые варианты установки подмостей. Подмости устанавливаются в ниши и на закладные детали. В ниши могут устанавливаться как металлические, так и деревянные балки. Если балка имеет возможность перемещаться вдоль ниши, на ней ставятся упоры исключающие выход балки из ниши. При установке на закладных деталях к последним привариваются упорные уголки. Для металлических балок уголок приваривается вертикально, перьями к закладной детали. Таким образом он образует петлю, в которую вставляется нижний штырь балки. Аналогично подмости устанавливаются в тюбингах. Для деревянных балок уголок приваривается горизонтально, образуя опорную полку. Чтобы исключить смещение балки вдоль уголка, к полке с обеих сторон привариваются вертикальные ребра-фиксаторы балки. Кроме того, сама балка прижимается к полке винтовой скобой. При установке подмостей в шахте с металлическим каркасом балки опираются на ригели поясов каркаса и закрепляются на них винтовыми скобами.

При отсутствии ниш и закладных деталей в шахтах грузовых лифтов допускается устанавливать стоечные леса (рис.13.4). Монтажные организации используют также инвентарные металлические подмости, изготовленные из специального коробчатого алюминиевого профиля (рис.13.5).

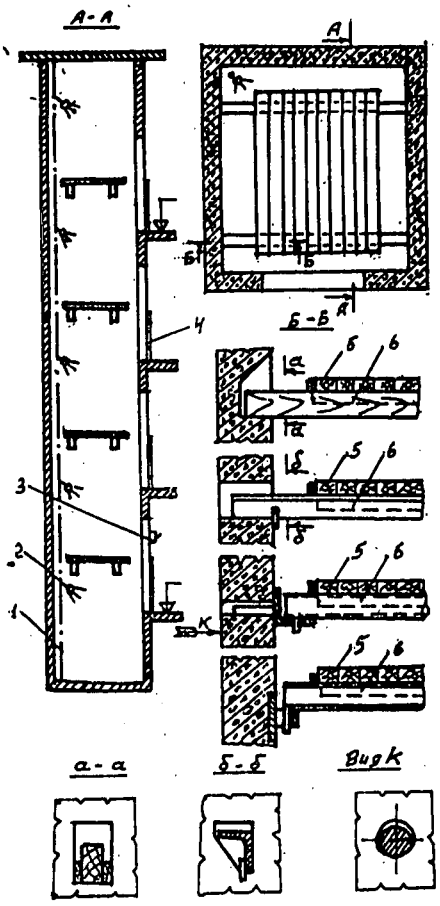


Рис.13.3. Установка подмостей, ограждений дверных проемов и навеска гирлянды временного освещения шахты
1 - гирлянда; *2* - лампы накаливания; *3* - выключатель; *4* - ограждение дверного проема; *5* - настил; *6* - балка

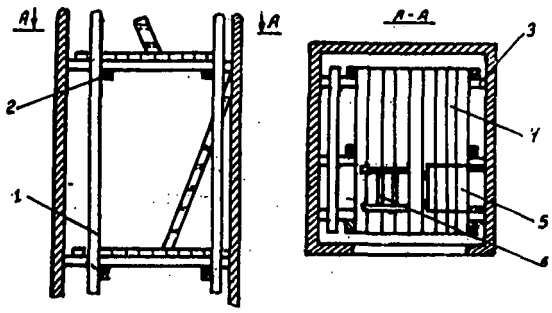


Рис.13.4. Установка стоечных лесов в лифтовой шахте
1 – стойка; *2* – поперечный брус; *3* – продольный брус; *4* – настил; *5* – люк; *6* – лестница

Подмости устанавливаются на каждом этаже на высоте 1000 – 1200 мм над уровнем остановки. При высоте этажа 3,6 м и более устанавливаются дополнительные подмости с таким расчетом, чтобы расстояние по высоте между щитами было не менее 1,8 м и не более 3 м.

В отдельных случаях монтажная организация может выполнять работы по установке инвентарных подмостей самостоятельно. Установку подмостей производят два монтажника. Из приямка с лестницы они устанавливают подмости на нижней остановке, затем с них – подмости на второй остановке и т.д. Демонтаж подмостей осуществляется в обратном порядке, сверху-вниз.

Все дверные проемы, а также временные монтажные проемы должны иметь ограждения. *Исключение составляют тюбинги оснащенные лифтовым оборудованием*, у которых проемы закрыты дверями шахты. Ограждение должно надежно крепиться к стенам дверного проема, иметь высоту не менее 1,1 м и иметь внизу отбортовочную доску высотой не менее 150 мм. Примеры установки ограждений дверных проемов показаны на рис.13.6. Для ограждений дверных проемов допускается применять металлическую сетку или деревянные щиты, закрепленные на перилах и отбортовочной доске. Перила должны выдерживать сосредоточенную нагрузку до 700 Н. Элементы конструкции ограждения не должны иметь массу более 20 кг.

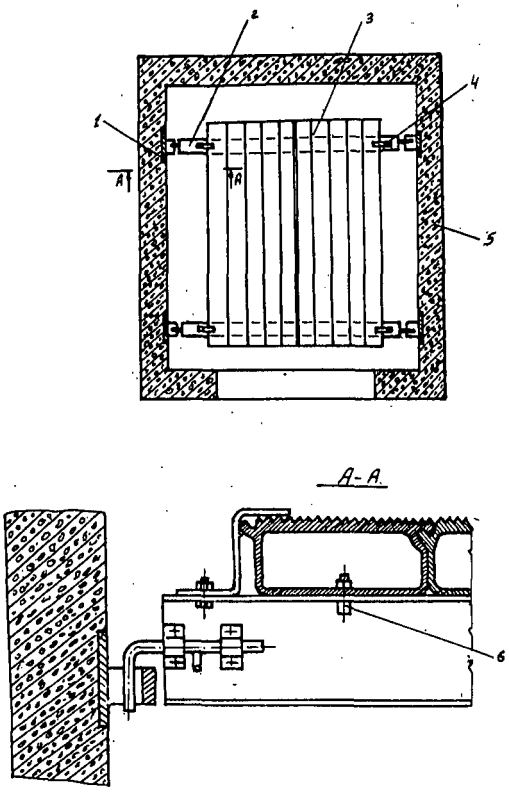


Рис.13.5. Установка инвентарных подмостей
1 – закладная деталь; *2* – балка; *3* – настил; *4* – прижимная скоба; *5* – шахта; *6* – штырь

При замене лифта в действующем здании дверные проемы закрываются специальными тамбурами с дверью, запирающейся на замок (рис.13.7). Размеры тамбура в плане определяются по месту. Пунктиром на рисунке показано ограждение, устанавливаемое при проходной кабине. Перед установкой стенки тамбура и дверь пропитываются огнезащитным составом.

13.2.3. Последовательность выполнения монтажных операций. Технологическая последовательность выполнения монтажных работ зависит от многих факторов, в том числе: от типа и конструктивных особенностей лифта, от состояния поставок лифтового оборудования, степени готовности строительной части объекта, решения других организационных вопросов, связанных с монтажом лифта. Но с технической точки зрения технологическую последовательность выполнения операций определяет метод монтажа лифта.

Монтаж укрупненными блоками при открытой сверху шахте определяет одну последовательность выполнения операций. Монтаж лебедками при перекрытой шахте и готовом машинном помещении – другую. Монтаж тюбинговым методом строительным краном отличается от монтажа укрупненными блоками. А замена лифта в действующем здании с кабины старого лифта отличается от монтажа с подмостей.

Ниже изложена последовательность монтажа лифта строительным краном и указаны отличия, связанные с применением других методов.

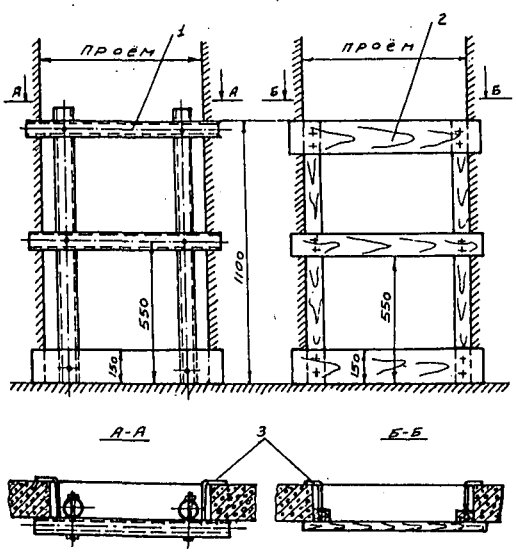


Рис.13.6. Варианты установки ограждений дверных проемов
1 – металлические трубы; *2* – деревянные доски; *3* – скобы крепления ограждения к шахте

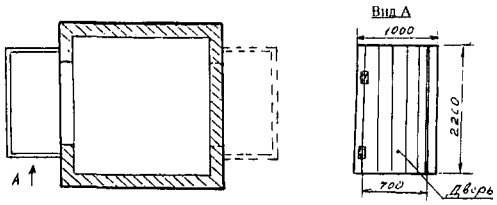


Рис.13.7. Установка тамбура ограждения дверного проема в действующем здании

Операции монтажа лифта строительным краном выполняются в следующем порядке: определение координат установки лифтового оборудования; установка кронштейнов крепления направляющих кабины и противовеса; монтаж направляющих; монтаж дверей; монтаж противовеса; монтаж кабины; монтаж обрамлений дверных проемов; монтаж оборудования в приямке; заливка чистого пола в приямке с устройством тумб (выполняется строителями); устройство перекрытия лифтовой шахты (выполняется строителями); монтаж лифтовой лебедки; монтаж отводных блоков; монтаж ограничителя скорости; установка стен машинного помещения (выполняется строителями); монтаж низковольтного комплектного устройства (НКУ); устройство перекрытия машинного помещения (выполняется строителями); установка вводного устройства (ВУ); установка трансформаторов; установка жесткой и балансирной подвесок; навеска тяговых канатов; навеска каната ограничителя скорости; навеска уравновешивающих цепей или компенсирующих канатов; монтаж труб электроразводок; монтаж электроаппаратов; устройство заземления; заливка чистого пола машинного помещения и рамы лебедки (выполняется строителями); монтаж жгутов проводов при их прокладке без труб; прокладка и подсоединение электропроводки;

монтаж подвесного кабеля; замер сопротивления изоляции (выполняется спецбригадой); строительно-отделочные работы (выполняются строителями); демонтаж подмостей (выполняется строителями); опробование лифта; регулировка оборудования; наладочные работы (выполняются спецбригадой); обкатка и сдача лифта в эксплуатацию.

Приведенная последовательность монтажа предусматривает все возможные операции вне зависимости от типа лифта. Если какие-то узлы в конкретной модели лифта отсутствуют, операция пропускается. Например, монтаж уравновешивающих цепей и компенсирующих канатов, монтаж труб электроразводок и др.

Монтаж лебедками осуществляется при перекрытой шахте и машинном помещении. В этом случае наиболее удобным путем доставки лифтового оборудования в машинное помещение является шахта. Но, если в шахте установить подмости, они не позволят поднимать по ней оборудование. Поэтому монтаж лифта начинается с операции доставки оборудования в машинное помещение. Следующей операцией является установка подмостей. Далее идет операция определения координат установки оборудования и все последующие операции в указанном выше порядке. Но имеются некоторые отличия. Во-первых отсутствуют операции по устройству перекрытия шахты, установке стен машинного помещения и устройству перекрытия машинного помещения, так как они уже установлены. Во-вторых, операции монтажа оборудования в приямке и заливка чистого пола в приямке выполняются до монтажа противовеса и кабины, т.к. кабина собирается в шахте на первом этаже и перекроет доступ в приямок. В-третьих, операция монтажа уравновешивающих цепей или компенсирующих канатов выполняется после монтажа электроаппаратуры, электропроводки и подвесного кабеля, т.к. подвижная кабина позволяет упростить эту операцию.

Последовательность операций при монтаже лифтов тюбинговым методом во многом соответствует последовательности операций при монтаже краном. Но в начальной стадии выполняется ряд специальных операций, связанных с подготовкой оборудования и оснащением тюбингов. Подготовка оборудования включает в себя: распаковку, проверку комплектности, доставку на рабочие места; приемку тюбингов и плит перекрытия шахты; установку НКУ с трансформаторами на плитах перекрытий шахты; загрузку противовеса грузами; подготовку подвесного кабеля (разделка концов жил, прозвонка и маркировка жил, извлечение тросика для подвески к кабине и шахте); заготовку жгутов электроразводок; подготовку кабины к монтажу (проверка коммутации, маркировки, подключения электропроводки, действия выключателей безопасности); крепление подвесного кабеля к кронштейну на кабине и подсоединение жил кабеля к клеммной коробке; регулировку лебедки на амортизаторах; проверку тормозного устройства, наличия масла и т.п.

Оснащение тюбингов оборудованием включает: установку кронштейнов для крепления направляющих; монтаж дверей шахты; установку фиксаторов тюбинга; установку подмостей; монтаж обрамлений дверного проема; установку вызывных аппаратов; установку оборудования машинного помещения на плиту перекрытия шахты (лебедка, НКУ, трансформаторы, ограничитель скорости).

Далее идет операция по транспортировке тюбингов с установленным оборудованием на объект монтажа, где осуществляется сборка шахты. Как было сказано ранее, монтаж тюбингов выполняет комплексная бригада монтажников или строители.

Непосредственно монтаж лифтового оборудования на объекте начинается с провески шахты и монтажа направляющих кабины и противовеса. В дальнейшем последовательность выполнения операций, в основном, соответствует порядку монтажа лифта строительным краном, за исключением отсутствия операций, выполняемых при оснащении тюбингов.

13.2.4. Доставка лифтового оборудования к месту монтажа. Способы доставки лифтового оборудования к месту монтажа также во многом зависят от состояния строящегося объекта и метода монтажа лифта.

При монтаже укрупненными блоками строительным краном многие узлы лифтового оборудования доставляются на верхнее перекрытие здания и там складируются. Но перед подъемом оборудования необходимо согласовать место и сроки складирования со строителями. Выбор места складирования связан с прочностными свойствами верхнего перекрытия, не рассчитанного на дополнительные нагрузки от временного расположения на нем лифтового оборудования. Кроме того, временное складирование последнего не должно мешать проведению остальных строительных работ. Доставку оборудования на верхнее перекрытие можно производить заранее, до начала монтажных работ.

При неперекрытых шахте и машинном помещении строительным краном к месту установки доставляются: направляющие кабины и противовеса, противовес в сборе, кабина, двери шахты, лифтовая лебедка, НКУ, подлебедочные балки, трубы электроразводок, отводные блоки, монтажная лебедка, тяговые канаты, жгуты проводов, необходимые крепежные детали.

При перекрытой шахте и неперекрытом машинном помещении к месту монтажа краном доставляются: лифтовая лебедка, НКУ, подлебедочные балки, отводные блоки, трубы электроразводки по машинному помещению и монтажная лебедка.

Строповку комплектов оборудования следует производить согласно схемам, представленным в инструкциях заводов-изготовителей.

Направляющие кабины и противовеса доставляются на верхнее перекрытие здания пакетами, с использованием траверсы. Если двери шахты поступают с завода-изготовителя в пакете, они поднимаются на верх пакетом. Иногда комплект дверей шахты поставляется на монтаж в специальном контейнере, оборудованным дополнительным грузоподъемным устройством. В этом случае комплект дверей шахты доставляется на верх вместе с контейнером. Строповку кабины выполняют за проушины верхней балки или за верхний блок при полиспастной подвеске кабины. Если кабина будет временно складироваться на верхнем перекрытии здания, то поддон упаковочного ящика не снимается, т.к. он обеспечивает ее устойчивость. Поддон снимается непосредственно перед установкой кабины в шахту. Строповка лебедки в сборе производится за специальные петли, закрепляемые в углах рамы. Выполнять строповку лебедки за рым-болты электродвигателя и редуктора запрещается. Исключение может делаться для некоторых типов пассажирских лифтов небольшой грузоподъемности (например 400 кг), но в этом случае такая строповка лебедки специально указывается в инструкции завода-изготовителя. Перед подъемом лебедки необходимо убедиться в наличии транспортных шпилек, блокирующих амортизаторы и связывающих раму с подрамником. После установки лебедки на рабочее место шпильки необходимо вывернуть, деблокируя амортизаторы. Строповку противовеса выполняют за верхнюю балку подхватом с помощью кольцевого стропа. При строповке остальных узлов используют строповочные проушины на оборудовании.

Аналогично решаются вопросы доставки лифтового оборудования к месту монтажа при тюбинговом методе.

Доставка лифтового оборудования к месту монтажа при перекрытой шахте и машинном помещении осуществляется с помощью монтажных лебедок. Основной трассой доставки оборудования в верхнее машинное помещение является шахта.

Тяжелые узлы лифтового оборудования от места складирования перемещаются к дверям шахты на нижней остановке с помощью рычажных лебедок на катках. Затем они поднимаются по шахте до верхней остановки. С площадки верхней остановки узлы подаются через монтажный люк в машинное помещение с помощью ремонтной тали. При отсутствии монтажного люка, оборудование с верхней остановки в машинное помещение доставляется по лестничным маршам, покрытым деревянными настилами, с использованием катков и рычажных лебедок.

При транспортировке узлов оборудования по проходам здания и шахте необходимо проверить соответствие их габаритов размерам последних, а также согласовать трассу перемещения грузов со строителями, учитывая возможную перегрузку и прочность перекрытий здания. Установку и закрепление за элементы здания монтажных лебедок и направляющих блоков также необходимо согласовать со строителями. При горизонтальной или слабонаклонной транспортировке грузов обязательно использование катков, волочить оборудование по перекрытиям и лестничным маршам запрещается.

При подъеме узлов лифтового оборудования по шахте расположение монтажной лебедки, направляющих блоков и запасовку канатов выполняют по схемам, приведенным на рис.13.8. Монтажная лебедка, при ее верхнем расположении (схемы I, II, IV), должна быть поднята на верх заранее строительным краном или на строительном подъемнике, используемом для отделочных работ в здании. В случае отсутствия такой возможности, монтажная лебедка располагается на нижней остановке и используется запасовка канатов по схеме IV.

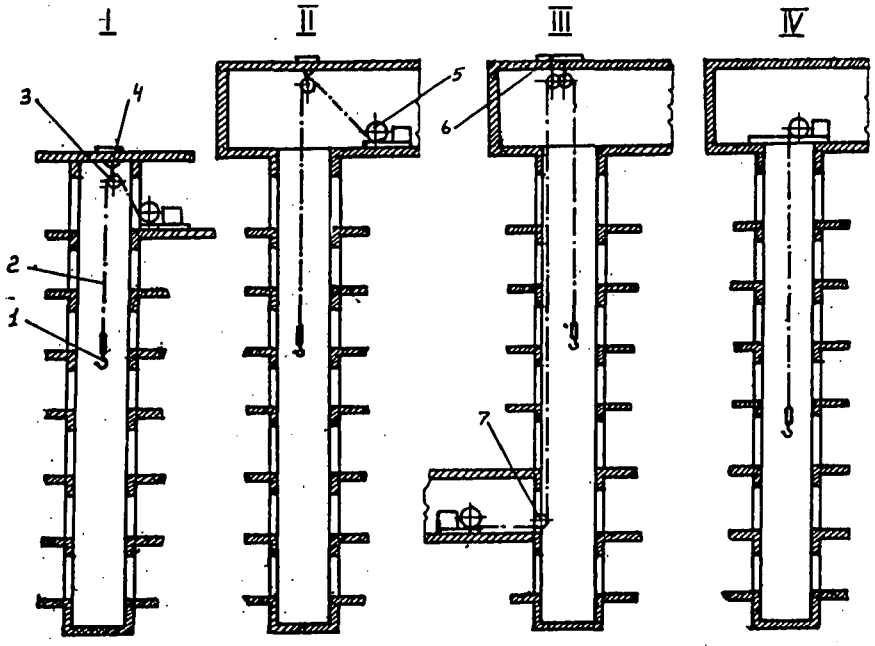


Рис.13.8. Варианты установки и запасовки канатов монтажных лебедок
I – на площадке верхней остановки; II – в машинном помещении; III – на площадке нижней или промежуточной остановки; IV – над шахтой; *1* – крюковая подвеска; *2* – грузовой канат лебедки; *3* – отводной блок; *4* – строповочная петля; *5* – монтажная лебедка; *6* – балка крепления блоков; *7* – нижний отводной блок

Монтажная лебедка и направляющие блоки должны быть надежно закреплены, элементы крепления проверяются расчетом. Способы крепления монтажных лебедок будут рассмотрены ниже. Направляющие блоки могут быть подвешены на кольцевых стропах за монорельс или петлю ремонтной тали. Они могут также крепиться на перекрытиях шахты или машинного помещения с использованием имеющихся в них отверстий. В отверстия пропускается кольцевой строп, в верхнюю петлю которого просовывается кусок металлического стержня или трубы. При отсутствии отверстий в перекрытиях в месте крепления блока допускается их пробивать с последующей заделкой раствором.

При подъеме тяжелых узлов лифтового оборудования по шахте на нижней и верхней остановках временно устанавливаются подкладные балки, на которые заводятся грузы. Обычно такие балки изготавливают из двух швеллеров, соединенных поперечинами. Монтажные балки используются и в других случаях временной установки оборудования в шахте. Проверка прочности балок расчетом обязательна.

При подъеме грузов по шахте монтажными лебедками не исключается их раскачивание и удары по стенам шахты или оборудованию, в ней установленному. При наличии в шахте направляющих на грузе можно временно закрепить швеллер с прорезями, соответствующими по размерам пазам башмаков, которые заводятся на направляющие. При отсутствии направляющих через проемы дверей нужно последовательно контролировать подъем груза и удерживать его от раскачивания.

13.2.5. Особенности монтажа оборудования при замене и модернизации лифтов. Замена старого, отработавшего свой срок лифта на новый может осуществляться двумя основными способами: монтажными лебедками с подмостей и с кабины старого, но действующего лифта. Замена лифта включает в себя демонтаж старого лифта и монтаж нового.

Перед заменой лифта разрабатываются схема привязки размеров оборудования нового лифта к старой шахте и смета затрат.

Последовательность операций при замене лифта, в основном, соответствует технологии монтажа нового лифта при перекрытой шахте. В качестве грузоподъемных средств используются монтажные лебедки. Особенности выполнения операций зависят от конструкции старого и нового лифтов и будут рассмотрены ниже при изучении монтажа отдельных узлов.

Перед началом работ по замене лифта необходимо убедиться в работоспособности старого лифта. Для этого проверяются: надежность крепления лебедки, работа тормозного устройства, срабатывание ловителей, работа станции управления и цепей блокировки, закрытие дверей шахты и надежность работы замков.

Доставка оборудования нового лифта к месту монтажа, в том числе и в машинное помещение, производится с использованием кабины старого лифта. При невозможности подъема какого-то узла в полностью собранном виде, он разбирается. При выполнении монтажных работ допускается частичная разборка купе кабины старого лифта (кроме каркаса и пола), что позволяет поднимать грузы превышающие номинальную грузоподъемность лифта на массу разобранных частей купе. В отдельных случаях масса поднимаемого в кабине груза может превышать номинальную грузоподъемность, но при этом необходимо обосновать такой подъем соответствующим расчетом, с учетом возможного проскальзывания канатов на КВШ. Если старый лифт неработоспособен, доставка оборудования к месту монтажа выполняется монтажными лебедками после разборки старой кабины.

При замене лифта с кабины старого лифта подмости в шахте не устанавливаются, т.к. кабина выполняет функции подвижных подмостей. При этом работы могут вестись, как с крыши кабины, так и с ее пола при частично разобранном купе. При этом управление лифтом переводится на режим «Ревизия» с кабины и снимается часть грузов противовеса с целью уравновесить его с частично разобранным купе.

При производстве всех видов монтажных работ (в особенности при замене лифта) находиться в кабине или на ее крыше, а также под кабиной по всей высоте шахты разрешается только при выполнении требований, представленных в следующих вариантах:

- башмаки кабины заведены на направляющие; кабина установлена на опоры или упорные балки (при замене лифта упорные балки подводятся под верхнюю балку каркаса кабины при частично разобранном купе); клинья ловителей находятся в контакте с направляющими и рычаг привода ловителей подвязан проволокой к кронштейну направляющих;
- кабина и полностью загруженный противовес (при замене лифта - кабина с частично разобранном купе при соответственно уравновешенном противовесе) подвешены на тяговые канаты; на КВШ установлены прижимные струбцины (рис.13.39); отключено вводное устройство;
- при полностью работоспособном лифте допускается перемещение на крыше кабины (или в кабине с частично разобранным купе) в режиме «Ревизия»; выполнение работ при этом разрешается только при полной остановке кабины.

При замене лифта технология демонтажа старого лифта обратна технологии монтажа нового. Но при этом демонтаж отдельных узлов часто совмещается с монтажом новых узлов. Кроме того, некоторые узлы старого лифта не заменяются, если их состояние этого не требует.

В этой связи интересен опыт некоторых лифтовых организаций, которые вместо замены старого лифта проводят его модернизацию. Модернизация может быть полная или частичная (в зависимости от износа узлов и возможностей заказчика). Полная модернизация включает в себя установку новых современных узлов: лебедка главного привода с червячной цилиндрической парой повышенной точности, вводное устройство, система управления лифтом (включая микропроцессорную станцию и бесконтактные этажные датчики), кабина с современным дизайном. Кроме того, модернизация предусматривает антивандальное исполнение отдельных узлов, защищенных от умышленных повреждений и поджогов: купе кабины изготавливается из металлических декоративных щитов; кнопочные аппараты в кабине и на посадочных площадках, а также плафон в кабине, изготавливаются из негорючих материалов и с высокой ударной стойкостью; система управления предусматривает автоматическое отключение лифта в случае проникновения в шахту посторонних лиц и т. п.

Модернизация позволяет продлить срок службы лифта в два раза при сокращении на 50% затрат по замене лифта на новый.

13.2.6. Определение координат установки оборудования лифта в шахте. Перед монтажом лифтового оборудования необходимо вписать размеры кабины в плане в шахту по всей высоте. Фактические размеры от кабины лифта до стен шахты или ее поясов-ригелей должны соответствовать установочному чертежу и быть в пределах, регламентируемых ПУБЭЛ.

Для привязки габаритов кабины к фактическим размерам шахты используются шаблоны и отвесы.

Шаблон по размерам в плане соответствует ширине и глубине кабины (рис.13.9*а*). Он закрепляется на балках, которые опираются при открытой шахте на торцы ее стенок. Если шахта перекрыта, шаблон устанавливается в верхней части шахты, а балки закрепляются на подмостях или в распор. На углах шаблона закрепляются отвесы, которые спускаются на всю высоту шахты. Расстояние от низа отвесов до пола приямка не должно быть более 500 мм. Так как длина отвесов может быть значительной, масса грузов принимается от 10 до 15 кг и подвешиваются они на стальной проволоке диаметром 1-1,5 мм. Поскольку в шахте часто имеют место восходящие потоки воздуха, для предотвращения раскачивания, отвесы закрепляют без нарушения их вертикальности. Закрепляются они на брусьях, установленных в приямке и распертых в стены шахты. Для фиксации отвесов используют петельки из гвоздей. Крепление отвесов может быть также выполнено с помощью инвентарного приспособления. На каждом этаже с подмостей линейкой замеряют расстояние от отвесов до стенок шахты по схеме, представленной на рис.13.9*б*, результаты заносят в таблицу (указаны римскими цифрами) и сравнивают с проектными (указаны буквами). Если несовпадение превышает допустимые по ПУБЭЛ значения, шаблон перемещают с целью найти его оптимальное положение. В случае невозможности найти такое положение, со строителями решается вопрос о доводке шахты до требуемых параметров.

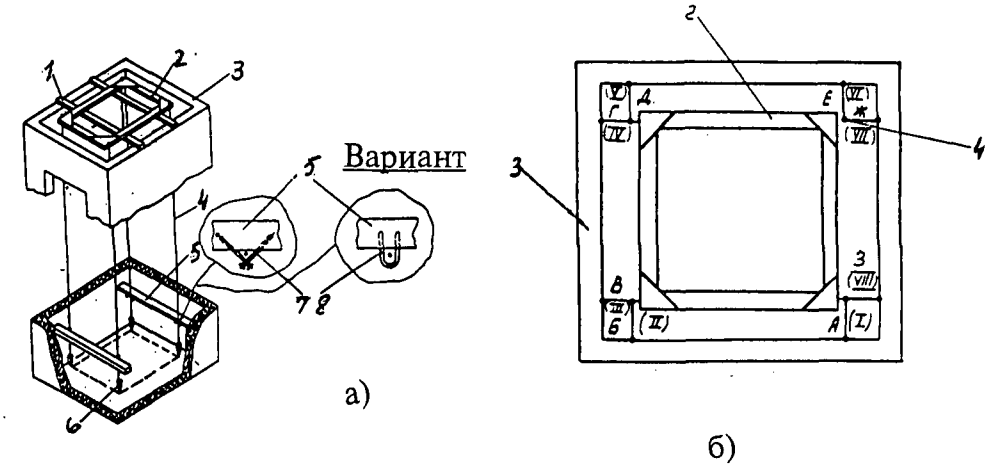


Рис.13.9. Проверка вертикальности стен шахты

а - установка шаблона; *б* - схема выполнения замеров геометрических размеров шахты; *1* - балка; *2* - шаблон; *3* - шахта лифта; *4* - отвес; *5* - брус; *6* - груз; *7* - гвоздь; *8* - скоба

13.3. Оборудование и механизированный инструмент, применяемые на монтаже лифтов

13.3.1. Грузоподъемное и такелажное оборудование для монтажа лифтов. При монтаже и замене лифтов широко используются различные грузоподъемные средства, такелажное оборудование, монтажные приспособления и устройства.

Из грузоподъемных средств чаще всего применяются легкие электрические лебедки, рычажные ручные лебедки, ручные тали, а также ремонтные электрические тельферы, устанавливаемые в машинном помещении.

Электрические монтажные лебедки, в основном, используются для доставки лифтового оборудования к месту монтажа, а также для вывески его узлов или элементов при самом монтаже в положение, близкое к проектному. Подбираются монтажные лебедки по тяговому усилию и канатоемкости. Тяговое усилие лебедки должно превышать нагрузку от массы самого тяжелого из узлов лифтового оборудования, а канатоемкость обеспечивать максимальную, требуемую по технологии монтажа высоту подъема.

Лебедки оснащают канатом только того диаметра, который указан в паспорте. Канат должен сбегать с нижней образующей барабана. Расстояние от лебедки до отводного или грузового блока принимается не менее 20 длин барабана. Это расстояние обусловлено величиной максимального угла схода каната с барабана в плане.

Лебедка должна быть надежно закреплена, как от горизонтальных смещений, так и от опрокидывания при канате направленном под углом вверх. Лебедки могут закрепляться за элементы здания. Например, за расположенную рядом колонну. В жилых зданиях колонны встречаются редко, поэтому удобнее закреплять лебедку за дверной проем. Для этого поперек него, кладется бревно или кусок трубы, за которые канатом крепится рама лебедки. Элементы крепления проверяются расчетом, а место крепления за элемент здания согласовывается со строителями. При наличии порога и горизонтальном сходе каната лебедка может упираться в порог. Но, поскольку сходящий с барабана канат создает опрокидывающий момент вокруг порога, заднюю часть лебедки необходимо пригрузить в соответствии с расчетом. Груз располагается на дополнительной раме. При закреплении лебедки за элементы здания и канате, сходящем с барабана под углом вверх, контргруз располагается на передней части дополнительной рамы. Если возможность крепления лебедки за элементы здания отсутствует, устойчивость лебедки обеспечивают контргрузами, располагаемыми в передней и задней частях дополнительной рамы. Контргруз, установленный в передней части, не должен мешать проходу каната.

Расчет устойчивости лебедки необходимо производить, как на сдвиг, так и на опрокидывание. В расчетах на сдвиг вводится коэффициент запаса устойчивости, равный 1,5; в расчете на опрокидывание - 1,2.

Расчет на сдвиг при горизонтально направленном канате проводится из условия

$$1{,}5S_{л} \le T,$$

где $S_{л}$ - тяговое усилие лебедки, кН; T - сила трения, кН.

Сила трения определяется, как

$$T = \mu(P_{л} + P_{гр}),$$

где μ - коэффициент трения скольжения; $P_{л}$ - сила тяжести лебедки, кН. $P_{гр}$ - сила тяжести контргруза, кН.

Чаще всего монтажные лебедки устанавливаются на бетонных перекрытиях и коэффициент трения между стальной рамой и бетоном принимается равным 0,45. Тогда масса контргруза в тоннах определяется из выражения

$$Q_{гр} = (3{,}33S_{л} - P_{л})/10.$$

Для расчета на сдвиг при канате, сходящем под наклоном вверх

$$T = \mu(P_{л} + P_{гр} - S_{л}\sin\alpha),$$

где α - угол подъема каната от горизонтали, град.

Величина контргруза в тоннах в этом случае определяется из выражения

$$Q_{гр} = [(3{,}33 + \sin\alpha)\cdot S_{л} - P_{л}]/10$$

При установке лебедки в машинном помещении и сходе каната вертикально вниз намотку каната на барабан выполняют таким образом, чтобы сход каната происходил с наружной образующей последнего. Сбегающую ветвь каната пропускают в одно из отверстий в полу машинного помещения, причем ширина отверстия должна быть достаточной, чтобы исключить трение каната о его края.

Монтажные лебедки обслуживаются монтажниками, прошедшими обучение и имеющими соответствующие удостоверения. Обследование и испытание лебедок проводят не реже одного раза в год.

Рычажные ручные лебедки используются, в основном, для перемещения грузов на горизонтальных или слабонаклонных участках трассы доставки лифтового оборудования. Корпус рычажной лебедки крюком или кольцевым стропом закрепляется за элементы здания, а канат лебедки - на перемещаемом грузе. Как было сказано ранее, груз должен перемещаться по бетонным перекрытиям или по деревянным настилам на катках. В качестве катков могут использоваться отрезки бревен или металлических труб.

Подбирают рычажные лебедки по необходимому тяговому усилию, которое определяется расчетом из условия перемещения груза на катках. Для горизонтального участка необходимое усилие в кН определяется из выражения

$$S = P(k_1 + k_2)/d_к,$$

где P - сила тяжести массы перемещаемого на катках груза, кН; k_1 - коэффициент трения качения по верхней поверхности катка, см; k_2 - коэффициент трения качения по нижней поверхности катка, см; $d_к$ - диаметр катка, см.

Так как в верхней точке на катках из стальных труб или бревен перемещается стальная рама лебедки, а в нижней - катки перемещаются по бетонному перекрытию или деревянному настилу, необходимые для расчета значения коэффициентов трения качения в см, могут быть выбраны из следующих сочетаний: сталь по стали - 0,05; сталь по дереву - 0,07; сталь по бетону - 0,06; дерево по бетону - 0.07; дерево по дереву - 0,08.

При перемещении грузов по слабонаклонным участкам (например, по лестничным маршам, покрытым деревянным настилом) необходимое тяговое усилие определяется из выражения

$$S_{\alpha^\circ} = P[\sin\alpha + (k_1 + k_2)\cos\alpha/d_к],$$

где α° - угол наклона трассы, град. (для стандартных лестничных маршей угол их наклона равен 32°).

Ручные тали и ремонтные электрические тали используются на монтаже лифтов, в основном, для подъема узлов лифтового оборудования через монтажный люк с верхней остановки в машинное помещение и перемещению их по последнему. Кроме того, ручные тали используются, в ряде случаев., для вывески узлов оборудования в положение, близкое к проектному (например, при монтаже дверей шахты с кабины лифта). Подбираются тали по необходимой грузоподъемности.

Для строповки узлов лифтового оборудования на крюковой обойме крана или крюке монтажной лебедки используются стандартные стропы, оборудованные коушами и крюками. Кроме того, используются кольцевые стандартные стропы и стропы с петлевой заделкой концов. Подбор диаметра каната стропов выполняется по разрывному усилию и приложенной к нему расчетной нагрузке. Коэффициент запаса прочности канатов принимается равным: для стандартных стропов при огибании канатом груза - 8, для стандартных стропов без огибания канатом груза - 6, для стропов, завязанных узлом - 8.

При подвеске узлов лифта или их комплектов на четырех стропах, расчет нагрузки на отдельные канаты ведется из условия подвески на три стропа, так как плоскость подвески гарантировано проходит через три точки и добиться равномерного распределения нагрузки на четыре стропа довольно трудно.

13.3.2. Механизированный инструмент, применяемый на монтаже лифтов. Наиболее широкое использование при выполнении работ по монтажу лифтового оборудования имеют электросверлильные, электрошлифовальные машины, а также дюбельные строительно-монтажные пистолеты.

При производстве строительно-монтажных работ значительное место занимают операции крепления различных конструкций и элементов оборудования к бетонным или кирпичным строительным основаниям. Для облегчения выполнения этих операций и увеличения производительности широко используются монтажные пороховые пистолеты (их называют также дюбельные) и пиротехнические оправки. Они забивают в бетонные, металлические, кирпичные, шлако- и керамзитобетонные основания стальные дюбеля силой взрыва порохового заряда. Бетонные и железобетонные основания могут быть прочностью соответствующей прочности конструкций, изготовленных с использованием цемента марки 400 включительно. Металлические - с пределом прочности до 450 МПа.

Применение монтажных пистолетов и пиротехнических оправок исключает необходимость сверления гнезд и отверстий в конструкциях, а значит существенно снижает расход дорогостоящих твердосплавных сверел и распорных дюбелей. Кроме того, возможность простреливания не толстых металлических деталей позволяет закреплять их без предварительного сверления отверстий в элементах крепления.

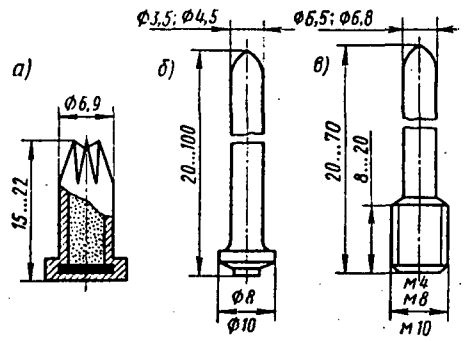


Рис.13.10. Патрон и дюбеля
а - патрон; *б* - дюбель-гвоздь; *в* - дюбель-винт

На монтаже лифтового оборудования дюбельные пистолеты используются для крепления на стенах шахты и машинного помещения узлов и деталей не подверженных динамическим нагрузкам (крепежное оборудование для разводки жгутов в трубах или металлорукавах, клеммных коробок, магистрали и ответвления заземления и т.п.). Кроме того, забивка дюбелей с винтовой головкой значительно расширяет возможности использования дюбельных пистолетов, т.к. позволяет выполнить крепление разборным (рис.13.10).

13.4. Монтаж лифтовой шахты

Лифтовые шахты могут быть : из кирпичной кладки, с бетонными стенами и с металлическим каркасом. Шахты с бетонными стенами возводятся из сборного или монолитного железобетона. Шахты из сборного железобетона монтируются в процессе строительства здания и могут быть из отдельных панелей или объемных тюбингов. Шахты из кирпича или панелей сооружаются строителями и подлежат приемке монтажниками лифтов. Шахты из объемных тюбингов возводятся комплексной бригадой с участием монтажников лифтов или строителями.

Из монолитного бетона шахты сооружаются строителями. При возведении сейсмостойких зданий вместе с коробкой лестничной клетки они служат ядром жесткости здания для сборки перекрытий и стен из предварительно изготовленных железобетонных панелей. Такие шахты сооружаются и при возведении всего здания из монолитного бетона.

Шахты с металлическим каркасом состоят из стоек и ригелей, обтянутых сеткой или закрытых другими, как правило, прозрачными материалами (рамы со стеклом, пустотелые стеклянные блоки, пластик). Шахты с металлическим каркасом сооружались в жилых зданиях ранее. С развитием домостроения из сборного железобетона применение шахт с металлическим каркасом используется, в основном, при возведении отдельных промышленных объектов или при модернизации старых зданий и оборудовании их навесными, наружными лифтами. В последнее время шахты с металлическим каркасом начали находить применение также при сооружении приставных лифтов, устанавливаемых снаружи здания или во внутренних двориках при возведении современных отелей, офисов или административных зданий. Металлический каркас также используется, в качестве перегородок между лифтами, если группа лифтов расположена в общей бетонной шахте. Шахты с металлическим каркасом монтируются бригадой монтажников лифта.

13.4.1. Монтаж шахты с металлическим каркасом. Перед началом монтажа шахты с металлическим каркасом также необходимо при приемке строительной части выполнить провеску под установку лифта проемов в перекрытиях здания.

Каркас шахты поступает на монтажную площадку в виде отдельных элементов, плоских или объемных секций, а также стыковочных деталей. Все элементы каркаса имеют отверстия для стыковки и маркировку, выполненную по результатам контрольной сборки на заводе-изготовителе.

Монтаж каркаса начинают с установки в приямке его нижней рамы. Ее выверяют по уровню и осям. На раме закрепляют стойки каркаса, на которых затем собирают ригели первого этажа. Далее процесс сборки идет последовательно снизу вверх. По мере монтажа каркаса его крепят к элементам перекрытий здания или лестничной клетки. Для временной фиксации элементов каркаса при регулировке их положения используют деревянные клинья. Вертикальность отдельных элементов и каркаса в целом проверяется по отвесам. Прямоугольность формы в плане выверяют замером разницы диагоналей.

При монтаже металлического каркаса шахты допускаются следующие отклонения размеров: отклонение от вертикали 1/3000 высоты, но не более 10 мм по всей высоте; отклонение по ширине и глубине $\pm$10 мм ; отклонение по высоте $\pm$20 мм; разность диагоналей 5 мм; отклонение от горизонтали поясов каркаса 1 мм на 1 м длины.

Шахта лифта с металлическим каркасом должна иметь ограждения со всех сторон на всю ее высоту. Допускается не устанавливать ограждения, за исключением жилых и общественных зданий, если расстояние от движущихся узлов лифта до площадок и лестничных маршей более 1 м. При частичном ограждении, если площадки и лестничные марши находятся ближе 1 м, высота ограждения с их стороны должна быть не менее 2,5 м, а со стороны входа в кабину - по всей высоте и ширине этажа шахты.

Для ограждения шахты используются металлические листы, стекло и проволочная сетка. Стальной лист должен иметь толщину не менее 1 мм и при приложении к нему снаружи шахты сосредоточенной нагрузки 300 Н его прогиб не должен превышать 20 мм, причем остаточные деформации не допускаются. Металличе-

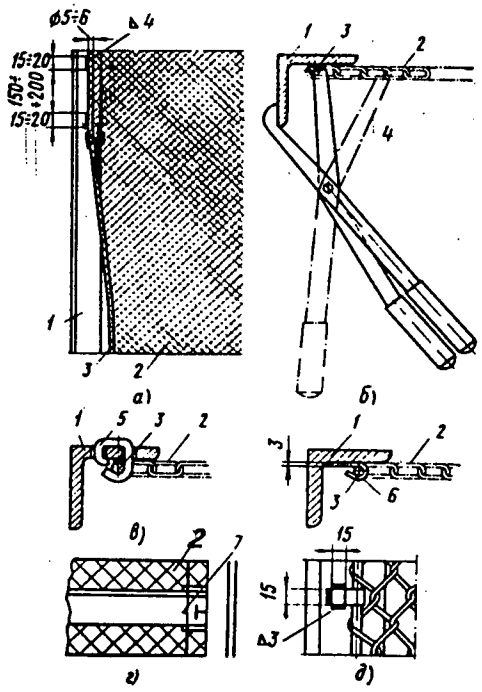


Рис.13.11. Крепление сетчатого ограждения шахты *а* - крепление сетки к стойке каркаса; *б* - натягивание сетки специальными клещами; *в* - крепление сетки скобами; *г* - крепление сетки к стойкам у поясов; *д* - крепление сетки кляммерами; *1* - стойка каркаса; *2* - сетка; *3* - шомпол; *4* - клещи; *5* - скоба; *6* - кляммер; *7* - пояс каркаса

ский, не стальной лист должен обеспечивать такую же прочность и жесткость. Если шахта ограждается стеклом, его толщина принимается не менее 7,5 мм. Для армированного стекла минимальная толщина - 6 мм, а для пустотелых стеклянных блоков минимальная толщина стенок - 4 мм.

Устанавливаемая металлическая сетка изготавливается из проволоки диаметром не менее 1,2 мм. Ячейки сетки выбираются размером, через который не должен проходить шарик диаметром 21 мм при приложении к нему нагрузки 10 Н. Сетка закрепляется с внутренней стороны каркаса и должна иметь достаточное натяжение, чтобы при приложении к ней нагрузки 100 Н ее прогиб не превысил 50 мм.

Для крепления сетки к стоякам по ее краю пропускается проволока диаметром 5-6 мм, называемая шомполом. К стоякам каркаса шомпол крепится сваркой, на скобах или на плоских крюках, называемых «кляммер» (рис.13.11). Натяжение сетки выполняют щипцами.

Если в здании верхний проем под шахту лифта не перекрыт и на строительстве имеется башенный кран, монтаж каркаса может производиться укрупненными блоками. Обычно, высота блока принимается не более высоты одного-двух этажей, что обусловливается характеристиками крана: грузоподъемностью и высотой подъема крюка над высотой здания. Исключение составляют выносные лифты, при монтаже которых блок может быть собран на всю высоту каркаса (20 - 25 м).

При монтаже каркасов шахт укрупненными блоками необходимо учитывать возможность перегрузки элементов каркаса монтажными нагрузками, возникающими от собственного веса при изменении в процессе монтажа их положения и принципиальной расчетной схемы. Например, каркас шахты выносного лифта в рабочем положении вертикален. Собирают его в горизонтальном положении. При подъеме краном его строповку выполняют за верхний край. В результате расчетная схема каркаса будет представлять собой балку на двух опорах с большим пролетом нагруженную распределенной изгибающей нагрузкой, на которую конструкция в рабочем состоянии не рассчитана.

После проверки на прочность и жесткость от монтажных нагрузок, при необходимости, каркас шахты временно усиливают раскосами и накладками на пояса из брусьев и толстых досок.

13.4.2. Монтаж шахты из тюбингов. В настоящее время выпускаются три основных типа тюбингов: нижний блок, средний блок, верхний блок. Кроме того, выпускаются плиты перекрытия шахты и элементы объемного машинного помещения. В зависимости от устанавливаемого в тюбингах лифта, они могут иметь различные размеры в плане, а средний блок – и по высоте. При необходимости увеличения высоты этажа (например, цокольного), на средний дополнительно устанавливают верхний или нижний блок. Машинное помещение монтируется из отдельных готовых элементов: плита перекрытия шахты, стены, перекрытие машинного помещения. Объемные блоки собираются на ДСК из тех же элементов.

Оборудованные тюбинги транспортируются на строительную площадку, где по мере строительства объекта, осуществляется их монтаж. Установка тюбингов должна выполняться с опережением монтажа примыкающих конструкций здания на один этаж.

Строповка тюбингов шахты выполняется четырехветвьевым стропом или специальной траверсой. Объемное машинное помещение стропится за плиту перекрытия шахты через отверстия в его потолочном перекрытии четырехветвьевым стропом.

Для опирания тюбинга на тюбинг выкладывается слой раствора по всему периметру с толщиной шва в пределах 20 – 25 мм. При их установке используются фиксаторы (рис.13.12).

Последовательность монтажа обычно следующая. Устанавливаются гайки фиксаторов нижнего тюбинга на одинаковую высоту (50 мм). Затем надеваются на фиксаторы металлические и пластмассовые шайбы, после чего проверяются по чертежу обеспечение зазора между тюбингами (20 мм) и совпадение отметки проема двери верхнего тюбинга с отметкой площадки этажа. При необходимости поднимают или опускают гайки фиксаторов. Подается верхний тюбинг в зону монтажа и по периметру верхнего торца нижнего тюбинга кладется раствор. Выровняв верхний тюбинг, визуально, по наружным плоскостям, опускают его до упора на фиксаторы и снимают стропы. Далее с кронштейнов направляющих кабины монтируемого тюбинга опускают два отвеса по оси отверстий кронштейна и, вращая поочередно гайки трех фиксаторов на опускание тюбинга, устанавливают его в проектное положение. При этом отклонение отвесов от оси отверстий и вертикальной плоскости уголка кронштейна не должно превышать 1 мм на высоте тюбинга. После этого производится разделка шва между тюбингами. В такой же последовательности устанавливают все тюбинги. Допустимое отклонение ствола шахты от вертикали не должно превышать +30 мм.

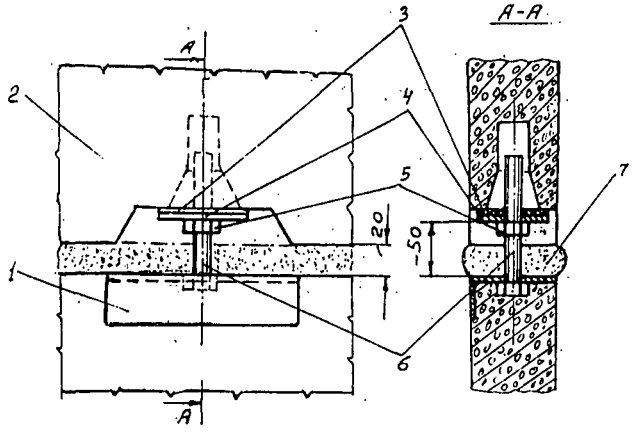


Рис.13.12. Установка тюбинга на фиксаторы
1 – закладная деталь; *2* – тюбинг; *3* – пластмассовая подкладка; *4* – металлическая подкладка; *5* – гайка; *6* – фиксатор; *7* – раствор

Если в тюбинге отсутствуют фиксаторы (например, при наращивании цокольного этажа) его устанавливают на подкладки, без раствора с последующей зачеканкой швов раствором.

Монтаж объемных машинных помещений выполняется после установки верхнего тюбинга шахты и устройства перекрытия верхнего этажа здания в зоне установки машинного помещения. Предварительно на его наружных стенах и верхней части шахты наносятся метки осей шахты и кабины. Крепится машинное помещение к шахте и верхнему перекрытию здания в соответствии с указаниями строительного чертежа.

13.5. Монтаж узлов и деталей механического оборудования лифта

13.5.1. Способы крепления узлов и деталей оборудования лифта к строительным конструкциям шахты и машинного помещения. Узлы и детали лифтового оборудования располагаются в машинном помещении, в шахте, приямке и могут быть установлены на полу или подвешены на стенах. При этом оно должно быть надежно закреплено.

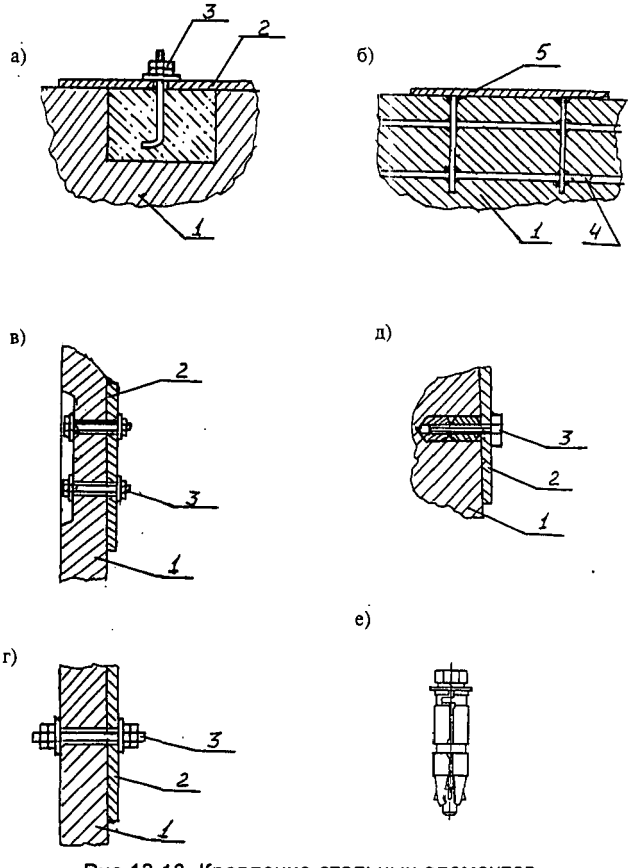


Рис.13.13. Крепление стальных элементов к строительному основанию
а - анкерным болтом; *б* - к закладной детали; *в* - болтами; *г* - шпильками; *д*, *е* - дюбелем с распорной втулкой;
1 - строительное основание; *2* - закрепляемый элемент; *3* - крепежный элемент; *4* - арматура; *5* - закладная деталь

Если для установки оборудования, в качестве базовых, используются металлические конструкции здания или шахты, закрепление на них выполняется приваркой или с использованием болтов и шпилек.

Сложнее решить вопрос закрепления металлических узлов и деталей на бетонных конструкциях. С этой целью используются дополнительные элементы или специальные крепежные узлы (рис.13.13).

Для крепления металлических узлов могут применяться анкерные болты (рис.13.13*а*), устанавливаемые при бетонировании базовой конструкции или в нишах, которые заливаются бетоном при последующей, более точной, установке анкерных болтов. Приме-

ром использования анкерных болтов для крепления лифтового оборудования может служить установка стоек пружинных буферов на тумбах в приямке.

В последнее время для крепления оборудования лифта к бетонным конструкциям шахты и машинного помещения применяются закладные детали (рис.13.13*б*). Они представляют собой металлические пластины или уголки, прилегающие к поверхности бетона. Закреплены они или на приваренных снизу анкерных крюках, или на стержнях, приваренных к внутренней арматуре бетонной конструкции. Располагаются закладные детали в соответствии с проектом, как на стенах, так и на полу шахты, приямка, машинного помещения. Устанавливаются закладные детали перед или во время бетонирования базовой конструкции. Узлы лифтового оборудования или вспомогательные элементы крепятся к закладным деталям сваркой. На закладных деталях закрепляют временно или постоянно многие узлы лифта и монтажного оборудования: кронштейны направляющих, двери шахты, вводное устройство, подмости и т.д.

Если бетонные стенки шахты или машинного помещения имеют небольшую толщину, лифтовое оборудование может крепиться к ним с помощью болтов или шпилек, пропускаемых через отверстия (рис.13.13*в,г*). Примером использования шпилек может служить настенная установка оборудования на кронштейнах в машинном помещении. На болтах крепят кронштейны направляющих в шахте и другие узлы.

При креплении оборудования к бетонным стенам широко используют дюбеля. Дюбеля с распорной втулкой (рис.13.13*д,е*) устанавливаются и работают по следующему принципу: в бетоне сверлится отверстие диаметром и глубиной, соответствующее по ГОСТу данному диаметру дюбельного болта; в него закладывается распорная втулка; втулка имеет продольный разрез, хвостовые упорные клинья и внутреннюю резьбу, в которую затем будет ввернут дюбельный болт; диаметр этой резьбы несколько меньше диаметра болта и, когда он в нее вворачивается, втулка расширяется и распирается в стенки отверстия, при этом она прочно закрепляется, как телом втулки, так и хвостовыми клиньями. Примером использования дюбелей с распорной втулкой может служить крепление с их помощью кронштейнов направляющих.

Узлы и элементы лифта, не подверженные динамическим нагрузкам, могут крепиться к бетонным стенам с помощью забиваемых дюбелей. Забиваются дюбеля в стены специальным дюбельным пистолетом. Конструкции пристреливаемых дюбелей-гвоздей и дюбелей-винтов, рассмотрены выше в разделе «Механизированный инструмент». Применяются такие дюбеля для крепления скоб, на которых устанавливают элементы электропроводки в шахте и машинном помещении и т. п.

Оборудование, которое располагается на полу в приямке или в машинном помещении часто крепится к бетонному основанию заливкой чистого пола. При этом, обычно, к нижней части узла лифта или его опоре приваривается отрезок уголка или швеллера, длина которого несколько больше длины опоры в нижней части. Используется также резьбовое крепление между низом узла и дополнительным опорным элементом. Узел с увеличенной опорой выставляется в проектное положение на черный пол (плиты перекрытий) и заливается раствором при покрытии последнего чистым полом. Примером такого крепления оборудования лифта может служить установка стойки пружинного буфера под противовес, закрепление опоры ограничителя скорости, установка НКУ и т.п.

13.5.2. Установка кронштейнов крепления направляющих кабины и противовеса. Кронштейны для крепления направляющих кабины и противовеса могут крепиться к конструкции шахты приваркой (к ригелям металлического каркаса шахты и к закладным деталям), на болтах или дюбелях с распорной втулкой.

Установку кронштейнов производят с помощью специального кондуктора или по отвесам.

Конструкция кондуктора может быть разной, в зависимости от типа лифта и особенностей расположения узлов последнего (рис.13.14). С помощью кондуктора вывешивается внешняя вертикальная плоскость верхнего уголка кронштейна в фиксированное положение до закрепления самого кронштейна на стене шахты.

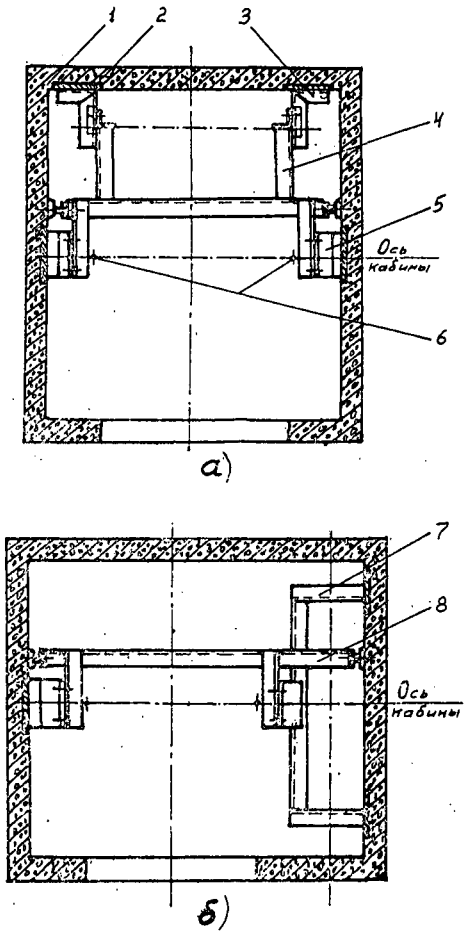


Рис.13.14. Кондукторы для установки кронштейнов направляющих

а – при заднем расположении противовеса; *б* – при боковом расположении противовеса; *1* – шахта лифта; *2* – закладная деталь; *3* – кронштейн направляющих противовеса; *4* – кондуктор; *5* – кронштейн направляющих кабины; *6* – отвесы; *7* – кронштейн крепления направляющих кабины и противовеса; *8* – кондуктор установки кронштейнов направляющих кабины

Кондуктор представляет собой балку, которая распирается в стены шахты с помощью винтовых опор. На балке, перпендикулярно к ней приварены четыре консоли: две для крепления кронштейнов кабины, две – для кронштейнов противовеса. Консоли выполнены из уголков, вертикальные полки которых направлены вверх и проходят с наружной стороны. В этих полках сделаны по два отверстия, диаметр и расположение которых соответствуют размерам отверстий в верхних уголках кронштейнов. Строго посередине между центрами отверстий на консолях для направляющих кабины нанесены риски. Чтобы совместить кондуктор с продольной и поперечной осями кабины, используют шаблон и подвешенные к нему два отвеса. Шаблон устанавливается на верху шахты на ее торце или распором в стены. Отвесы закрепляют таким образом, чтобы линия их расположения соответствовала поперечной оси кабины, а середина расстояния между ними – продольной.

Если риски на полках кондуктора совместятся по отвесам с поперечной осью кабины и расстояние от консолей до продольной ее оси будет строго одинаковым, то внешние полки консолей займут положение, соответствующее проектному положению поверхности основания направляющих, а отверстия в них – проектному положению

болтов зажимов направляющих. То есть, закрепленные предварительно на консолях кронштейны займут соответствующее им проектное положение. Установка в проектное положение кронштейнов направляющих противовеса обеспечивается соответствующими размерами консолей для их крепления.

Монтаж кронштейнов крепления направляющих с помощью кондуктора осуществляется следующим образом: наверху шахты устанавливается шаблон с отвесами; на кондукторе, с помощью болтов, закрепляются кронштейны направляющих кабины и противовеса; на высотной отметке установки кронштейнов распором винтовых опор закрепляется кондуктор; его положение проверяется уровнем и совпадением линии рисок с линией отвесов; вворачивая и выворачивая винтовые опоры добиваются положения, когда расстояния между полками консолей и отвесами с обеих сторон будет одинаковым; ослабляют затяжку внутренних болтов кронштейнов; прижимают нижние уголки кронштейнов к закладным деталям и приваривают; затягивают внутренние болты кронштейнов; отсоединяют кронштейны от кондукторов. Такие операции выполняются последовательно на всех уровнях установки кронштейнов.

При закреплении кронштейнов на дюбелях с распорной втулкой после выверки положения кондуктора и прижатия нижнего опорного уголка к стене, производят разметку для сверления отверстий под дюбель.

При отсутствии специального кондуктора установку кронштейнов производят по отвесам. Для чего под верхним кронштейном устанавливают шаблон, на котором крестовыми рисками обозначены вертикальные оси проектного положения центров отверстий для крепления зажимов направляющих (рис.13.15). По этим рискам с помощью двух отвесов выводится в проектное положение верхний уголок закрепленного на стене и расположенного выше кронштейна. Центры отверстий удобнее фиксировать заранее, нанесенными на всех кронштейнах вертикальными рисками. После проверки положения верхнего кронштейна на нем закрепляются отвесы, проходящие по всей высоте шахты. По этим отвесам выставляется самый нижний кронштейн. В отверстиях нижнего кронштейна устанавливаются болты с косопрорезанным пазом (рис.13.15), узел *К*, позволяющие закрепить отвесы от раскачивания. Остальные кронштейны выставляются по этим отвесам.

Кронштейны должны быть установлены на определенных высотных отметках согласно проекту и горизонтально при допускаемых отклонениях: по горизонтали – 1 мм по длине

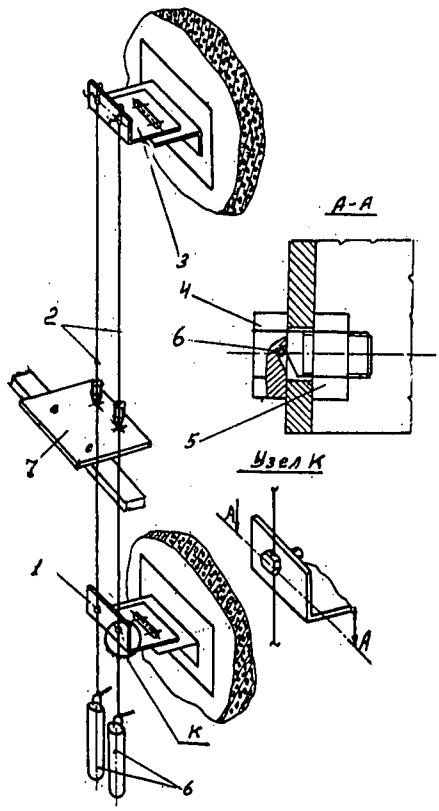


Рис.13.15. Установка кронштейнов направляющих по отвесам
1 – нижний кронштейн; *2* – короткие отвесы; *3* – верхний кронштейн; *4* – болт фиксатор; *5* – гайка; *6* – основные отвесы; *7* – шаблон

кронштейна, а выход любого кронштейна из плоскости установки всех четырех кронштейнов не более 30 мм.

При монтаже направляющих в «нитку» (см. ниже) допускается производить установку кронштейнов путем предварительного их закрепления на направляющих. После регулировки по проектному положению «нитки» направляющих нижние уголки кронштейнов выдвигаются к закладной детали и привариваются.

13.5.3. Монтаж направляющих кабины и противовеса. Перед началом монтажа направляющих их осматривают с целью выявления транспортных повреждений, особенно на рабочих поверхностях. Проверяется также возможный прогиб отрезков направляющих. Стрела прогиба в вертикальной плоскости не должна превышать 1 мм на 1 м длины и не более 2,5 мм на 5 м, в горизонтальной – 0,5 мм на 1 м и не более 2 мм на 5 м. Скручивание направляющих не допускается. Замер стрелы прогиба производится с помощью струны натянутой по концам отрезка. В случае необходимости отрезки направляющих правят струбцинами.

Монтаж направляющих осуществляется строительным краном или монтажными лебедками. Метод монтажа краном называется монтаж в «нитку».

Перед началом монтажа краном пакеты направляющих кабины и противовеса доставляются на крышу здания. Отрезки направляющих раскладываются по «ниткам» в порядке монтажа и к их верхним концам прикрепляют стыковочные планки. Если высота подъема крюка крана позволяет производить монтаж направляющих по два отрезка, то их предварительно состыковывают.

На торцы стен шахты устанавливают монтажную балку (рис.13.16) в положение для монтажа направляющих кабины или противовеса. Свободный проем шахты закрывается щитами.

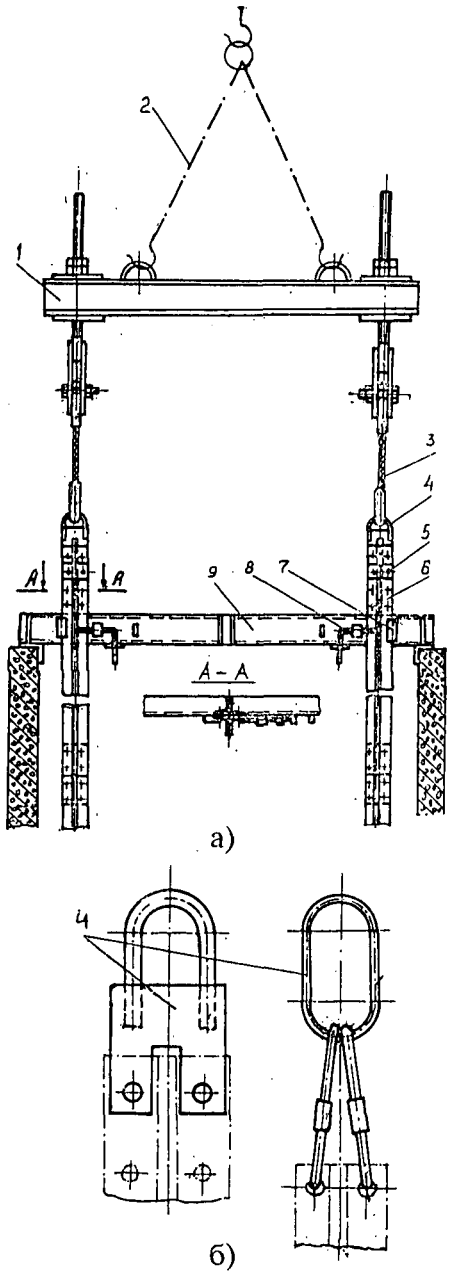


Рис.13.16. Сборка направляющих краном в «нитку»

а – закрепление «нитки» на монтажной балке; *б* – варианты захватов; *1* – траверса; *2* – строп крана; *3* – строп траверсы; *4* – захват; *5* – стыковочная планка; *6* – направляющая; *7* – упор; *8* – запор; *9* – монтажная балка

Размеры монтажной балки выбираются по размерам шахты и проектным положениям направляющих после монтажа. Она изготавливается из отрезка швеллера с опорами, которые представляют собой уголки с полками, направленными вниз. Расстояние по нижним полкам опорных уголков соответствует внутреннему размеру ширины шахты и позволяет фиксировать монтажную балку на торцах стен. На вертикальной стенке швеллера, с обратной к полкам стороны, устанавливаются упоры и запоры. Они служат для фиксации в прижатом к балке положении основания профиля направляющих.

При одновременном монтаже двух «ниток» используется траверса. На концах траверсы установлены винтовые тяги, с подвешенными на них стропами с крюками. Если монтируется только одна «нитка», траверса не используется.

При сборке направляющих в «нитку» выполняются следующие операции: захваты прикрепляются к стыковочным планкам нижних отрезков направляющих и навешиваются на крюки траверсы или на крюк крана, при монтаже одной «нитки»; краном направляющие поднимаются и их концы подводятся к монтажной балке; направляющие опускаются в шахту так, чтобы нижние торцы стыковочных планок оперлись на балку; основания профиля направляющих заводятся в пазы упоров и запоры закрываются; захваты отсоединяются от стыковочных планок первых отрезков направляющих и закрепляются на следующей паре, их поднимают краном, подводят нижними торцами к первой паре, висящей на монтажной балке, и стыкуют с ней; открывают запоры и приподнимают собранные вместе отрезки на 200 - 300 мм, выводя их основания из упоров; собранные части «ниток» опускаются в шахту до опирания на планки вторых отрезков и фиксируются в упорах запорами; далее последовательно собираются в «нитки» все отрезки направляющих, за исключением верхних.

При установке пружинных буферов на нижних отрезках направляющих их монтаж выполняется после сборки всей «нитки», но до ее опускания в приямок, т.е. когда «нитка» висит на монтажной балке без верхних отрезков.

Верхние отрезки не стыкуются с ниткой потому, что отрегулировать краном точность установки «нитки» направляющих по высотным отметкам достаточно трудно и может произойти «тычок» низа «нитки» в пол приямка. Чтобы этого не произошло, траверса вместе с собранными «нитками» устанавливается на торцы стен шахты с помощью поперечных подкладных отрезков швеллеров или двутавров. Монтажная балка предварительно убирается. Высотная регулировка положения «ниток» выполняется с помощью винтовых тяг и позволяет обеспечить плавность их опускания и достаточную точность.

После регулировки положения «нитки» по высоте, направляющие закрепляются на всех кронштейнах. Траверса убирается и к «нитке» пристыковываются верхние отрезки.

Положение направляющих определяется следующими допускаемыми отклонениями: отклонение от вертикали - не более 1/5000 на высоту до 50 м и не более 10 мм при высоте более 50 м; расстояние по штихмассу - допуск ±2 мм; отклонение боковых рабочих плоскостей противоположных направляющих - не более 0,5 мм на высоту боковой рабочей части направляющей.

Предельное смещение кромок рабочих поверхностей направляющих в месте стыка не должно превышать 0,25 мм. При превышении этого значения выступающие кромки зачищаются заподлицо шлифовальной машинкой на длине не менее 100 мм.

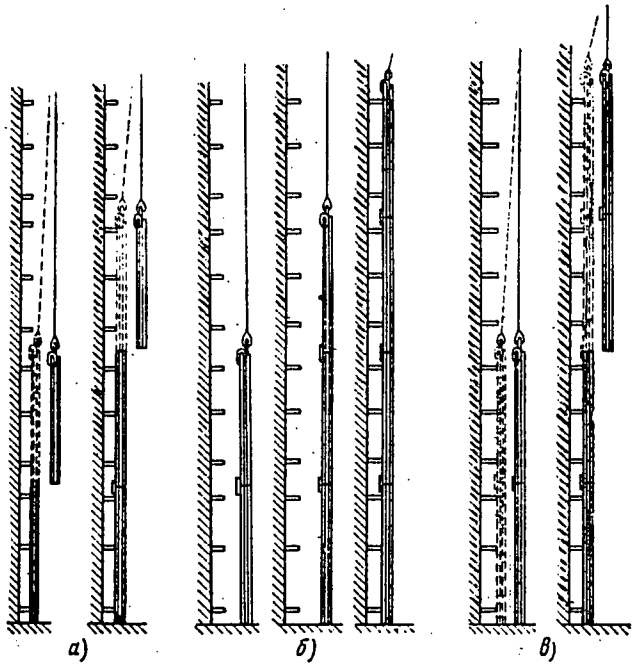


Рис.13.17. Монтаж направляющих лебедками
а - наращиванием; *б* - подращиванием;
в - комбинированный способ

При перекрытой шахте монтажные лебедки устанавливаются на площадках остановок или в машинном помещении согласно схемам, приведенным на рис.13.8. Направляющие блоки закрепляются на перекрытии шахты или на специально устанавливаемой монтажной балке таким образом, чтобы сходящая с него вниз ветвь каната совпадала с осью монтажа направляющих.

Монтаж лебедками может вестись тремя способами (рис.13.17). Способ наращивания используется при небольшой высоте шахты или при наличии монтажной лебедки небольшой грузоподъемности. При этом способе монтаж производится поэлементно, начиная с установки и закрепления на кронштейнах нижнего отрезка направляющих. Затем последовательно устанавливаются по одному все остальные отрезки. Способ подращивания, или монтаж в «нитку», используется при большой высоте шахты и наличии лебедки большой грузоподъемности. При этом способе на крюк лебедки вывешивается верхний отрезок направляющих, который поднимается на высоту самого отрезка. К нему снизу подводится и присоединяется второй сверху отрезок. Таким же образом монтируется третий и т.д., пока вся «нитка» не будет собрана. Затем «нитка» подводится к кронштейнам и закрепляется на них. Если высота шахты большая, но грузоподъемность лебедки недостаточна, чтобы поднять массу всей «нитки», применяется комбинированный способ. При его использовании подращиванием собирается та часть «нитки», массу которой может поднять лебедка. Эта часть «нитки» подводится к кронштейнам и закрепляется на них. Затем подращиванием собирается следующая часть «нитки», устанавливается на кронштейны и т.д.

При замене лифта с помощью монтажных лебедок демонтаж и монтаж направляющих производится аналогично. Перед началом демонтажа кабина и противовес должны быть разобраны. Демонтаж выполняется в обратном монтажу порядке.

При изменении модели лифта в процессе его замены могут несколько изменятся и его габариты. При этом изменение габаритов кабины и противовеса приводит к изменению размеров установки направляющих по штихмассу.

Изменение этого расстояния не влияет на технологию демонтажа и монтажа направляющих, если их замена выполняется монтажными лебедками, т.к. они осуществляются после разборки кабины и противовеса. Вместе с направляющими производят замену или перерегулировку их кронштейнов.

Но изменение расстояния по штихмассу существенно сказывается на технологии замены направляющих с кабины старого лифта, т.к. кабина и противовес во время замены направляющих должны перемещаться по всей высоте шахты.

Рассмотрим сначала технологию замены направляющих с кабины старого лифта при неизменном штихмассе. Замена направляющих начинается с демонтажа и монтажа направляющих противовеса. Но этому предшествует замена самого противовеса (см. ниже).

Для замены направляющих противовеса используется монтажная лебедка. Пример ее установки на верхней остановке приведен на рис.13.18. Направляющий блок закрепляется за кронштейны направляющих противовеса таким образом, чтобы при его отклонении под действием результирующего усилия в канатах вертикальная ветвь последнего совпала с осью монтажа направляющих. Установка блока производится с крыши кабины временно располагаемой на высоте 500 мм над уровнем пола верхней остановки.

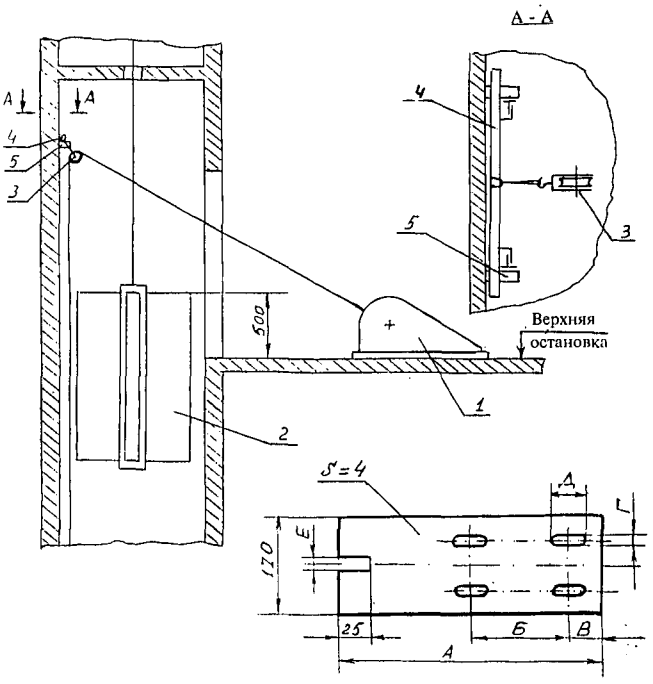


Рис.13.18. Установка монтажного оборудования при замене направляющих противовеса

1 – лебедка; *2* – кабина; *3* – направляющий блок; *4* – монтажная балка; *5* – кронштейны направляющих противовеса. Размеры А,Б,В,Г,Д и Е для временного башмака уточняются по месту установки

Поскольку при замене направляющих противовеса кабина используется, как подвижные подмости, она должна перемещаться по всей высоте шахты. Соответственно, навстречу ей по всей высоте шахты перемещается противовес. Но, если его направляющие демонтированы, он передвигаться не может. Поэтому замену направляющих противовеса проводят в два этапа: сначала заменяют верхние половины «ниток» направляющих противовеса, затем переводят противовес на новые направляющие и заменяют нижние половины «ниток». При монтаже верхней половины «нитки» противовес движется по нижней, старой половине, а при монтаже нижней половины – по уже смонтированным новым направляющим.

Технологическая последовательность операций следующая: с крыши кабины на стене шахты яркой краской наносится метка, обозначающая половину высоты подъема кабины; с кабины лифта отсоединяется верхний отрезок направляющих одной «нитки» и вручную подается на площадку верхней остановки; к стыковочной планке второго сверху отрезка крепится захват, навешенный на крюк каната лебедки и канат слегка натягивается; перемещаясь на кабине сверху вниз, демон-

тируемая «нитка» отсоединяется от кронштейнов до метки на середине шахты, и если необходимо, заменяются кронштейны; верхняя половина «нитки» отсоединяется от стыковой планки нижней половины и опускается монтажной лебедкой в приямок; для исключения перемещения кабины принимаются меры безопасности, указанные в разделе «Особенности технологии монтажа при замене лифтов»; с подмостей, временно устанавливаемых на нижней остановке, производится разборка старой «нитки» и сборка, способом подращивания, новой; подается собранная половина «нитки» к месту установки; разблокировывается кабина и тяговые канаты и производится с нее крепление половины «нитки» к кронштейнам.

Аналогично заменяется верхняя половина второй «нитки» направляющих противовеса. После чего производят выверку положения верхней части направляющих на вертикальность и по штихмассу.

Заводка башмаков противовеса на верхнюю половину направляющих выполняется вручную за штурвал привода при выключенном вводном устройстве и контролируется с кабины.

Нижние половины «ниток» заменяются последовательно сначала с одной стороны, затем с другой по технологии схожей с заменой верхних половин «ниток». Только не требуется временная установка подмостей на нижней остановке, т.к. для этого можно использовать кабину.

Если размер по штихмассу вновь устанавливаемых направляющих противовеса больше существующего и имеется возможность полностью смонтировать новые направляющие без снятия старых, то замена начинается с монтажа кронштейнов новых направляющих, а затем и самих направляющих. Кронштейны устанавливаются с кабины лифта с использованием приема выверки их положения по отвесам.

После монтажа новых направляющих производится демонтаж старых и их кронштейнов. Технология демонтажа аналогична описанной при замене направляющих с неизменным штихмассом, но при этом замена противовеса выполняется не перед заменой направляющих, а после нее и при переводе противовеса с нижней половины старых направляющих на верхнюю часть новых используются временные башмаки.

Перевод противовеса со старых направляющих на новые проводится в следующей последовательности. После демонтажа верхних половин «ниток» старых направляющих кабину и противовес устанавливают у отметки, обозначающей середину шахты; при помощи привода, вручную поднимают противовес так, чтобы верхние его башмаки вышли с торцов старых направляющих; отсоединяются от каркаса противовеса верхние штатные башмаки и устанавливаются временные башмаки для вновь установленных направляющих (рис.13.18); вручную, при помощи привода поднимается противовес и производится замена на временные башмаков нижней балки. После перевода противовеса на новые направляющие производится демонтаж нижних половин «ниток» старых направляющих и замена противовеса. Если увеличение расстояния по штихмассу небольшое и для установки новых кронштейнов требуется снятие старых, то замена кронштейнов и самих направляющих осуществляется сначала для верхних половин их «ниток», затем для нижних. При этом технология почти полностью соответствует замене при неизменном штихмассе, за исключением того, что противовес заменяется после замены направляющих и при переводе его со старых направляющих на новые используются временные башмаки. Кроме того, при проверке по отвесам положения кронштейнов с изменением расстояния по штихмассу нижняя половина «нитки» может мешать подвеске отвесов на всю высоту шахты. Поэтому они вывешиваются также только на половину высоты: для верхней по-

ловины по шаблону, для нижней – за последний кронштейн верхней части. При навеске за кронштейн с установленной на нем направляющей струны отвесов закрепляются на болтах прижимов и подводятся к вертикальной поверхности уголка кронштейна. Используется также прием одновременного снятия и установки одного кронштейна. При этом проверка положения нового кронштейна осуществляется по отвесам по выше или ниже расположенному, ранее выверенному, кронштейну. Первый кронштейн устанавливается по шаблону (рис.13.15). При применении этого приема требуется более тщательная выверка положения направляющих после их монтажа, т.к. допускаемая ошибка установки каждого кронштейна может накапливаться.

При замене лифта может возникнуть ситуация, когда размер по штихмассу новых направляющих противовеса меньше старого. В этом случае технология замены соответствует технологии, описанной для замены направляющих с небольшим увеличением размера по штихмассу, но при условии: замена противовеса производится до замены направляющих; на новый противовес устанавливаются временные башмаки, соответствующие размеру старых направляющих и при переводе противовеса со старых направляющих на новые временные башмаки заменяются на штатные.

Направляющие кабины заменяются после замены противовеса и его направляющих.

При неизменном штихмассе демонтаж направляющих производится сверху вниз поэлементно. Монтаж выполняется в обратном порядке. Установка новых кронштейнов может производиться одновременно со снятием старых, при последовательной выверке положения одного по отношению к другому. Но можно производить снятие кронштейнов вместе с направляющими на всю высоту шахты и их совместный последовательный монтаж. В этом случае на верхней остановке временно устанавливаются подмости и шаблон с отвесами на всю высоту шахты. По мере монтажа направляющих длина отвесов укорачивается.

Технологическая последовательность операций следующая (рис.13.19): кабина устанавливается так, чтобы ее потолок был выше на 300–500 мм уровня верхней остановки и блокируется; в приямок шахты заносятся по два нижних отрезка

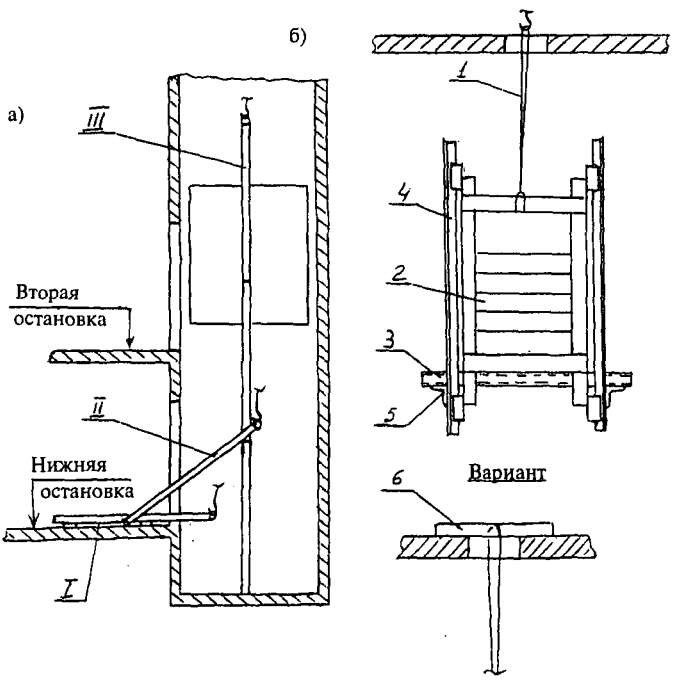


Рис.13.19. Технология замены направляющих кабины
а – замена направляющих; *б* – временная установка противовеса; *1* – кольцевой строп; *2* – противовес; *3* – швеллер; *4* – направляющая противовеса; *5* – кронштейн направляющей; *6* – труба

направляющих каждой «нитки»; нижний отрезок направляющих отсоединяется от нижнего кронштейна; кабина разблокируется и поднимается к верхней остановке; с крыши кабины закрепляют к верхнему концу верхнего отрезка направляющих одной «нитки» захват (при отсутствии отверстий на верхнем конце верхнего отрезка он демонстрируется вручную); натягивают канат монтажной лебедки и, перемещаясь на кабине демонтируют отрезок направляющей; одновременно снимаются или заменяются освобожденные кронштейны; демонтируемый отрезок опускается монтажной лебедкой до уровня нижней остановки, где монтажник крюком, не выходя в шахту, выводит его в дверной проем; аналогичным образом демонтируются все отрезки направляющих и их кронштейны, кроме нижнего отрезка; новые направляющие доставляются на площадку нижней остановки и располагаются в порядке монтажа, на них закрепляются стыковочные планки; выключив вводное устройство, при помощи привода, вручную, кабину сажают на буфера (если буфера закреплены на направляющих, кабина сажается на специально устанавливаемые в приямке упоры); при частично разобранном купе и снятой боковой стенке заменяют нижний отрезок направляющих и их кронштейны, устанавливая снятые отрезки в приямке и используя занесенные туда ранее новые нижние отрезки; закрепляют на втором нижнем отрезке, стоящем в приямке захват и подвешивают его на монтажной лебедке; включают вводное устройство и с кабины выполняют монтаж второго нижнего отрезка; далее монтаж выполняется последовательно с кабины, а для подъема отрезков с нижней остановки монтажник крюком выводит захват с канатом лебедки в дверной проем и закрепляет его на следующем отрезке. Замена второй «нитки» выполняется аналогично.

Замена направляющих кабины при изменении штихмасса является более сложной задачей и ее чаще осуществляют с установкой монтажных подмостей на всех уровнях. Но она может быть выполнена и без установки подмостей.

Технология замены направляющих кабины с изменением штихмасса, в основном, соответствует описанной выше при некоторых отличиях. Демонтаж и монтаж отрезков направляющих и их кронштейнов выполняется сразу для обеих «ниток», что требует одновременной установки двух монтажных лебедок. Демонтаж и монтаж кронштейнов удобнее производить не одновременной заменой, а последовательно, по мере демонтажа и монтажа направляющих. После посадки кабины на буфера или установленные в приямке упоры выполняется разборка и сборка кабины (см. ниже) и заменяются нижние отрезки направляющих, а также оборудование в приямке. При этом перед разборкой кабины выполняются операции демонтажа тяговых канатов, привода лифта, ограничителя скорости с последующим их монтажом. Поэтому противовес должен быть надежно закреплен в верхнем положении. Для этого необходима установка монтажных подмостей на уровне верхней остановки., что выполняется с кабины до начала демонтажа направляющих. Подмости также используются при перевеске направляющего блока одной из монтажных лебедок для разборки и сборки кабины. Для закрепления противовеса перед посадкой кабины на буфера к верхней балке противовеса подвязывается кольцевой строп, второй конец которого крепится к тяговым канатам. Длина стропа должна быть такой, чтобы при посадке кабины на буфера верхний его конец вышел в машинное помещение. После посадки кабины на буфера на КВШ устанавливаются две струбцины, зажимающие на нем канаты, а кольцевой строп подвешивают на ремонтной тали. Одновременной работой тали и штурвала привода лифта приподнимают противовес на 200 - 300 мм и под нижнюю балку противовеса с подмостей

устанавливают упоры и опускают на них противовес. Снимают строп с крюка тали и закрепляют на полу машинного помещения с помощью трубы. При отсутствии в машинном помещении ремонтной тали подъем противовеса выполняют только штурвалом привода. В качестве упора под нижнюю балку противовеса можно использовать кусок швеллера, закрепленный на кронштейнах направляющих противовеса (рис.13.19).

После сборки кабины, замены привода и навески канатов, перед монтажом вторых нижних отрезков направляющих необходимо удалить из приямка ранее установленные подставки и произвести испытание ловителей. Для обеспечения доступа в приямок кабину приподнимают на 1,5 м и блокируют упорными балками под верхнюю балку каркаса кабины. Испытание ловителей проводят с уровня второй остановки.

13.5.4. Монтаж дверей шахты. До начала работ по монтажу дверей направляющие кабины должны быть установлены и выверены, так как они являются измерительной базой для контроля положения дверей шахты.

Если шахта не перекрыта и для доставки дверей можно использовать строительный кран, то пакет комплекта дверей доставляется на крышу здания. Но разноску дверей по этажам краном выполнить затруднительно, так как зазор между монтажными подмостями и стенкой шахты обычно составляет 200 - 250 мм и проход крюковой обоймы на всю глубину шахты потребует высокой точности или, вообще, неосуществим.

Поэтому доставка дверей из пакета в шахту выполняется в два этапа: несколько дверей (обычно 3 - 4 двери) доставляются краном на уровень предпоследней остановки, а затем монтажной лебедкой они разносятся по этажам (рис.13.20). Доставка дверей краном на уровень предпоследней остановки требует снятия подмостей на двух верхних этажах. На предпоследнем уровне вместо подмостей устанавливаются опорные монтажные балки. На верхние торцы стен шахты ставится рама с монтажной лебедкой, канат которой должен совпасть с осью дверных проемов шахты. Установленные на предпоследней остановке двери опускаются на этажи, где временно ставятся на подмости или на специальные крюковые захваты. Далее доставляется новая партия дверей, которые спускаются на нужный этаж. После разноски дверей монтажная лебедка остается на торцах шахты и служит, как грузоподъемное устройство для их вывески перед монтажом.

Разноска по этажам и предмонтажная вывеска дверей блочных конструкций может производиться краном «гирляндой» (рис.13.21). При использовании этого способа на верхнем торце шахты устанавливается монтажная балка, аналогичная описанной ранее при монтаже направляющих краном в «нитку». На ее вертикальной стенке, со стороны противоположной полкам, приварен специальный упор в виде двойного крюка, направленного вверх.

На крюковую обойму крана навешивается кольцо трехветвевого стропа: два стропа для навески двери и третий строп, удлиненный, для подвески на нем следующего кольца с трехветвевым стропом. Длина третьего стропа подбирается таким образом, чтобы высота расположения дверей на стропах соответствовала проектной высоте дверей между двумя этажами.

Технология сборки комплекта дверей в «гирлянду» следующая: на двух стропах кольца подвешивается дверь шахты и поднимается вертикально; на удлиненный строп навешивают новое кольцо с трехветвевым стропом; к этому кольцу стропят вторую дверь (количество дверей навешенных на крюковую обойму крана определя-

ется максимальной высотой ее подъема над зданием); собранная таким образом группа дверей заводится в шахту и за верхнее кольцо вывешивается на монтажной балке; на крюковой обойме собирается следующая группа дверей и подводится к первой; за удлиненный строп нижнего кольца второй группы производят строповку верхнего кольца первой группы; приподнимают краном вновь образованную цепочку из двух групп, выводя кольцо из упора; опускают всю цепочку в шахту и подвешивают ее на монтажной балке; далее производят сборку в «гирлянду» всего комплекта дверей, которая вывешивается на монтажной балке и кран освобождается.

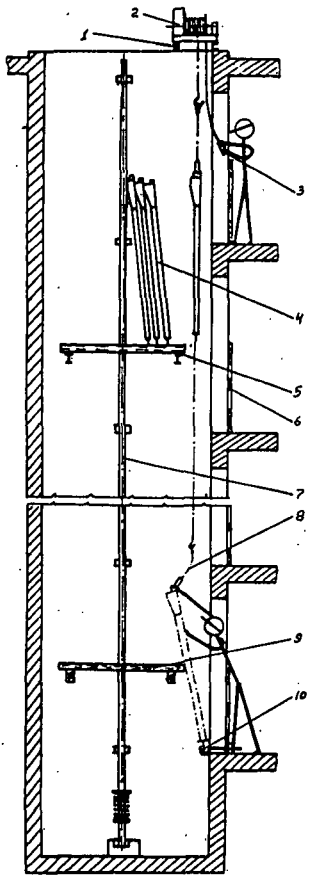


Рис.13.20. Разноска дверей шахты по этажам
1 – рама; *2* – лебедка; *3* – кнопочный пост управления лебедкой; *4* – двери шахты; *5* – балки; *6* – ограждение проема; *7* – направляющая; *8* – строп; *9* – подмости; *10* – захват

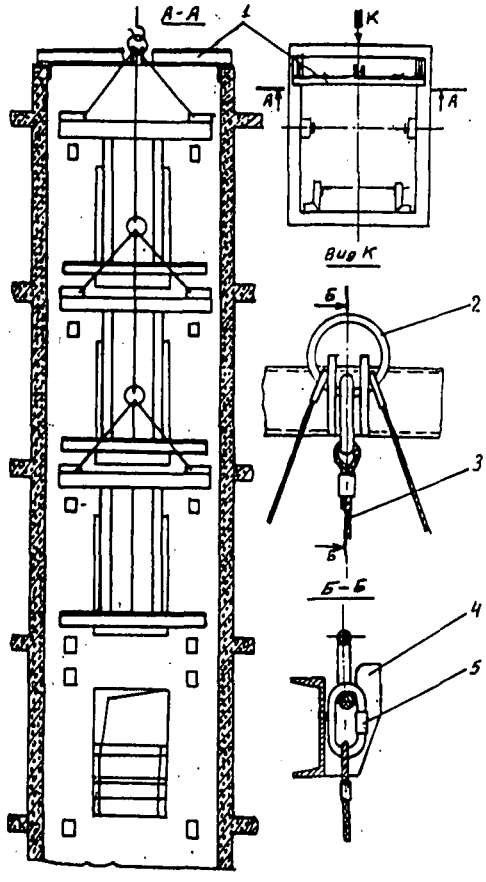


Рис.13.21. Монтаж дверей шахты «гирляндой»
1 – монтажная балка;
2 – кольцо стропов;
3 – строп;
4 – упор с пазом для кольца стропов;
5 – карабин стропа

Вывешенная на монтажной балке «гирлянда» комплекта дверей, к сожалению, не обеспечивает их точного положения в соответствии с проектом, а манипулировать всей «гирляндой» для точной установки каждой двери затруднительно. Поэтому

вывеску одной двери в положение близкое к проектному, с последующей его регулировкой производят дополнительно устанавливаемым на верху шахты грузоподъемным устройством. Чаще всего для этой цели используют монтажную лебедку. С ее помощью нижняя дверь отсоединяется от «гирлянды» и вывешивается для монтажа. Последовательно, снизу вверх выполняется монтаж всех дверей.

При перекрытой шахте доставку дверей на этажи производят через дверной проем нижней остановки с помощью монтажной лебедки. На этой же лебедке дверь вывешивается перед установкой в проектное положение. В особых случаях, если дверь нельзя доставить в шахту в полной заводской готовности, двери разбираются.

Технология монтажа дверей в шахте во многом определяется типом лифта, конструкцией самих дверей и узлов их крепления. Автоматические раздвижные двери пассажирских лифтов крепятся в четырех углах на кронштейнах. При их монтаже используют специальный кондуктор (рис.13.22). Он представляет собой балку с зажимами, которые фиксируют его на направляющих кабины. К балке приварены две консоли из уголков, соединенных между собой поперечным уголком. На нем, перпендикулярно основной балке, по центру расстояния между направляющими приваривается металлическая пластина в форме «язычка». На «язычке» наносится риска. Положение риски соответствует продольной оси кабины при закреплении кондуктора на направляющих. На нижней поверхности уголков консолей приварены упоры, расположенные параллельно поперечной оси кабины. Расстояние от упоров до этой оси, должно соответствовать проектному расстоянию от щели порога дверей до той же оси. Рядом с каждым упором на ребрах, приваренных к консолям, устанавливаются прижимные болты для фиксации порога на упорах.

При монтаже дверей с помощью кондуктора дверь на монтажной лебедке вывешивается в положение близкое к проектному и на направляющие зажимами крепится кондуктор таким образом, чтобы зажимы позволяли ему скользить по направляющим. Створки двери раздвигаются и фиксируются распоркой. На пороге двери наносится метка середины проема; консоли кондуктора накладываются на порог и их упоры заводятся в его щель. Далее совмещают метку середины проема двери с риской «язычка» и прижимные болты упоров затягиваются. Порог двери вместе с кондуктором выводится на уровень чистого пола площадки остановки и проверяется горизонтальность его

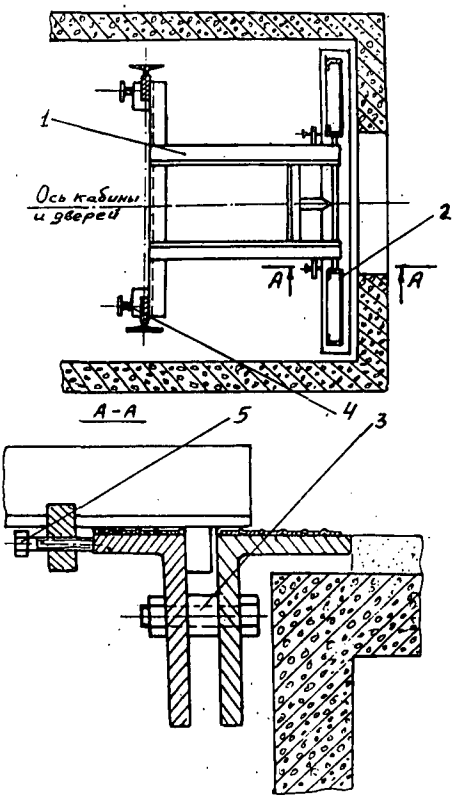


Рис.13.22. Кондуктор для установки порога двери шахты
1 – кондуктор; *2* – створка; *3* – порог двери; *4* – прижим; *5* – болт прижима порога

установки. Затягиваются зажимы кондуктора на направляющих, на верхней балке подвешивают отвес и выводят плоскость двери в вертикальное положение. Затем крепят к углам двери ее опорные кронштейны и привариваются их к закладным деталям.

Применение кондуктора позволяет установить порог двери в проектное положение до его фиксации на кронштейнах. Верх двери выводится в проектное положение по отвесу. Но незакрепленная верхняя часть двери затрудняет ее фиксацию в этом положении. Кроме того, точную регулировку положения порога и кондуктора по уровню чистого пола и на горизонтальность выполнить монтажной лебедкой тоже трудно. Поэтому на практике чаще сначала делается предварительная регулировка лебедкой, затем привариваются верхние кронштейны, после чего окончательная регулировка выполняется упорными болтами подвески за верхние кронштейны.

После окончания монтажа дверей проверяется правильность их установки. Отклонения не должны превышать: порогов от горизонтали - 2 мм; порогов и верхней балки от оси направляющих - 2 мм; створок от вертикали - 2 мм.

Регулировка замков дверей производится в процессе пусконаладочных работ.

Монтаж распашных дверей шахты начинают с выверки каркаса дверного проема. Каркас должен быть установлен вертикально по отвесам с отклонением не более 2 мм по высоте двери. Допустимая разница диагоналей не должна превышать 3 мм.

Каркасы дверей выставляются по отвесам, спущенным на всю высоту шахты, или по направляющим с помощью кондуктора, аналогично описанному ранее. Крепятся они к металлическому каркасу шахты или к стенам шахты на закладные детали. Если для крепления каркасов оставляются ниши, то выверенный каркас надежно закрепляют в проектном положении рейками, расклинками и распорками. Рейки в свою очередь крепят к подмостям или распертым в шахте доскам. После фиксации каркаса он заливается раствором.

При навеске створок допускаются зазоры, в мм: между створкой двери и стойкой каркаса - 5, между створками двух- и многостворчатых дверей - 5, между створками и низом каркаса - 8 (для пассажирских) и 12 (для грузовых), между створками и верхом каркаса - 3.

При монтаже грузовых лифтов створки дверей шахты снимаются и нумеруются. Монтажной лебедкой порталы и створки разносятся по этажам, где складируются на площадках остановки.

Способы крепления порталов дверей грузового или больничного лифта на стенах шахты на нижних, средних и верхних кронштейнах показаны на рис.13.23. При креплении портала первыми тремя способами его монтаж проводится с помощью кондуктора, устанавливаемого на уровне порога по методике, описанной ранее для пассажирского лифта. После выверки порога каркаса он закрепляется на нижних кронштейнах, а кондуктор переставляется на уровень верхней обвязки портала. После выверки положения верхней обвязки, портал закрепляется на верхних и средних кронштейнах. При креплении кронштейнов в ниши с последующей заделкой бетоном используются два кондуктора: на уровне порога и на уровне верхней обвязки. После установки порталов навешиваются створки дверей. Допуски отклонений при монтаже дверей грузового лифта соответствуют допускам для пассажирских лифтов.

Монтаж дверей шахты грузовых и больничных лифтов допускается выполнять с каркаса кабины с установленным полом и задействованной системой ловителей. И хотя для выполнения этой операции требуется предварительное снятие подмостей, такая технология оправдана тем, что исключает необходимость применения монтажной лебедки. Перед началом монтажа дверей с каркаса кабины проводится подготовка лифта, описанная в разделе замены лифта с кабины действующего лифта. Но при монтаже дверей с каркаса кабины противовес загружается грузами таким образом, чтобы его масса соответствовала массе каркаса плюс половина массы дверей и двух монтажников. Для вывески дверей шахты в положение, близкое к проектному, на каркасе кабины устанавливается консоль с ручной талью (рис.13.24). Монтаж выполняется в последовательности сверху вниз. Двери заносятся в шахту на нижней остановке, вывешиваются на тали и кабиной доставляются к месту установки. Технология их монтажа соответствует описанной ранее.

При замене лифтов с использованием монтажных лебедок, монтаж дверей выполняется с подмостей по описанной выше технологии. Замена дверей с кабины действующего лифта проводится с помощью монтажной лебедки с крыши кабины, начиная с уровня остановки второго этажа. Замена дверей на первой остановке произ-

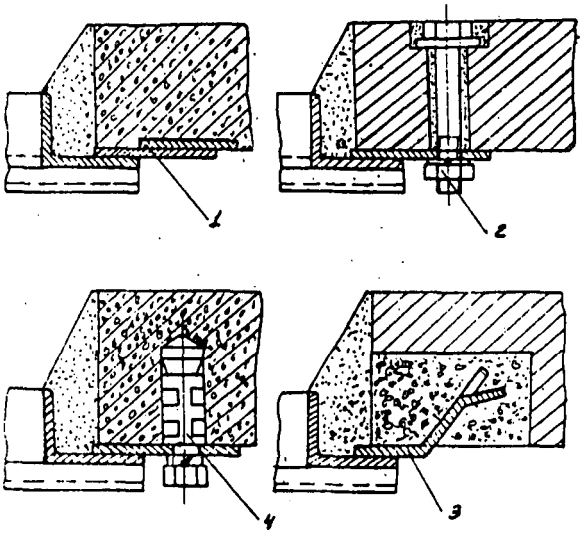


Рис.13.23. Крепление дверей шахты грузовых лифтов *1* – к закладной детали; *2* – на болтах; *3* – в ниши с заделкой бетоном; *4* – на дюбелях с распорной муфтой

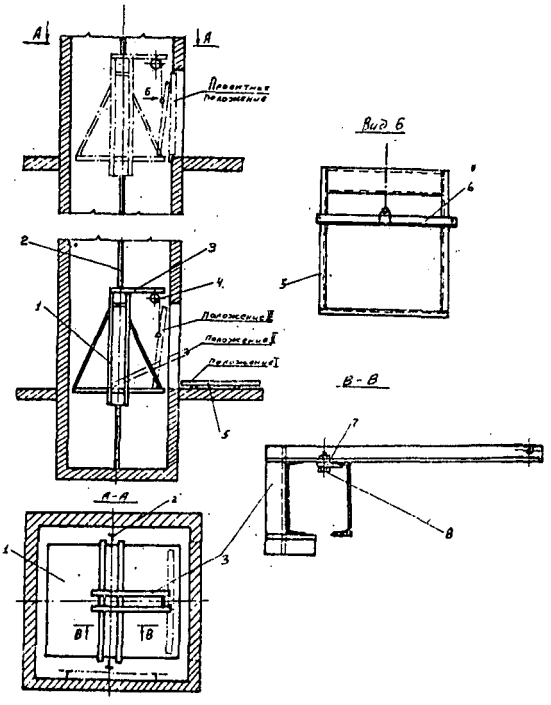


Рис.13.24. Монтаж дверей шахты с каркаса кабины *1* – каркас кабины с полом; *2* – направляющая; *3* – приспособление для монтажа дверей; *4* – грузоподъемное устройство; *5* – портал двери шахты; *6* – траверса; *7* – прижим; *8* – болт, гайка, шайба

водится из приямка после блокировки кабины. При замене дверей грузовых и больничных лифтов их демонтаж и монтаж может выполняться с каркаса кабины.

В случаях, когда доставку дверей в шахту в полной заводской готовности произвести невозможно, они разбираются на створки, верхнюю балку, порог и стояки. После доставки в шахту, двери собираются и одновременно монтируются.

При монтаже дверей пассажирских лифтов для опирания отдельных узлов во время сборки используют уже установленные кронштейны. Сначала на них навешивают порог, который выставляют с помощью кондуктора. К порогу болтами крепятся стояки, положение которых проверяется на вертикальность. Верхняя балка закрепляется на верхних кронштейнах и стояках без затяжки болтов. Затем производят выверку положения верхней балки по отношению к порогу и на горизонтальность. Проверяется также вертикальность линеек и угол их рабочего наклона. Допустимое отклонение от горизонтальной плоскости для балки определяется допуском 1 мм на 1 м длины. Вертикальность линейки должна быть в пределах 0,5 мм на 100 мм высоты. Для проверки вертикальности линейки удобнее использовать специальную скобу с отвесом (рис.13.25). Угол наклона линеек проверяется с помощью уровня с микрометрическим устройством или угломером с отвесом.

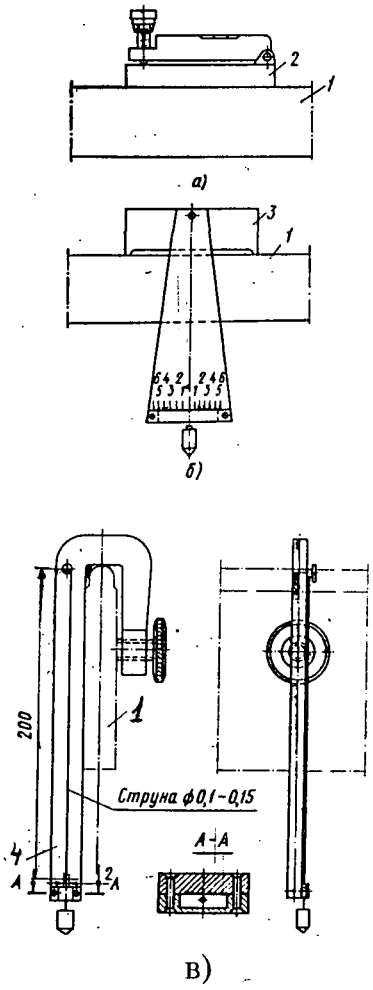


Рис.13.25. Проверка положения линеек *а* - уровнем с микрометрическим устройством; *б* - угломером с отвесом; *в* - скобой с отвесом; *1* - линейка; *2* - уровень с микрометром; *3* - угломер с отвесом; *4* - скоба с отвесом

По отношению к порогу верхняя балка должна быть сцентрирована по оси проема и находиться в одной с ним вертикальной плоскости. Такая проверка выполняется с помощью отвесов. Сначала с середины пролета балки вывешивается отвес на риску середины порога, затем по концам балки вывешиваются два отвеса с линейки. Замеры от отвесов до края паза порога со стороны шахты должны соответствовать проектным размерам с допуском 1 мм.

Сборка дверей грузовых и больничных лифтов начинается с временного закрепления на кронштейнах стояков, установки на них без затяжки болтов порога и выверки его положения по кондуктору. Затем проверяют вертикальность стояков, затягивают болты соединения с порогом и окончательно крепят на кронштейнах. На стояки навешивается верхняя балка и производится выверка ее положения.

Когда выверка, для всех типов лифтов, положения верхней балки закончена, производят навеску створок. Они подвешиваются на каретки с помощью болтов или шпилек. Башмаки, входящие в порог, перед навеской створок

снимают, а после навески заводят в паз порога, подводят к низу створок и закрепляют. Башмаки должны свободно, без заедания перемещаться по пазу, при этом заход крайнего башмака в паз порога при полностью открытых створках должен быть не менее 6 мм. Нижние торцевые поверхности створок должны быть параллельны порогу. Лицевые поверхности створок должны лежать в одной вертикальной плоскости, с допуском 2 мм. Регулировка положения створок, выполняется за счет овальных отверстий в каретках в местах крепления створок.

Проверяется также плотность прилегания створок одной к другой. Зазоры между створками в отдельных местах допускаются не более 2 мм, зазор между порогом и нижним торцом створок должен быть равен 5 мм с допуском ±1 мм, зазор между обрамлением дверного проема и створкой должен находиться в пределах 2 - 5 мм. При приложении к нижней части створок нагрузки 50 Н они не должны раздвигаться больше чем на 15 мм. Если образующийся зазор превышает указанное значение, необходимо проверить зазор между линейкой и контрроликами кареток. Его значение не должно превышать 0,2 мм. Регулировка выполняется поворотом на эксцентричной оси после ослабления контргайки.

После окончания сборки дверей необходимо проверить усилие их открывания. Оно не должно превышать 35 - 40 Н. Закрывание дверей должно быть свободным, без приложения усилия. Если положение верхней балки и линеек отрегулировано правильно, но усилие открывания дверей выше нормы, необходимо прочистить и смазать подшипники, а также проверить не задевают ли подвижные части узлов дверей за неподвижные.

При закрытии створок дверей контакт выключателя двери шахты должен быть надежно замкнут. Необходимо обеспечить его срабатывание при открытии створки на 5–7 мм. При закрытых створках шток выключателя должен иметь запас хода 1–1,5 мм. Регулировка замков дверей шахты приведена в разделе «Эксплуатация лифтов».

13.5.5. Монтаж обрамлений дверных проемов. Способы монтажа обрамлений дверных проемов зависят от конструкции лифта и самих обрамлений.

На рис.13.26*а* показана конструкция обрамления с креплением на портале двери шахты прижимом. Оно представляет собой Г-образную балку, которая устанавливается с наружной стороны проема малой полкой. Большая полка обрамляет торцевую часть стены проема, а ее конец вставляется между стояком двери и прижимом. Затяжка винтов прижимов через отверстия в стояке, за счет создаваемого момента, прижимает малую полку к стене снаружи проема и фиксирует обрамление, как на стене, так и на стояке двери шахты.

Обрамление такого типа устанавливается после регулировки положения дверей шахты. Перед его установкой ослабляется затяжка винтов прижимов. Само обрамление не требует выверки его положения, так как оно автоматически устанавливается по двери шахты и наружной поверхности стены проема.

Обрамление, закрепляемое на закладных деталях, состоит из двух частей (наличника и рамы), входящих одна в другую и стягиваемых по толщине торца стены винтами (рис.13.26*б*). Перед его установкой под винты на раме подкладываются стальные полосы толщиной 4 - 5 мм с отверстиями 10 мм. Обе части обрамления раздвигаются на винтах таким образом, чтобы между рамой и стеной со стороны шахты был зазор 10–15 мм. Обрамление надевается на стены проема и винты затягиваются таким образом, чтобы само обрамление держалось на стене, но могло сдвигаться по ней. В таком состоянии выполняется регулировка положения обрамления относительно порога двери по уровню и по соосности обрамления

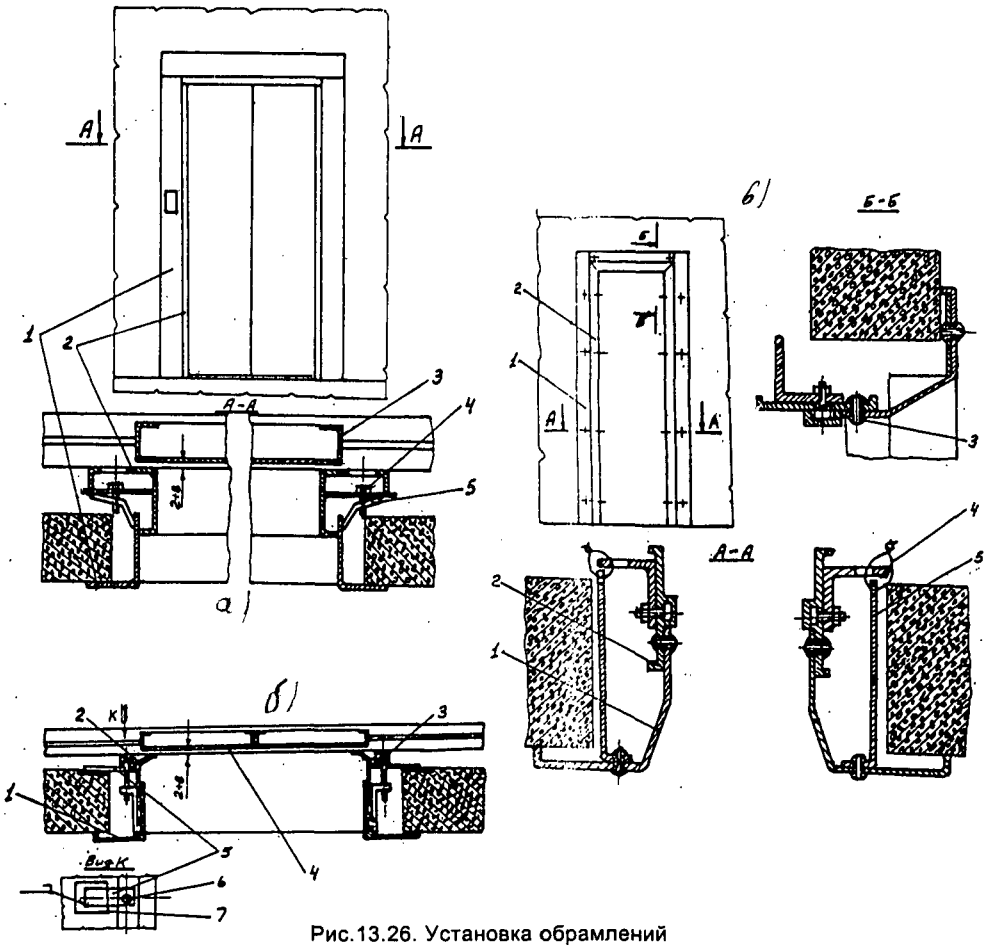


Рис.13.26. Установка обрамлений

а - обрамление двери шахты прижимом к стояку портала; *1* - обрамление; *2* - портал двери; *3* - створка двери; *4* - винт; *5* - прижим; *б* - обрамление двери шахты на закладных деталях; *1* - наличник; *2* - рама; *3* - винт; *4* - створка двери; *5* - накладка; *6* - винт крепления накладки к раме; *7* - закладная деталь; *в* - обрамление двери шахты на стояках портала; *1* - обрамление проема двери; *2* - обрамление портала двери; *3* - заклепка; *4* - скрутка из проволоки; *5* - кронштейн крепления обрамления

с дверью шахты. Затем винты обрамления затягиваются, а подкладки из полосы привариваются к закладным деталям.

Стальные обрамления для блочных дверей собираются на заклепках и фиксируются на стояках дверей шахты (рис.13.26*в*). Оно состоит из обрамления проема двери, обрамления портала и кронштейнов. В начале монтажа кронштейны заклепками собираются на стойках обрамления проема. На портале заранее должны быть на болтах установлены элементы обрамления стояков. Обрамление проема с помощью специальных щипцов закрепляется на обрамлении стояков четырьмя заклепками с каждой стороны. Из шахты за кронштейны обрамление подтягивается и прижимается к наружной стене проема и его положение фиксируется проволочной скруткой за стояки портала двери. Горизонтальная часть обрамления собирается на двух заклепках.

13.5.6. Монтаж оборудования приямка. Монтаж оборудования приямка выполняется после установки направляющих кабины и противовеса, которые являются для него измерительной базой, а в ряде случаев, оборудование крепится непосредственно на направляющие. В приямке устанавливаются буфера для кабины и противовеса, натяжное устройство каната ограничителя скорости и, сблокированные на щитке, выключатель, звонок, штепсельная розетка телефонной связи и переключатель. Для скоростных лифтов с высотой подъема более 45 м в приямке также устанавливается натяжное устройство уравновешивающих канатов.

Пружинные буфера под кабину для пассажирских лифтов могут устанавливаться на направляющие при монтаже последних или на специальных бетонных тумбах. Пружинный буфер под противовес устанавливается на полу приямка. Если пружинные буфера под кабину закреплены на направляющих, то они надеваются на нижние их отрезки перед установкой последних.

Для грузовых и некоторых типов пассажирских лифтов пружинные буфера под кабину устанавливаются на бетонных тумбах, в которые заделывается анкерный крюк стойки. Стойка буфера противовеса фиксируется заливкой чистого пола. Кроме того, стойки пружин могут привариваться к закладным деталям, если они предусмотрены.

Перед бетонированием тумб и заливкой чистого пола или приваркой стоек к закладным деталям они должны быть выставлены в проектное положение. Для этой операции используются специальные кондукторы (рис.13.27). В стакан вводится стойка буфера, прижимается фланцем к его нижнему торцу и зажимается проходящим сбоку через стенку стакана болтом. Кондуктор с зажатыми в нем стойками на зажимах крепится к направляющим. При этом проверяется его горизонтальность и проектный размер установки стоек буферов по высоте. В таком положении стойки остаются зафиксированными при бетонировании тумб и заливке чистого пола. Кондукторы снимаются после твердения бетона или после приварки стоек к закладным деталям.

Гидравлические буфера при монтаже скоростных лифтов устанавливаются на специальную раму и монтируются в блоке с ней монтажной лебедкой. Рама выставляется по направляющим с помощью струны и отвесов к центрам буферов и проверяется на горизонтальность. Отклонение буферов от вертикали не должно превышать соотношения 1/1000. После установки буферов следует проверить в них уровень масла и при необходимости долить через воронку с сеткой. Марка масла указывается в заводской инструкции. После монтажа масляные буфера закрываются чехлом.

Натяжное устройство каната ограничителя скорости закрепляют на проектной высоте на одной из направляющих кабины с помощью зажимов. Под его

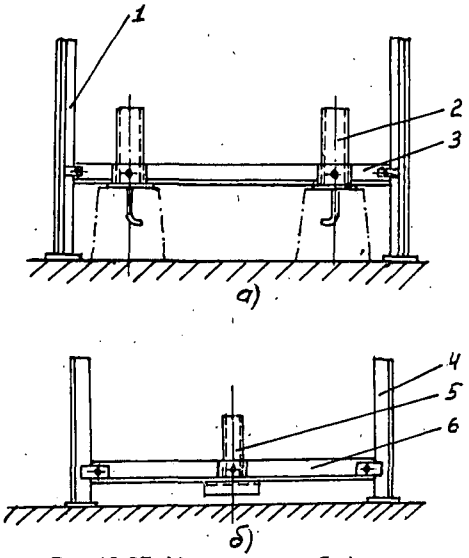


Рис.13.27. Монтаж стоек буферов
а - под кабину; *б* - под противовес; *1* - направляющая кабины; *2* - стойка буфера кабины; *3* - кондуктор; *4* - направляющая противовеса; *5* - стойка буфера противовеса; *6* - кондуктор

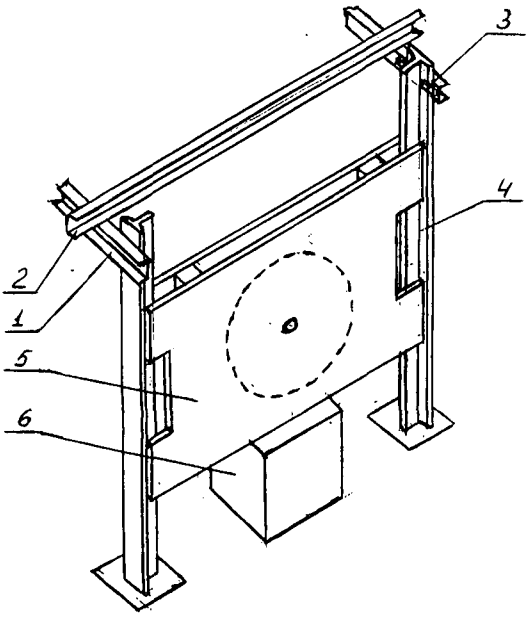


Рис.13.28. Установка натяжного устройства уравновешивающих канатов
1 – кронштейн; *2* – балка рамы масляных буферов; *3* – прижим; *4* – отрезок направляющей; *5* – натяжное устройство; *6* – монтажная подставка

груз устанавливают подставку таким образом, чтобы рычаг кронштейна оставался в горизонтальном положении. После запасовки каната ограничителя скорости подставка убирается. Натяжное устройство компенсирующих канатов чаще всего устанавливается на отрезках направляющих, закрепленных на раме масляных буферов (рис.13.28). При монтаже оборудования приямка под его корпус ставится подставка таким образом, чтобы натяжное устройство было в верхнем положении.

Щиток с электроаппаратурой приямка закрепляется зажимами на направляющей, свободной от натяжного устройства.

13.5.7. Монтаж противовеса. Технология монтажа противовеса во многом определяется состоянием строительной части на момент монтажа и конструкцией лифта. При не перекрытой шахте и машинном помещении противовес в сборе с грузами монтируется строительным краном. Последовательность выполнения операций при этом следующая (рис.13.29): в приямке между направляющими противовеса устанавливается и закрепляется коробчатая подставка, которая может быть надета на буфер противовеса (в случае ее отсутствия устанавливаются деревянные брусья, раскрепляемые досками за направляющие); противовес стропят на крюковой обойме крана специальным стропом с кольцом (аналогичен стропу для монтажа дверей «гирляндой»); постепенно опуская противовес в шахту, заводят нижние и верхние башмаки на направляющие; на верхние торцы стен шахты по оси направляющих противовеса устанавливают специальную балку с прорезью под канат, которую надевают на строп; опускают кольцо стропа до упора на балку; освобождают крюк крана и навешивают на него строп-удлинитель с кольцом (длина стропа-удлинителя должна соответствовать возможной высоте подъема крюка крана над зданием); крюк стропа-удлинителя заводят в кольцо первого стропа; приподнимают противовес и отодвигают балку; опускают противовес на высоту прохода кольца первого стропа в шахту; устанавливают балку в прежнее положение, надевая ее прорезь на канат; опирают кольцо стропа-удлинителя на балку; стропят следующий отрезок стропа-удлинителя. Операции продолжаются, пока рама противовеса не сядет на упор в приямке.

При отсутствии специальных стропов и стропов-удлинителей на уровне последней или предпоследней остановки устанавливается упорная балка. Она может быть поставлена на кронштейны направляющих противовеса, если проведена соответствующая проверка расчетом. На эту балку краном опускается противовес,

башмаки которого последовательно заводятся на направляющие. После расстроповки крюковой обоймы крана на верхнем торце шахты устанавливается монтажная лебедка и с ее помощью противовес опускается в шахту на упор в приямке.

При перекрытой шахте и машинном помещении монтаж противовеса производится через дверной проем на уровне нижней остановки. Как и при монтаже краном, между направляющими устанавливается подставка. Если рама противовеса проходит через дверной проем в сборе, с нее снимают с одной стороны башмаки, лебедкой заводят в шахту и устанавливают на подставку, заведя оставшиеся с одной стороны башмаки на направляющую. Заводят снятые с другой стороны башмаки на противоположную направляющую и закрепляют их на раме. Монтажной лебедкой поднимают раму противовеса на уровень верхней остановки, где устанавливают ее на упорную монтажную балку. Заполнение рамы грузами производится после навески противовеса на тяговые канаты.

Если рама противовеса не проходит в дверной проем, ее разбирают на верхнюю и нижнюю балку и стояки. При необходимости допускается демонтировать и блоки полиспастной подвески. Разобранные узлы в ручную доставляются в шахту. Сборка противовеса производится в приямке на подставке. При креплении верхней балки к стоякам необходимо проверить разность длин диагоналей рамы. Она не должна превышать 5 мм.

Грузы в раму закладываются в соответствии с проектом после ее сборки и навески на тяговые канаты. Они должны плотно прилегать к опорной плите, а также друг к другу.

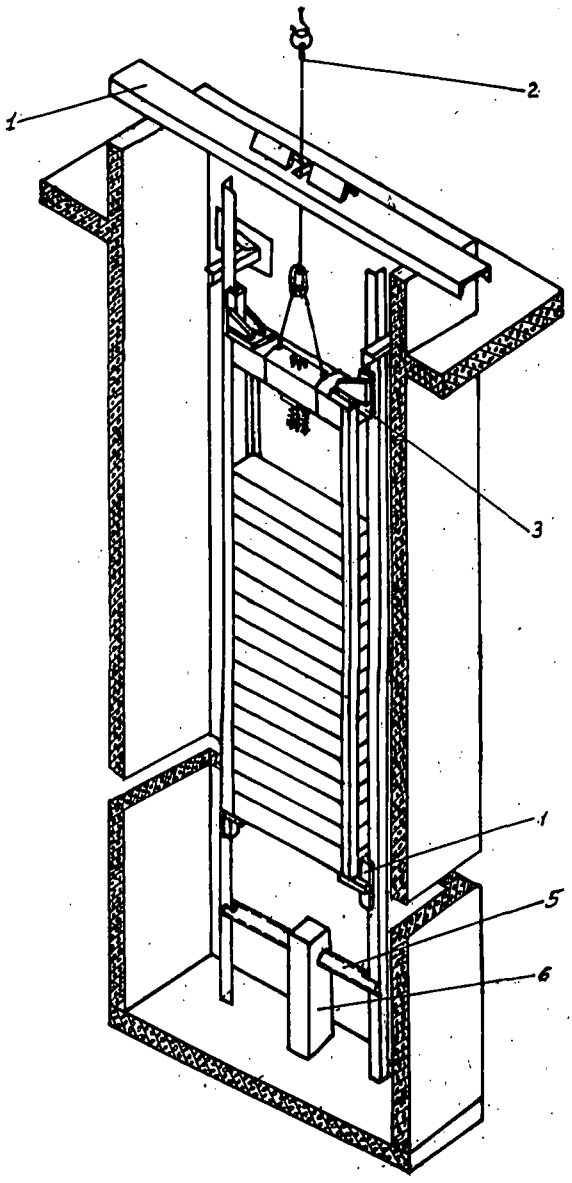


Рис.13.29. Монтаж противовеса краном
1 – монтажная балка; *2* – специальный строп; *3* – верхний башмак; *4* – нижний башмак; *5* – фиксирующая балка; *6* – подставка

Местные зазоры между грузами допускаются не более 5 мм. Непараллельность плоскостей грузов относительно балок противовеса допускается не более 10 мм на длину груза. Смещение грузов в сторону от продольной оси противовеса не должно быть более 5 мм. Железобетонные грузы не должны иметь трещин и сколов.

При тюбинговом методе монтажа противовес в сборе с грузами краном заводится в шахту после установки двух первых тюбингов. В шахте он подвешивается за верхнюю балку на специальном крюке-кронштейне.

При замене лифта монтажными лебедками противовес демонтируется и монтируется на уровне нижней остановки после разборки кабины и доставки лифтового оборудования в машинное помещение. Предварительно кабина спускается вниз и сажается на упоры, размещенные в приямке. С уровня второго этажа по всей шахте устанавливаются подмости. Противовес вручную разгружается и грузы складываются на площадке остановки. На лифтовой лебедке фиксируют две струбцины, прижимающие подъемные канаты к ручьям обода КВШ. Вручную, штурвалом лифтовой лебедки противовес приподнимается на 300 мм над ближайшими снизу кронштейнами направляющих и на них устанавливается упорная монтажная балка. Если кронштейнов направляющих на нужной высоте не оказывается, противовес вывешивается на петлевом стропе и отрезке трубы на полу машинного помещения. Затем от противовеса и кабины отсоединяют тяговые канаты, а противовес с помощью монтажной лебедки опускают в приямок на заранее установленные упоры. Подмости временно убирают из шахты и выполняют демонтаж кабины и противовеса. После доставки оборудования в машинное помещение, подмости снова устанавливают и производят замену направляющих. Противовес собирается на упорах в приямке, поднимается монтажной лебедкой на уровень верхней остановки, где ставится на упорную монтажную балку или подвешивается на петлевом стропе за пол машинного помещения. Далее на уровне первого этажа собирается новая кабина.

При замене лифта с кабины старого действующего лифта демонтаж и монтаж противовеса выполняется также на уровне нижней остановки. Предварительно кабина с частично снятыми панелями купе устанавливается на такой уровень, чтобы ее потолок находился на 500 мм выше площадки верхней остановки. В этом положении она фиксируется на ловителях, а рычаг их привода закрепляется проволокой за вышерасположенный кронштейн направляющих. Под верхнюю балку каркаса кабины подводятся упорные монтажные балки.

На уровне первого этажа в шахте устанавливаются подмости, а на КВШ лифтовой лебедки ставятся две струбцины. Противовес разгружается, приподнимается штурвалом лифтовой лебедки и ставится на упоры. Тяговые канаты отсоединяются и с помощью монтажной лебедки производят замену противовеса.

13.5.8. Монтаж кабины. Кабины пассажирских, грузопассажирских, а также грузовых лифтов грузоподъемностью до 1000 кг, поступают с заводов-изготовителей в полностью собранном виде.

При монтаже строительным краном, кабина подается к месту монтажа со строповкой за проушины на верхней балке или за блок полиспастной подвески. Монтаж кабины начинают с установки в шахте на уровне предпоследней остановки упорных монтажных балок или специальных упоров. Монтажные балки ставятся в ниши для подмостей, на ригели металлического каркаса шахты или кронштейны, приваренные к закладным деталям. В качестве опор могут также использоваться инвентарные подставки (рис.13.30), закрепляемые на направляющих.

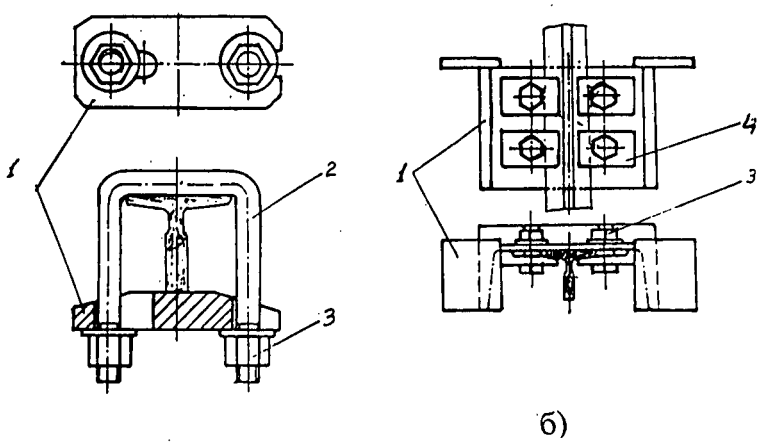


Рис.13.30. Инвентарные подставки под кабину пассажирского лифта
а - на скобе;
б - на прижимах;
1 - подставка;
2 - скоба;
3 - гайка;
4 - прижим

Далее кабина поднимается краном и постепенно опуская ее в шахту, заводят на направляющие сначала нижние, а затем верхние башмаки. Кабина ставится на упоры. После этого, потянув вверх рычаг механизма ловителей, приводят в соприкосновение с направляющими клинья ловителей и привязывают рычаг к вышерасположенному кронштейну направляющих прочной проволокой.

Если к моменту начала работ по монтажу кабины шахта лифта перекрыта и доставка ее в шахту в собранном виде не представляется возможной производится разборка кабины. Разборку выполняют на производственно-комплектовочных базах или на площадках складирования лифтового оборудования. При разборке кабин используются инвентарные лестницы-площадки или устанавливаются временные подмости. Кабина должна быть устойчива, а подмости и лестницы-площадки не должны опираться на ее конструкцию.

Кабину рекомендуется разбирать на следующие узлы и элементы: верхняя балка каркаса; стойки каркаса; створки дверей; балка с приводом дверей; потолок купе; раскладки крепления щитов купе и обрамления дверей; щиты купе; стояки крепления купе; пол; нижняя балка каркаса кабины, если она имеется в конструкции кабины; вертикальные тяги механизма привода ловителей (при нижнем расположении ловителей). Порядок разборки кабины, в основном, соответствует обратному порядку ее сборки.

Сборку кабин пассажирских лифтов производят согласно чертежей заводов-изготовителей. Сборка производится вверху шахты на упорных монтажных балках. При невозможности транспортировки узлов кабины на верхние этажи сборка кабины выполняется внизу. При этом необходимо снять подмости двух нижних остановок и установить на нижнем этаже аналогичные монтажные балки.

На некоторых последних моделях лифтов роль нижней балки каркаса выполняет рама пола. При этом используется верхнее расположение ловителей. В таком случае сборку кабины рекомендуется проводить в следующем порядке: с рамы пола снять один башмак, застропить ее на монтажной лебедке и установить на упорные балки в шахте, заведя оставшийся не снятым башмак на направляющую; завести на противоположную направляющую снятый башмак и закрепить его на раме пола; установить стояки крепления купе, прикрепив их к раме пола; надеть на стояки резиновые прокладки; на раме пола установить в нижнее положение опор-

ные болты крепления щитов купе; на опорные болты установить задний и боковые щиты купе; установить передние щиты и прикрепить их раскладками к стоякам (рис.13.31); установить обрамление дверей; монтажной лебедкой поставить потолок на щиты купе и временно прикрепить его к стоякам купе; с верхней балки снять башмак с одной стороны, монтажной лебедкой через дверной проем подать балку в шахту и завести оставшийся башмак на направляющую; установить снятый башмак с противоположной стороны; балка остается подвешенной на крюке монтажной лебедки; подать в шахту стояки каркаса кабины и закрепить их к верхней балке; опустить с помощью лебедки верхнюю балку до совмещения отверстий стояков каркаса с отверстиями в раме пола и соединить их болтами; прижать клинья ловителей к направляющим, подтянув рычаг их привода до упора вверх и подвязав его проволокой к кронштейну; расстропить верхнюю балку; с помощью опорных болтов рамы пола поднять купе до совмещения отверстий в потолке с отверстиями на стояках каркаса и закрепить потолок болтами к каркасу и стоякам купе.

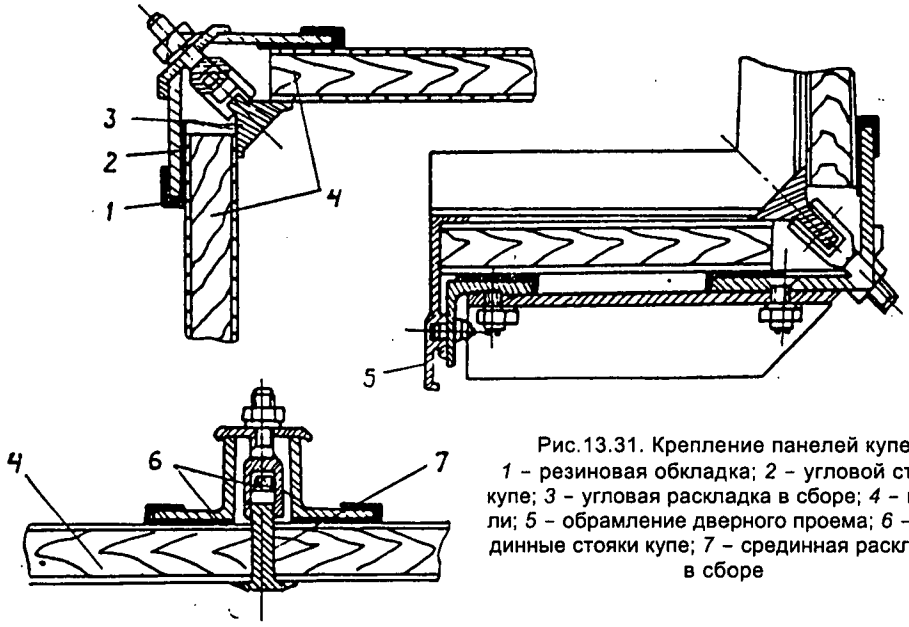


Рис.13.31. Крепление панелей купе
1 – резиновая обкладка; *2* – угловой стояк купе; *3* – угловая раскладка в сборе; *4* – панели; *5* – обрамление дверного проема; *6* – срединные стояки купе; *7* – срединная раскладка в сборе

При наличии в каркасе кабины нижней балки, сборка кабины начинается со сборки каркаса, для чего: нижнюю балку каркаса кабины, с предварительно снятым с одной стороны башмаком, монтажной лебедкой заводят через дверной проем и устанавливают на упоры, заведя башмак с одной стороны на направляющую; прикрепить на нижнюю балку второй башмак, заведя его на направляющую; проверить по уровню горизонтальность установки нижней балки (допускаемое отклонение составляет 1 мм на 1 м длины); установить стояки каркаса и закрепить их на нижней балке; на нижнюю балку установить раму пола и прикрепить ее к стоякам каркаса; снимая и, впоследствии, устанавливая один из башмаков, завести монтажной лебедкой в шахту верхнюю балку каркаса, надеть ее башмаками на направляющие и закрепить на стойках каркаса; установить вертикальные тяги механизма привода ловителей (при их нижнем расположении).

При сборке каркаса необходимо выполнить следующие требования: разность диагоналей внутри каркаса может быть не более 5 мм; стойки должны быть перпендикулярны к раме пола (допустимое отклонение от перпендикулярности 2 мм на высоту стойки); все болтовые соединения должны быть затянуты до отказа с установкой пружинных шайб.

Сборка купе кабины при наличии в каркасе нижней балки аналогична описанной ранее, за исключением того, что потолок заводится под верхнюю балку и временно крепится к ней раньше, чем устанавливаются щиты купе.

Если купе кабины имеет большие размеры и одного щита по ширине стенки недостаточно, щиты собираются встык на дополнительных стояках с помощью специальных раскладок (рис.13.31). Аналогично собираются горизонтальные стыки щитов (например, на передней стенке между боковыми и верхними щитами).

В последнее время заводы при изготовлении и модернизации лифтов поставляют кабины, купе которых собирается из металлических щитов. По конструкции щиты аналогичны щитам купе грузовых лифтов. Они изготавливаются из листовой стали, покрытой эпоксидной эмалью и соединяются между собой болтами. В труднодоступных местах для прижима бортов щитов используются пружинные зажимы, устанавливаемые в овальные отверстия. Технология сборки купе кабин из таких щитов аналогична сборке купе грузовых лифтов (см. ниже).

При сборке каркаса кабины необходимо выполнить регулировку башмаков и клиньев ловителей, как по их взаимному положению, так и по отношению к направляющим. На лифтах со скоростью до 1,4 м/с используются, в основном, скользящие башмаки с капроновыми вкладышами. Корпус башмаков имеет в основании четыре продолговатых отверстия под крепежные болты, что позволяет регулировать их положение по штихмассу. Соосность верхнего и нижнего башмака обеспечивается вертикальностью положения стояков каркаса. Проверка соосности производится по отвесу.

При регулировке положения башмаков скольжения необходимо обеспечить выполнение следующих требований: допускаемое смещение башмаков по вертикали лежит в пределах ±1 мм; поверхности башмаков, прилегающие к боковым и торцевым поверхностям направляющих, должны быть параллельны между собой и перпендикулярны к полу кабины, допускаемый перекос башмака по высоте составляет 0,5 мм; суммарный боковой зазор, а также суммарный зазор по штихмассу между вкладышем и направляющей не должен превышать 4 мм (по 2 мм на сторону). В начале эксплуатации лифта в башмаки скольжения устанавливают чугунные вкладыши, которые заменяются на капроновые после приработки башмаков и направляющих друг к другу.

В скоростных лифтах, для уменьшения трения, обычно устанавливаются роликовые башмаки. Все три ролика должны прилегать к рабочим поверхностям направляющих по всей ширине обода, без зазора. Нагрузка ролика на направляющую может быть не более 100 Н. Она проверяется динамометром и регулируется гайкой, затягивающей пружину на подвижном рычаге. В тоже время ход ролика в противоположном направлении не должен превышать 2 мм. Величина хода регулируется упорным винтом, который ограничивает поворот рычага.

Положение клиньев ловителей по отношению к направляющим и башмакам должно быть таким, чтобы их рабочие поверхности (или клина и колодки) были параллельны пазам башмаков и соосны с ними. Допуск на непараллельность – не более 0,1 мм на длину клина, допуск на несоосность клиньев и башмаков – не более 0,5 мм.

Проверка положения клиньев по отношению к башмакам и направляющим выполняется одновременно с проверкой работоспособности механизма привода ловителей и регулировкой зазоров между клиньями ловителей и направляющими.

При проверке работоспособности механизма привода ловителей его вручную несколько раз приводят в движение, проверяя легкость хода. Затем рычаг привода подвешивают на крюке динамометра и поднимают вверх. Механизм привода ловителей должен приблизить клинья к направляющим при усилии не превышающем значение 150 Н. Регулировка усилия выполняется затяжкой или ослаблением затяжки возвратной пружины механизма. Одновременно проверяется работоспособность контактного выключателя, который отключает лебедку лифта при срабатывании ловителей. Он должен сработать на средней трети хода рычага.

На лифтах со скоростью до 0,75 м/с обычно используются жесткие клиновые ловители. Соосность рабочих поверхностей клиньев с башмаками для таких ловителей достигается регулировкой положения колодок в местах их закрепления на балке каркаса кабины. Зазор между клиньями и направляющей регулируется их поднятием или опусканием с помощью стяжной муфты, установленной на горизонтальной тяге привода ловителей. Величина зазора должна соответствовать требованиям инструкции завода-изготовителя. Для типовых лифтов она составляет 3 мм. Одновременность срабатывания ловителей регулируется стяжными муфтами вертикальных тяг.

Регулировка клещевых ловителей выполняется следующим образом. С помощью стяжных муфт вертикальных тяг клинья выставляются на высоте, необходимой для обеспечения их хода (расстояние замеряется между нижним торцом колодки и верхним торцом нижнего выступа клина, для ловителей №3 оно должно быть равным 73 или 63 мм в зависимости от конструкции ловителей, а для ловителей №2 – 80 мм). За балку каркаса кабины прижать ловитель колодкой к направляющей и замерить суммарный зазор. (для типовых лифтов он должен составлять 5 мм, а его регулировка выполняется через круглое окно в балке специальным торцевым ключом путем вворачивания или выворачивания опорной втулки основной рабочей пружины). Упорным регулировочным болтом, расположенным с противоположной круглому окну стороны балки, отрегулировать равенство зазоров между клином и направляющей, а также между направляющей и колодкой (по 2,5 мм с каждой стороны). Это приведет к установлению соосности ловителей и башмаков.

При регулировке зазора в клещевых ловителях категорически запрещается изменять затяжку основной рабочей пружины, т.к. она обеспечивает усилие воздействия ловителей на направляющую и выполняется на специальных стендах в заводских условиях.

На лифтах последних моделей Карачаровского механического завода используются подпружиненные клиновые ловители плавной посадки. Суммарный зазор между клиньями и направляющей составляет для этого типа ловителей 6 мм с допуском ±0,5 мм, но не менее 2 мм с одной из сторон. При нижнем расположении ловителей регулировка зазора выполняется подъемом и опусканием клиньев с помощью винтовых муфт на вертикальных тягах и на верхней тяге.

При верхнем расположении ловителей регулировку следует начинать с пары клиньев, расположенной со стороны каната ограничителя скорости. Регулировка зазора выполняется затяжкой возвратной пружины механизма привода ловителей на верхней тяге на длину, указанную в инструкции завода-изготовителя. Неравно-

значность зазоров с двух сторон между клиньями и направляющей устраняется смещением верхних башмаков. Вторая пара клиньев регулируется стяжной муфтой верхней тяги.

Сборку дверей кабины начинают с установки балки дверей с каретками и приводом. Через дверной проем балку монтажной лебедкой подают в шахту и закрепляют на потолке кабины в проектное положение. Затем на каретки навешивают створки дверей с предварительно снятыми башмаками. После навески створок, башмаки заводят в щель порога, подводят к местам крепления на створках и закрепляют. Крепление верхней балки к потолку выполняется на болтах через овальные отверстия, направление которых соответствует оси балки. Такое крепление позволяет перемещать балку вдоль оси, что дает возможность отрегулировать в соответствии с проектом положение линии смыкания створок по отношению к дверному проему.

При монтаже верхней балки дверей кабины необходимо проверить горизонтальность и вертикальность установки линейки (допускаемое отклонение от горизонтали - 1 мм на метр длины, по вертикали - 0,5 мм на 100 мм высоты). При проверке вертикальности линейки можно использовать измерительную скобу (рис.13.25). Линейка должна быть параллельна порогу дверей (допуск на непараллельность 1 мм на 1 м длины). Положением верхней балки определяется также зазор между створками и обрамлением дверей. Он должен быть в интервале 2 - 6 мм с допустимой непараллельностью 1 мм на длину створки.

Если возвратное движение кареток осуществляется пружиной, то они должны перемещаться свободно от усилия не более 10 Н при снятой пружине.

При навеске створок необходимо обеспечить их плотное прилегание друг к другу. Допустимые местные просветы не могут быть более 2 мм на длине до 300 мм. Лицевые поверхности створок должны лежать в одной вертикальной плоскости с допустимым отклонением по вертикали - не более 2 мм. Положение створок регулируется шпильками их подвески к кареткам. Перед регулировкой положения створок необходимо убедиться, что зазор между контрроликами кареток и линейкой не превышает 0,2 мм. Регулировка последнего выполняется поворотом эксцентриковой оси контрролика после ослабления затяжки контргайки.

Если в процессе монтажа дверей кабины возникала необходимость снятия с верхней балки привода дверей, то при его установке необходимо проверить параллельность плоскости вращения рычага-водила к плоскости передвижения каретки. Допускаемые отклонения составляют 1 мм на радиусе рычага. Проверку следует проводить для трех положений рычага через 45°. Регулировка положения привода выполняется за счет перемещения болтов его крепления в овальных отверстиях кронштейна, приваренного к верхней балке. Наклон оси шкива привода регулируется амортизаторами.

При установке привода необходимо также проверить наличие зазора между роликом водила и кронштейном приводной каретки (2 мм), т.к. его отсутствие может привести к нарушению смыкания створок при их возвратном движении. Для обеспечения зазора отворачивается болт шайбы прижима тросика привода неприводной каретки, устанавливается необходимый зазор и болт снова затягивается. Такая операция приводит к смещению линии смыкания створок по отношению к дверному проему. Следовательно, после регулировки зазора необходимо снова ее отрегулировать путем осевого перемещения всей верхней балки, как это было описано выше.

Проверка работоспособности привода дверей и регулировки положения его узлов описаны в разделе «Эксплуатация лифтов».

Если привод дверей кабины штанговый, для снятия привода необходимо из зажимов шарниров вывести тяговую штангу. В этом случае при установке привода, во время сборки кабины, сначала нужно выполнить проверку хода водила в плоскости кареток, а затем при горизонтальном положении рычага и сомкнутых створках, ввести в зажимы шарниров штангу таким образом, чтобы она была тоже горизонтальна. После этого затягиваются болты зажимов.

В некоторых конструкциях лифтов створки выполнены различной ширины: широкая, перемещающаяся створка и узкая, постоянно закрытая и открывающаяся вручную при погрузке крупногабаритных грузов. Привод подвижной широкой створки осуществляется воздействием ролика водила на рычаг кривошипа. Монтаж дверей такой конструкции производится приемами, аналогичными описанным ранее. Однако, при установке привода дверей такого типа необходимо обеспечить перпендикулярность положения водила и рычага кривошипа при полностью закрытой широкой створке. В этом положении зазор между уголком рычага и роликом водила не должен превышать 1 мм. Также необходимо убедиться, что при полном повороте водила на рабочий ход ролик водила не выступает за кромку рабочей поверхности рычага кривошипа.

При сборке дверей кабины необходимо также проверить положение и срабатывание выключателей: при закрытых створках нормально разомкнутый контакт ДК должен быть замкнут, запас хода 1 - 1,5 мм; замыкание нормально разомкнутого контакта ДК должно происходить при зазоре между створками не более 5 мм; в дверях грузопассажирского лифта запертый шпингалетный замок должен перекрывать упор на высоту не менее 5 мм, с допуском +2 мм, и воздействовать на коромысло, обеспечивая надежное срабатывание микропереключателя; при закрытой большой створке и запертом замке нормально разомкнутый контакт ВКР должен быть замкнут; кулачки ВКО и ВКЗ привода должны быть выставлены так, чтобы обеспечить горизонтальное положение водила в крайних положениях, допустимое отклонение от горизонтали 3 - 5 мм.

Регулировка положения выключателей выполняется их перемещением по овальным отверстиям в местах крепления их корпуса.

Регулировка положения кулачков ВКО и ВКЗ выполняется в зависимости от конструкции путем их перемещения в пазу по дуге шкива привода, после ослабления стяжной гайки шкива, или путем перемещения по дуге шкива, после ослабления винтов прижимной планки.

Регулировка замка дверей приведена в разделе «Эксплуатация лифтов».

Кинематическая связь между дверями кабины и дверями шахты регулируется в процессе окончательной наладки лифта. Но при монтаже дверей кабины необходимо проверить вертикальность установки отводок. Отклонение от вертикальной плоскости отводок не должно превышать 2 мм.

Кабины грузовых лифтов грузоподъемностью свыше 1000 кг поставляются заводами-изготовителями отдельными узлами. Если шахта и машинное помещение не перекрыты, на монтажной площадке сначала производится ее сборка. Затем с помощью строительного крана она подается в проем шахты, аналогично методике описанной выше для пассажирского лифта, и ставится на упорные монтажные балки. Если шахта и машинное помещение перекрыты, кабина грузового лифта собирается на уровне нижнего этажа на упорных монтажных балках. Монтажные

балки устанавливаются в ниши или на упорах вместо нижних монтажных подмостей, что обеспечивает доступ к низу кабины.

Кабины лифтов грузоподъемностью 2000 кг и более рекомендуется собирать на балках, устанавливаемых на уровне этажных площадок. Опирание балок, в этом случае, производится: при проходных кабинах – на площадки через дверные проемы; при не проходных – на площадку и специально пробитые в противоположной стене шахты отверстия.

Сборка узлов кабины на монтажной площадке производится с помощью строительного крана, в шахте – с помощью монтажной лебедки.

При сборке кабины сначала собирается ее каркас по аналогии сборки каркасов пассажирских лифтов. Как правило, кабины грузовых лифтов имеют гораздо большие размеры, поэтому на каркасе дополнительно ставятся наклонные тяги, закрепляемые на стояках каркаса и раме пола.

Купе кабины грузовых лифтов собирается, обычно, на болтах из боковых и потолочных металлических щитов с бортами. Щиты имеют размеры: по ширине – от 500 до 1000 мм, по высоте – равны высоте кабины (потолочные щиты по высоте соответствуют ширине кабины). Собирают щиты в такой последовательности: боковые щиты у стояков каркаса, потолочный на них, последовательно все боковые и потолочные; задние. По конструкции щиты имеют отличия, поэтому при сборке купе необходимо пользоваться сборочным чертежом. Зазоры между щитами не должны превышать 1 мм. Для уменьшения шума в кабине между щитами желательно ставить прокладки из тонкой резины.

У грузовых лифтов двери кабины, как правило, раздвижные вручную, решетчатые. Створки двери подвешены на роликах и передвигаются по направляющей линейке, закрепляемой на потолке. Просветы между полосами решетки в закрытом положении не должны превышать 120 мм. При навеске дверей при сборке кабины на монтажной площадке створки вместе с линейкой вывешиваются на крюке крана, подводятся к кабине и закрепляются на ее потолке. При сборке в шахте (рис.13.32) линейка устанавливается отдельно. Со створки снимаются ролики и вертикальные полосы створки заводят снизу

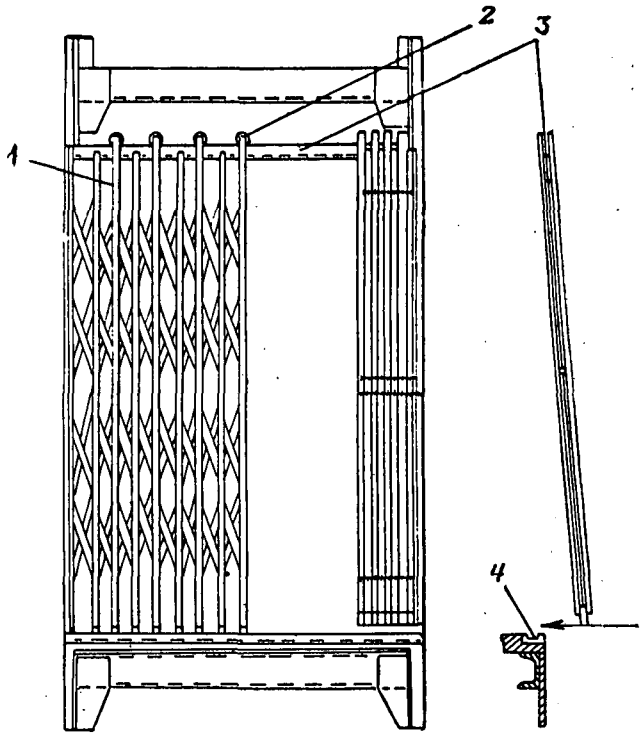


Рис.13.32. Монтаж дверей кабины грузового лифта
1 – створка двери; *2* – ролик; *3* – линейка; *4* – паз порога

на линейку, а их нижние концы в паз порога. Затем ролики устанавливаются на место. Наружные боковые части створок закрепляются к уголкам ограждения. Створки должны легко закрываться и открываться от усилия не более 30 Н.

После сборки кабины на ней устанавливается магнитная отводка. Работа магнитной отводки проверяется нажатием руки на полозок. Подвижная часть отводки должна двигаться свободно и полностью возвращаться в исходное положение под действием пружины.

Регулировка ловителей грузовых лифтов производится согласно инструкции завода-изготовителя по методике, аналогичной описанной выше.

13.5.9. Монтаж лифтовых лебедок и отводных блоков. На монтажную площадку лифтовые лебедки поставляются в собранном виде. При неперекрытом машинном помещении их установка выполняется с помощью строительного крана. Если машинное помещение перекрыто, лифтовую лебедку поднимают по шахте с помощью монтажных лебедок или, при замене лифта, в кабине заменяемого лифта. При всех вариантах доставки необходимо стремиться к тому, чтобы не разбирать лифтовую лебедку. Если же такой возможности нет, то с лебедки снимается электродвигатель, а при недостаточности этой меры, и КВШ.

Установка на место снятого двигателя для лебедок, большинства выпускаемых в настоящее время лифтов, не требует специальных регулировок, т.к. их фланцевое крепление и наличие специальных проточек во фланцах автоматически производит взаимную центровку валов. При установке двигателя необходимо только следить, чтобы проточки фланцев входили одна в другую без перекосов и заклинивания.

На лифтах большой грузоподъемности используется независимое крепление двигателя и редуктора на раме лебедки и их соединение муфтой. При сборке лебедки необходимо выполнить радиальную и угловую центровку валов двигателя и редуктора. Центровка валов осуществляется с помощью специальной скобы (рис.13.33), устанавливаемой на одной из полумуфт. Если полумуфту используют в качестве тормозного шкива, рычаги тормоза снимаются. После установки скобы обе полумуфты совместно поворачивают на один оборот, замеряя осевой и торцевой зазоры через каждые 90°. Валы считаются сцентрированными правильно, если разница показаний для радиальных зазоров не превышает 0,15 мм, а для торцевых – 0,25 мм. Корректировка положения двигателя производится его перемещением или подкладкой под его лапы прокладок. При проведении замеров болты крепления двигателя должны быть затянуты.

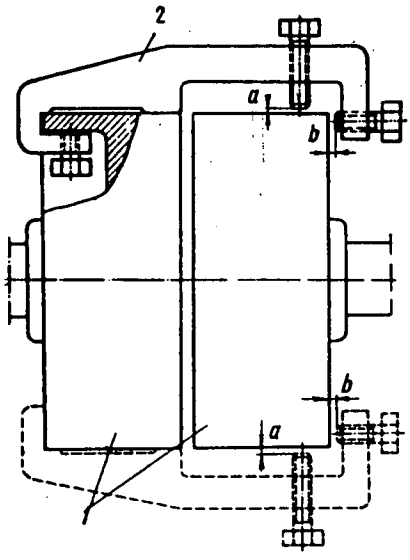


Рис.13.33. Скоба для центровки валов *a* – радиальный зазор; *b* – осевой зазор; *1* – полумуфты; *2* – скоба;

При установке лебедки на перекрытии шахты перед ее монтажом размечается, согласно установочного чертежа, место расположения подрамника. В шахте на высоте 700–800 мм ниже перекрытия между направляющими кабины и противовеса на зажимах закрепляются струны. На них краской или изо-

лентой отмечают середины расстояний между направляющими. Через КВШ, а при наличии отводного блока через КВШ и отводной блок (рис.13.34), вывешивается двусторонний отвес. Длина нити отвеса должна быть такой, чтобы острие грузиков достигали струн в шахте. Нить отвесов располагается на середине образующей обода КВШ. Лебедка устанавливается на ранее размеченную позицию, затем перемещается таким образом, чтобы острие отвесов совместилось с метками на струнах. Допускаемое отклонение грузов от меток составляет 5 мм. После выверки положения лебедки нужно отвернуть транспортные шпильки и поднять их головки над подрамником на высоту не менее 20 мм. При проверке положения лебедки необходимо также выверить вертикальность положения шкива (допуск отклонения – 1 мм на диаметр) и горизонтальность плоскости рамы (допуск отклонения 2 мм на длину рамы). Регулировка положения шкива и рамы производится болтами амортизаторов.

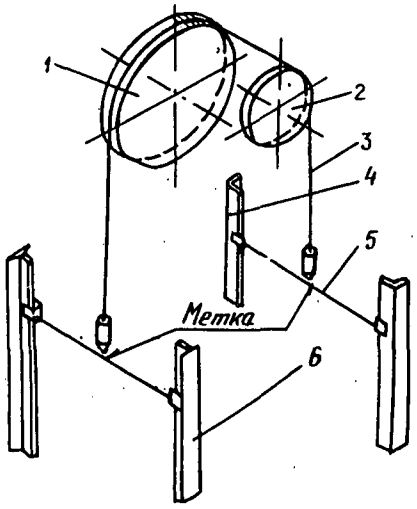


Рис.13.34. Выверка установки лебедки по отвесам
1 – КВШ; *2* – отводной блок; *3* – отвес; *4* – направляющая противовеса; *5* – струна; *6* – направляющая кабины

Установка лебедки скоростных лифтов производится аналогичным образом (рис.13.35). Но после разметки положения лебедки с подлебедочной плитой необходимо, кроме того, поставить нижние амортизаторы, а по окончании регулировки ее положения зафиксировать подлебедочную плиту за проем в перекрытии болтами боковых амортизаторов.

На многих лифтах отводные блоки устанавливаются на раме лебедки или на подлебедочных плитах. Они поставляются в сборе с лебедкой и при монтаже не снимаются. Для лифтов грузоподъемностью 1000 кг и скоростью 2 и 4 м/с отводные блоки поставляются отдельно. Они устанавливаются на подлебедочную плиту из блочного помещения.

Заливка подрамника лебедки чистым полом производится после установки всего оборудования в машинном помещении.

Если лебедка и отводной блок устанавливаются на подлебедочные балки, последние опираются на тумбы или в ни-

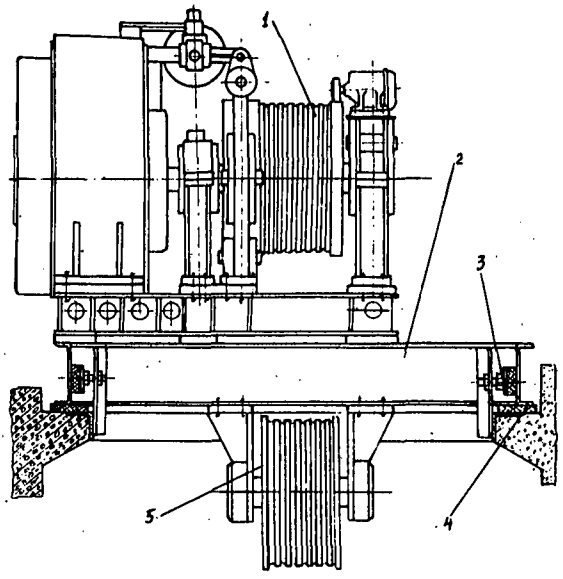


Рис.13.35. Установка лебедки скоростных лифтов
1 – лебедка; *2* – подлебедочная рама; *3* – боковой амортизатор; *4* – нижний амортизатор; *5* – отводной блок

ши стен машинного помещения. В качестве подлебедочных балок используются швеллера или двутавры. После установки подлебедочных балок по чертежу в проектное положение нужно разметить и просверлить в них отверстия для крепления рамы лебедки и отводного блока. Положение подлебедочных балок проверяется по уровню и они временно раскрепляются. Аналогично описанному ранее, в шахте на направляющие кабины и противовеса натягиваются струны, на которых обозначаются метки середин осей. Если для подвески кабины и противовеса используются полиспасты, метки на струнах наносятся с учетом диаметров их блоков. Сначала на подлебедочные балки закрепляют отводной блок, затем устанавливают лебедку и крепят ее раму к балкам болтами.

Взаимное положение торцевых плоскостей КВШ и отводного блока проверяется или жесткой трехгранной линейкой, или с помощью струны. Линейка прикладывается к торцевым поверхностям КВШ и блока так, чтобы она прошла через их оси. При правильном взаимном расположении торцы ободов КВШ и блока должны иметь для каждого по две точки касания с линейкой. Аналогичная проверка может быть выполнена с помощью струны, натянутой на некотором расстоянии от торцов ободов. Допустимое отклонение составляет 1 мм на диаметр шкива или блока.

С помощью двустороннего отвеса, как было описано ранее, проверяется правильность положения лебедки и отводного блока по отношению к меткам на струнах, а затем горизонтальность рамы лебедки и вертикальность КВШ и отводного блока.

Подлебедочные балки привариваются к закладным деталям, установленным в нишах и на тумбах, после чего ниши заделываются бетоном.

Установка лебедок на фундаменты применяется при нижнем расположении машинного помещения. Монтаж лифтовой лебедки и отводных блоков, устанавливаемых в машинном помещении внизу шахты, производится после разметки координат размещения оборудования по установочным чертежам и монтажа верхних отводных блоков (рис.13.36). Доставка оборудования выполняется с помощью монтажной лебедки, располагаемой на перекрытии шахты, а также с помощью рычажной лебедки, отводной блок которой закрепляется в петле для ремонтной тали. Монтаж начинают с закрепления на раме нижних отводных блоков и ее установки. Рама заводится одним концом в нишу пола и временно крепится к элементам конструкции. Рама с нижними блоками должна быть вертикальна, допустимое отклонение от вертикали 2 мм на высоту рамы. С помощью отвесов проверяется взаимное расположение по вертикали всех блоков, используемых для запасовки тяговых канатов кабины и противовеса. Плоскостное их совпадение проверяется, при необходимости, струной. С помощью отвесов проверяется также положение жесткой и балансирной подвесок, если они имеются.

Лифтовая лебедка ставится, на подготовленный заранее фундамент, в котором оставлены ниши для заделки анкерных болтов. В случае неготовности фундамента лебедка ставится на временные опорные балки. При установке лебедки необходимо выверить ее положение по отношению к нижним отводным блокам так, чтобы КВШ и блоки находились в одной плоскости, допустимое отклонение при этом составляет ±2 мм. Кроме того, производится проверка вертикальности КВШ и горизонтальности рамы. Эти регулировки выполняются с помощью подкладок под раму. По окончании выверки положения лифтовой лебедки в отверстия ее рамы вводятся и закрепляются анкерные болты и ниши фундамента также заливаются бетоном. Вертикальная рама с нижними отводными блоками приваривается к закладным деталям и ниши для ее установки заливаются бетоном.

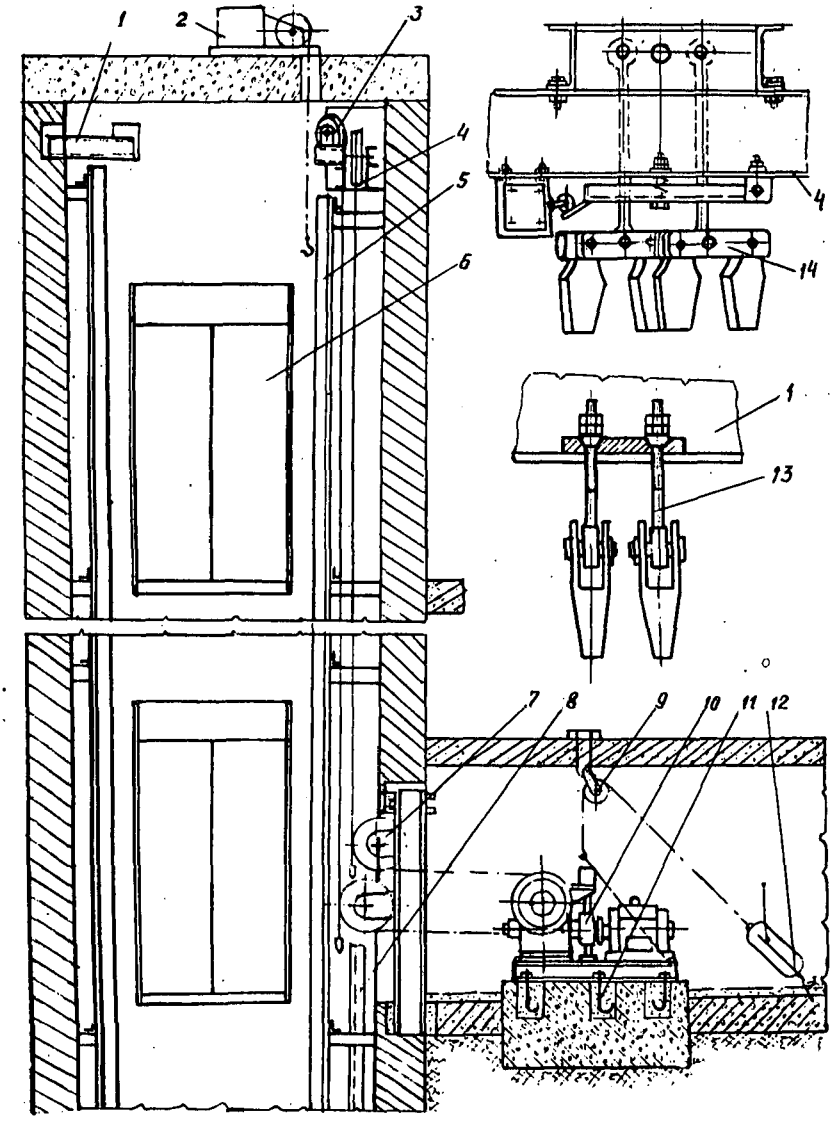


Рис.13.36. Установка лебедки и отводных блоков при нижнем расположении машинного помещения

1 – балка жесткой подвески; *2* – монтажная лебедка; *3* – верхний отводной блок; *4* – верхний отводной блок для канатов противовеса; *5* – направляющая кабины; *6* – дверь шахты; *7* – нижние отводные блоки для канатов кабины и противовеса; *8* – направляющая противовеса; *9* – монтажный блок; *10* – лебедка; *11* – анкерный болт; *12* – монтажная рычажная лебедка; *13* – жесткая подвеска; *14* – балансирная подвеска

После установки в проектное положение и подключения лебедки к системе управления необходимо проверить ее работоспособность и отрегулировать тормозное устройство и другие узлы. Методика проверки и регулировки приведена в разделе «Эксплуатация лифтов».

13.5.10. Монтаж ограничителя скорости. Ограничитель скорости поступает на монтаж в полностью собранном виде, отрегулированным на заводе-изготовителе и опломбированным. Вскрытие ограничителя скорости допускается только при специальном разрешении.

Ограничитель скорости устанавливается на закладных деталях в полу машинного помещения, на раму лебедки или на подлебедочные балки. При нижнем расположении машинного помещения ограничитель скорости устанавливается в блочном помещении или на балках верхних блоков (выжимные лифты). При установке ограничителя скорости на полу машинного помещения используется дополнительная подставка в виде отрезка швеллера. Швеллер приваривается к закладным деталям и заливается чистым полом. Основная подставка крепится к швеллеру болтами. Если закладные детали отсутствуют, швеллер может быть зафиксирован заливкой чистым полом. Если ограничитель скорости устанавливается на высокой стойке, необходимо ее верх раскрепить подкосом, который приваривается к закладным деталям или подрамнику лебедки.

Положение ограничителя скорости определяется с помощью двустороннего отвеса, перекинутого через большой шкив. Грузы отвеса пропускают в шахту и перемещают ограничитель скорости с подставкой таким образом, чтобы нити отвеса по отношению к направляющим кабины заняли положение, соответствующее проектным размерам с допускаемым отклонением 5 мм.

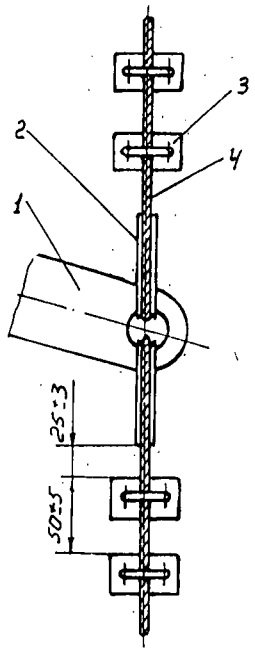


Рис.13.37. Крепление каната ограничителя скорости к рычагу включения ловителей на кабине
1 – рычаг механизма включения ловителей; *2* – коуш; *3* – прижим; *4* – канат

При установке ограничителя скорости на подлебедочные балки, в целях исключения касания каната ограничителя о балки, допускается его смещение от проектного до 50 мм. После установки ограничителя скорости его подставка приваривается к опоре.

Способы регулировки ограничителя скорости приведены в разделе «Эксплуатация лифтов».

Для навески каната ограничителя скорости его раскатывают и раскручивают. Затем из машинного помещения или с верхних подмостей (при нижнем расположении машинного помещения) один его конец спускают к рычагу включения ловителей на кабине. Канат подсоединяют к рычагу с помощью зажимов (рис.13.37). Второй конец каната, перекинув через шкив большого диаметра, спускают в шахту, обводят вокруг шкива натяжного устройства, поднимают к рычагу включения ловителей и закрепляют на зажимах. После того, как подставка из под груза натяжного устройства будет убрана, кронштейн крепления последнего должен сохранить горизонтальное положение. Регулировка его горизонтальности производится протяжкой одного из концов каната через временно ослабляемые зажимы.

Если на рычаге включения ловителей установлена соединительная планка, крепление к ней каната выполняется аналогично. Для удобства работы ее можно временно снимать.

13.5.11. Навеска тяговых канатов. Обычно тяговые канаты поступают на монтажную площадку отрезками проектной длины, уложенными в бухты и снабженные сертификатами. Перед монтажом необходимо убедиться, что канаты имеют нужную длину и диаметр. При этом замена отрезков канатов даже с однотипных лифтов одной партии не допускается.

При необходимости нарезки канатов на монтажной площадке вначале нужно по сертификату на бухте убедиться в соответствии типа и диаметра каната проектному. Перед нарезкой выполняется промер нужной длины каната. Для этого через КВШ перекидывают мягкую проволоку или тонкий канатик. При замере рычаги балансирной подвески должны находиться в горизонтальном положении, для чего их ставят на упоры. Для нарезки канатов бухта разматывается на ровной площадке необходимой длины. К замеренной длине добавляется по 500 мм на сторону для заводки концов в зажимы. Место резки с обоих сторон фиксируется бандажами из мягкой проволоки. Резку канатов производят, обычно, с помощью молоткового зубила.

Поступившие на монтаж или нарезанные канаты проверяются на отсутствие механических повреждений (обрыв проволочек, заломы, вмятины), с них снимается излишняя консервационная смазка. На расстоянии 500 мм от концов каната ставятся изолентой или мягкой проволокой метки. Подготовленные к монтажу канаты доставляются в машинное помещение.

При верхнем расположении машинного помещения навеску канатов начинают с узла(кабина, противовес), расположенного в верхней части шахты. Это объясняется тем, что более короткая ветвь каната весит меньше и не вызовет его «утечки» в шахту. Канаты через отверстие в полу машинного помещения спускаются в шахту и закрепляются на подвеске с помощью обойм (рис.13.38). В обойме метка длины каната должна располагаться на середине тыльной стороны клина. Свободный конец каната стягивается с основной его ниткой зажимом, располагаемым на расстоянии 30 - 40 мм от обоймы, а его хвост заделывается к основной нитке бандажом из мягкой проволоки.

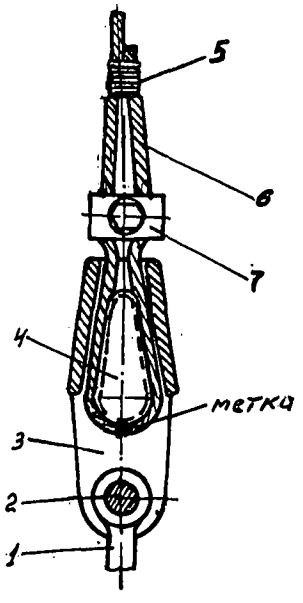


Рис.13.38. Крепление каната в обойме
1 - тяга подвески ; *2* - палец; *3* - обойма; *4* - клин; *5* - проволочный бандаж; *6* - канат; *7* - прижим

В машинном помещении канаты укладываются в ручьи КВШ, подтягиваются и прижимаются к его ободу струбциной, поставленной в положение «А» (рис.13.39). Вращением за штурвал смонтированные ветви канатов натягиваются. Вторые концы канатов спускаются в шахту, раскручиваются до свободного провисания и запасовываются аналогичным способом, при этом необходимо исключить возможное перекрещивание канатов и образование петель.

Окончательная регулировка натяжения тяговых канатов производится после монтажа ограничителя скорости и его каната, регулировки ловителей и загрузки противовеса грузами. До регулировки кабину и противовес необходимо снять с упоров. Для этого струбцина на КВШ переставляется для подъема кабины в положение «Б», штурвалом кабина приподнимается на 200 - 300 мм над упорами и они убираются. Аналогично снимают с упоров противо-

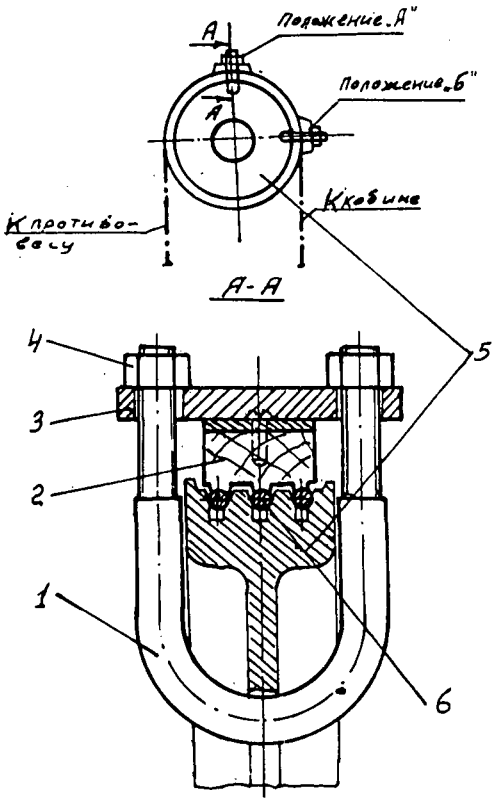


Рис.13.39. Струбцина для фиксации тяговых канатов на КВШ
1 - скоба; *2* - деревянная колодка; *3* - планка; *4* - гайка; *5* - КВШ; *6* - канат

вес, переставив предварительно струбцину в противоположное по диаметру КВШ положение. Регулировка натяжения канатов выполняется гайками тяг пружинной подвески. Она будет выполнена правильно, если рычаги балансирной подвески горизонтальны и пружины на пружинной подвеске имеют одинаковую длину.

Если вместо пружинной подвески используется подвеска жесткая, то регулировка выполняется на ее тягах. При этом на правильность регулировки указывают натянутость канатов и горизонтальность рычагов балансирной подвески.

Если хода гайки на винте тяги недостаточно для регулировки натяжения какого-то каната по отношению к другим необходимо его перепустить по клину в обойме.

Окончательная проверка правильности выбора длины канатов и их запасовки производится следующим образом: кабина устанавливается на уровне остановки верхнего этажа, при этом расстояние от опорных пластин противовеса до буфера должно быть на 100–150 мм больше проектного, т.к. в процессе эксплуатации произойдет вытяжка канатов.

При полиспастной подвеске кабины и противовеса навеска канатов с верхним расположением машинного помещения выполняется аналогичным образом. Отличие заключается в том, что после спуска концов канатов в шахту они обводятся вокруг блоков полиспастов, установленных на кабине и противовесе, а затем веревкой поднимаются к жесткой или балансирной подвеске, где и производится их запасовка.

При навеске канатов лифтов с нижним расположением машинного помещения бухты канатов также располагаются у лебедки и навеска канатов начинается с более короткой ветви. Например, на рис.13.40 последовательность протяжки канатов следующая: блок II, блок IV, блок противовеса, подвеска. В балансирной подвеске рычаги фиксируются в горизонтальном положении подкладками. После запасовки на подвеске противовеса на КВШ ставится струбцина и канат натягивается штурвалом. Второй конец каната протягивается через блок I, блок Ш, блоки кабины и запасовывается на подвеске в верху шахты. Канат натягивается с помощью гаек крепления тяги жесткой подвески. Последовательно навешиваются и запасовываются остальные канаты.

Для тротуарных лифтов с барабанными лебедками один конец каната крепится на платформе с помощью винтовой тяги, другой - клином в пазе барабана. Натяжение канатов регулируется гайками винтовых тяг на платформе.

При замене лифтов демонтаж и монтаж канатов выполняется аналогичным образом.

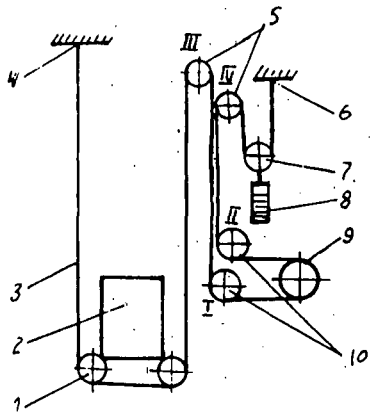


Рис.13.40. Схема монтажа тяговых канатов выжимных лифтов
1 - блок кабины; *2* - кабина; *3* - канат; *4* - жесткая подвеска; *5* - верхние блоки; *6* - балансирная подвеска; *7* - блок противовеса; *8* - противовес; *9* - КВШ; *10* - нижние отводные блоки

13.5.12. Монтаж компенсирующих канатов и уравновешивающих цепей. Уравновешивающие цепи в зависимости от конструкции лифта могут быть навешены по схемам: противовес-середина шахты и противовес-кабина. Компенсирующие канаты навешиваются по схеме: противовес-натяжное устройство-кабина. Монтаж уравновешивающих цепей и компенсирующих канатов производится с помощью движения кабины и противовеса, т.е. ко времени их монтажа лифт практически должен быть работоспособен.

Навеска цепей по схеме «противовес-середина шахты» выполняется при противовесе, находящемся в нижнем положении. Цепи доставляются на подмости, установленные в шахте на уровне середины подъема кабины. Согласно установочному чертежу размечается место крепления уравновешивающих цепей к кронштейнам направляющих противовеса. Оно должно находиться на 0,3 м выше середины высоты подъема кабины. На кронштейне направляющих противовеса привариваются две проушины, на которых с помощью оси закрепляют один конец цепи (рис.13.41). Ось фиксируется шайбой ШЭЗ или шайбой и шплинтом. Второй конец цепи опускается в приямок и крепится на нижней балке противовеса. Если цепи навешиваются по схеме «противовес-кабина», они доставляются в приямок шахты и крепятся к узлу (кабина или противовес), находящемуся внизу. Затем противоположный узел опускается вниз и на него крепится второй конец цепи. При навеске цепей необходимо отрегулировать высоту петли над полом приямка, которая должна находиться в пределах 100-200 мм.

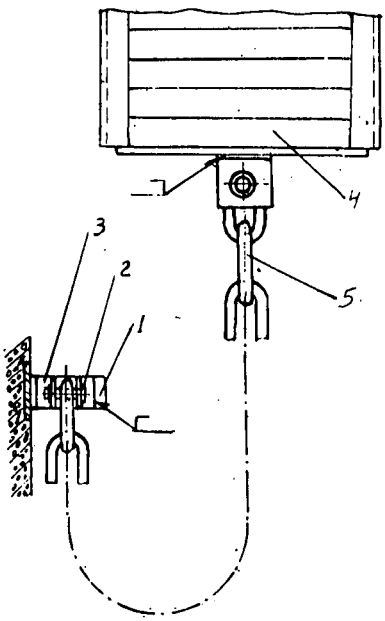


Рис.13.41. Крепление уравновешивающей цепи: *1* - кронштейн крепления направляющих противовеса; *2* - проушины и ось; *3* - уголок кронштейна; *4* - нижняя балка противовеса; *5* - цепь

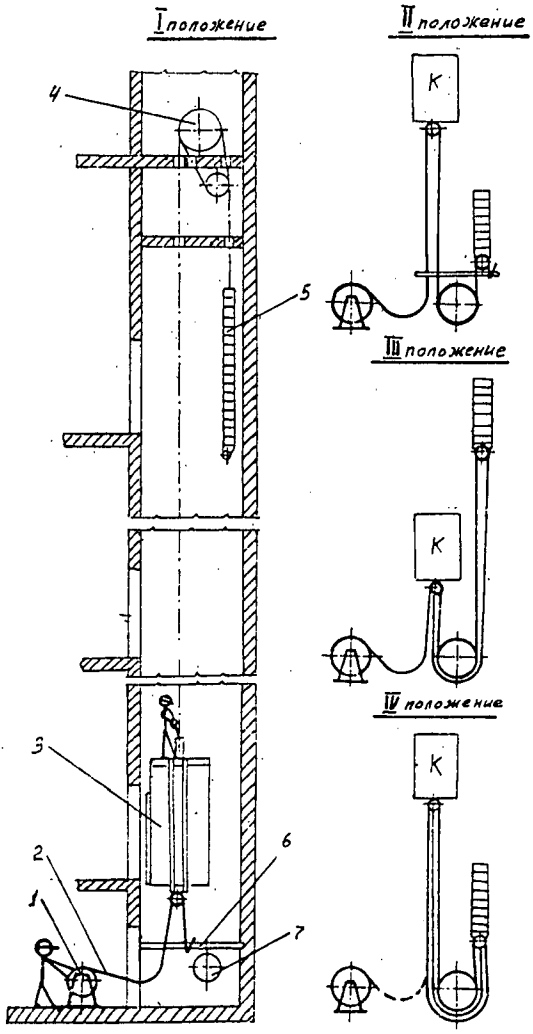


Рис.13.42. Запасовка компенсирующего каната с использованием кабины лифта
1 – катушка размоточная; *2* – канат компенсирующий; *3* – кабина; *4* – лебедка; *5* – противовес; *6* – балка; *7* – блок натяжного устройства

Навеска компенсирующих канатов выполняется с помощью движения кабины и противовеса (рис.13.42). Компенсирующий канат наматывается на специальную размоточную катушку, которая устанавливается около приямка. Конец каната пропускается через блок, находящийся внизу кабины и закрепляется за металлоконструкцию в приямке. В режиме «Ревизия» кабина поднимается на верхнюю остановку, разматывая канат с катушки. Конец, закрепленный в приямке, пропускается через средний блок натяжного устройства, затем через блок на противовесе и снова крепится в приямке. Кабина в режиме «Ревизия» опускается на нижнюю остановку, разматывая канат с катушки. Конец каната, закрепленный в приямке отвязывается, пропускается через блок натяжного устройства и закрепляется с помощью обоймы на подвеске кабины. В режиме «Ревизия» кабина снова поднимается на верхнюю остановку, сматывая канат с катушки. Второй конец каната сматывается с катушки вручную, пропускается через блок натяжного устройства и закрепляется с помощью обоймы на подвеске противовеса. Из под корпуса натяжного устройства убирается временная опора.

После навески уравновешивающих цепей или компенсирующих канатов производится балансировка масс кабины и противовеса, для установки окончательного количества грузов.

13.6. Монтаж электроаппаратуры, кабелей, электропроводки и цепей заземления

13.6.1. Монтаж электроаппаратуры. Электроаппаратура устанавливается в машинном помещении, шахте с приямком, кабине.

Из основных видов электроаппаратуры в машинном помещении устанавливаются вводное устройство, станции управления, понижающие трансформаторы, а

также привод в составе лебедки. Перед установкой вся аппаратура должна быть очищена от упаковочной стружки, пыли и грязи. Необходимо также проверить ее состояние и, по возможности, работоспособность. Чтобы избежать при замене узлов порчи стен и пола машинного помещения, вся электроаппаратура крепится к ним на резьбовых или разъемных соединениях.

Вводное устройство (ВУ) выполняется в виде небольшого ящика, закрепляемого на стене у входа в машинное помещение. Навеска ВУ производится с помощью пристрелки дюбель-винтов, установки дюбелей с распорной муфтой или приваркой к закладным деталям дополнительной опоры в виде уголков (рис.13.43). При навеске на дюбелях по установочному чертежу размечаются оси отверстий, при наличии закладных деталей - места установки уголков. Если крепление выполняется на дюбелях с распорной муфтой, используются дюбеля К436 и под них сверлятся отверстия диаметром 15 мм на глубину 60 мм. При креплении ВУ к уголкам последние привариваются к закладным деталям одним пером, полка которого должна располагаться перпендикулярно к плоскости стены. На другой полке сверлятся отверстия для крепления ВУ на болтах.

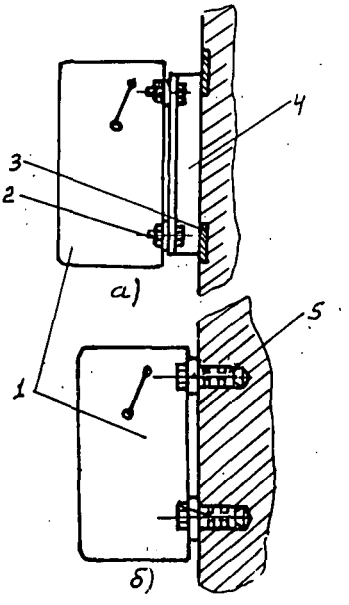


Рис.13.43. Установка вводного устройства
а - на болтах к уголку, приваренному к закладным деталям; *б* - на дюбелях с распорной втулкой или на дюбель - винтах; *1* - ВУ; *2* - болт; *3* - закладная деталь; *4* - уголок; *5* - дюбель

В низковольтных комплектных устройствах управления лифтов (НКУ) устанавливают всю основную аппаратуру защиты, управления и связи лифтовой установки. В НКУ пассажирских лифтов последних моделей устанавливают также блок понижающих трансформаторов. НКУ исполняются как правило, в виде напольных шкафов, но для малых грузовых лифтов они могут иметь настенное подвесное исполнение. Кроме того, последние достижения отечественной и зарубежной техники привели к разработке и внедрению микропроцессорных станций управления лифтами. Такие станции внедряются при производстве новых лифтов, а также при модернизации действующих. Микропроцессорные станции исполняются в виде небольших шкафов настенной навески. При модернизации действующих лифтов их также устанавливают внутрь освобождаемых от аппаратуры шкафов панелей управления.

При монтаже станций управления лифтами, исполненных в виде напольных шкафов, в машинном помещении сначала производят разметку места их установки в соответствии с установочным чертежом. Затем на полу закрепляют дополнительные подставки, которые представляют собой отрезки швеллеров или анкерные болты (рис.13.44). При наличии закладных деталей подставки фиксируются на полу сваркой, а при их отсутствии - заливкой чистого пола. На подставках болтами крепят шкаф НКУ, предварительно подложив в местах установки болтов резиновые прокладки - амортизаторы. При настенном исполнении станции управления крепятся к стене с помощью имеющих резьбу дюбелей, в соответствии с установочным чертежом (рис.13.44).

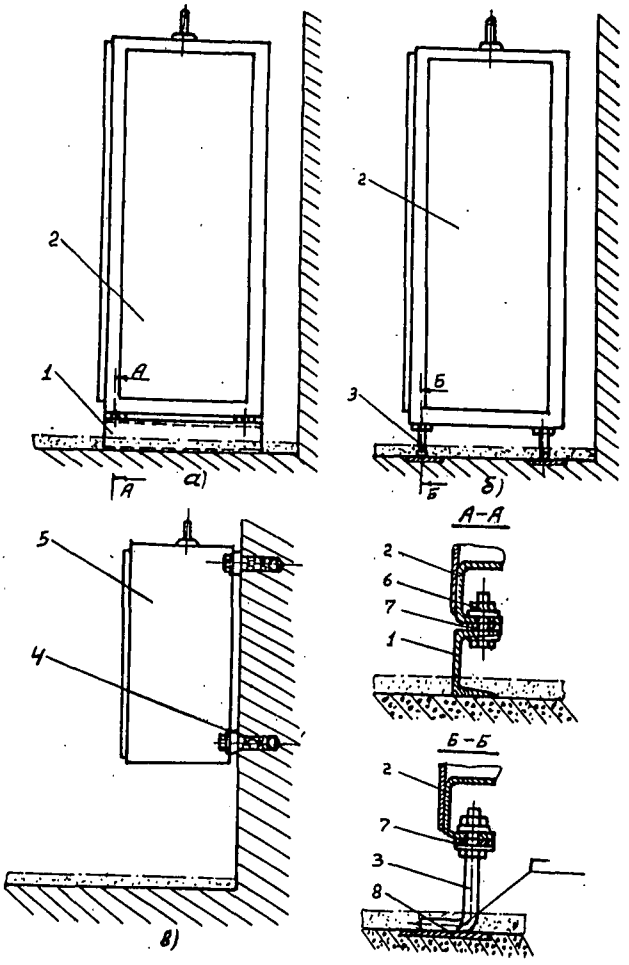


Рис.13.44. Установка НКУ
а – на подставках; *б* – на анкерных болтах; *в* – на дюбелях; *1* – подставка; *2* – НКУ, *3* – анкерный болт; *4* – дюбель; *5* – навесная станция управления; *6* – болт, гайка, шайба крепления НКУ; *7* – амортизатор; *8* – закладная деталь

Если понижающие трансформаторы не установлены в шкаф НКУ, их ставят на отдельной этажерке или на настенных кронштейнах. Этажерка сваривается из уголков, на которых винтами крепятся трансформаторы. К стойкам этажерки внизу, вдоль пола, привариваются отрезки уголков для лучшей фиксации стоек при заливке чистого пола. Настенные кронштейны закрепляются на стене машинного помещения или на анкерных болтах, или с помощью шпилек, проходящих через сквозные отверстия в стене.

На смонтированном ранее ограничителе скорости устанавливается конечный выключатель переспуска и переподъема кабины, который срабатывает от поворота коромысла при подъеме бобышек, закрепленных на противоположных ветвях каната ограничителя скорости. Конечный выключатель крепится к подставке ограничителя скорости.

В шахте устанавливается электроаппаратура управления, сигнализации, связи и освещения. Она располагается как внутри шахты (путевая), так и снаружи: со стороны посадочных или загрузочных площадок.

Этажные переключатели, датчики и шунты крепятся на направляющих кабины с помощью кронштейнов и зажимов (рис.13.45). При их монтаже сначала по установочному чертежу выставляются аппараты верхнего и нижнего этажей. На верхний аппарат навешивается отвес из стальной проволоки, по которому выставляются аппараты всех остальных этажей. При установке этажных переключателей отвесы навешиваются на оси поворота рычагов. Регулировка положения аппаратов этих типов выполняется перемещением корпуса аппарата: по высоте – передвижением аппарата вместе с кронштейном вдоль направляющей; по глубине шахты –

передвижением аппарата вдоль кронштейна, в котором отверстия крепления имеют овальную форму; по ширине шахты - с помощью прокладок или изменением выгиба кронштейна. На этажных переключателях регулировка по ширине шахты выполняется путем вворачивания осей ролика в рычаг.

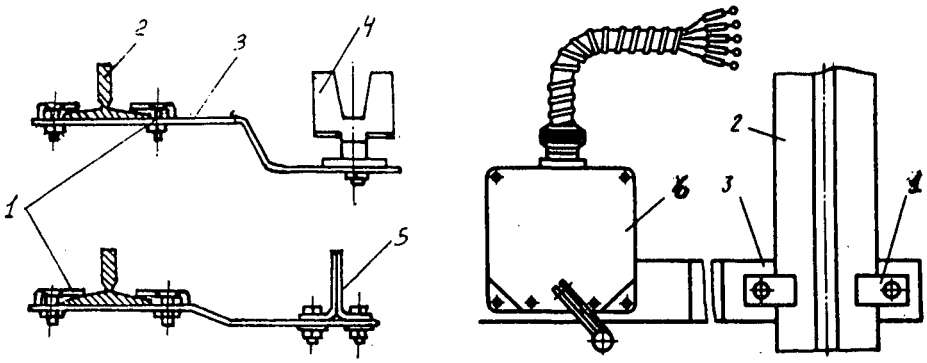


Рис.13.45. *Установка датчиков, шунтов и этажных переключателей*
1 - прижим; *2* - направляющая кабины; *3* - кронштейн; *4* - датчик ; *5* - шунт; *6* - этажный переключатель

В приямке шахты на кронштейне, закрепленном на направляющей, устанавливается щиток с выключателем приямка, штепсельной розеткой, звонком и звонковой кнопкой. Кроме того, на кронштейне натяжного устройства каната ограничителя скорости ставится конечный выключатель опускания блока.

С наружной стороны шахты на посадочных или загрузочных площадках, в зависимости от типа лифта и его назначения, устанавливаются кнопки вызова или вызывные посты, световые указатели, световые табло и коммутационные ящики. Варианты крепления на обрамлениях дверей и на стене шахты показаны на рис.13.46.

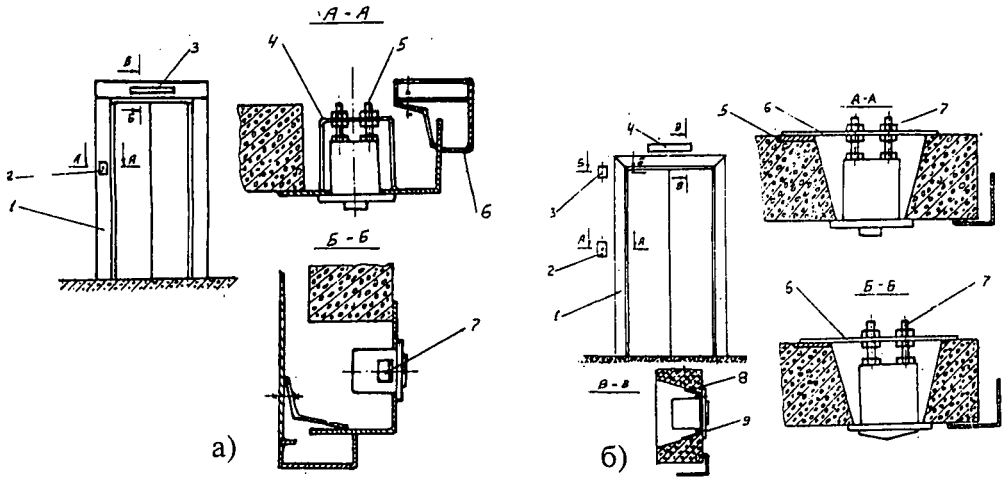


Рис.13.46. Установка электроаппаратов
а - в обрамлении дверных проемов; *1* - обрамление; *2* - кнопка вызова; *3* - световое табло; *4* - скоба; *5* - шпилька; *6* - портал двери; *7* - световое табло; *б* - в стене шахты; *1* - обрамление; *2* - кнопка вызова; *3* - световой указатель; *4* - световое табло; *5* - закладная деталь; *6* - планка; *7* - шпилька; *8* - скоба; *9* - винт крепления

В кабине устанавливаются кнопочный пульт управления, аппарат громкоговорящей связи с диспетчером, а также конечные выключатели подвижного пола и автоматических раздвижных дверей. На распашных дверях также устанавливается конечный выключатель. Кнопочный пульт управления закрепляется таким образом, чтобы его невозможно было снять из кабины. Поэтому для его крепления используются болты, гайки которых расположены снаружи кабины, или винты со специальной головкой и шлицом в виде двух отверстий. Такой винт можно отвернуть только специальным ключом.

Конечные выключатели должны быть выставлены так, чтобы их срабатывание происходило на средней трети хода (по длине хода штока или по углу поворота рычага).

13.6.2. Монтаж электропроводки и кабелей. Монтаж электропроводки выполняется по специальным монтажным схемам. На монтажных схемах основное внимание уделено не внутреннему содержанию электроаппарата, а выводам из него проводов с указанием номеров, при этом номера соответствуют принципиальной электрической схеме. Кроме того, на них указываются количество и сечение проводов, которые должны быть собраны в процессе монтажа в отдельные жгуты.

В машинном помещении, в шахте или кабине жгуты проводов и отдельные провода могут прокладываться в металлических трубах, металлорукавах или открытым способом. На отдельных участках используется прокладка проводов в пластмассовых трубах.

В настоящее время металлические трубы используются, в основном, для прокладки электропроводки по полу машинного помещения с последующей заливкой чистым полом. Широко применяется также беструбная разводка проводов в каналах штробах пола машинного помещения. Каналы должны закрываться металлическими или асбестоцементными крышками. Провода и жгуты, выходящие из каналов и идущие к аппаратам по стене укладываются в пластмассовые трубы или металлорукава.

Прокладка электропроводки в шахте ранее производилась, в основном, в металлические трубы и на ответвлениях к аппаратам - в металлорукава. Для пассажирских лифтов вся разводка в шахте исполнялась в металлорукавах. В настоящее время прокладка в металлических трубах или металлорукавах используется только в специфических случаях (например, особые условия эксплуатации лифтов в промышленных зданиях или доступность электроразводки снаружи для шахты с сетчатым ограждением). Кроме того, при замене старых лифтов приходится сталкиваться с прокладкой электропроводки в трубах. В остальных случаях электропроводка в шахте осуществляется открытыми жгутами, собранными скрутками и зафиксированными на вертикальной струне. Разводка от жгута до аппарата выполняется в металлорукавах или в пластмассовых трубах по стене шахты.

Металлические трубы перед прокладкой очищают изнутри и снаружи от пыли, грязи и ржавчины с помощью металлических щеток или ершей, а затем окрашивают асфальтовым лаком. Оцинкованные или пластмассовые трубы не окрашивают. Концы труб зачищают от заусенец, острые кромки округляют. Изгиб труб на угол менее 90° не допускается. Радиус загиба трубы должен быть: не менее 4 диаметров трубы при открытой прокладке труб и одном ее изгибе; не менее 6 диаметров трубы - при открытой прокладке и нескольких изгибах; не менее 10 диаметров трубы - при заливке труб бетоном или раствором, а также при их заделке в штробы штукатурки. Отрезки труб соединяют между собой на резьбовых муфтах или на гладких муфтах с последующей обваркой.

Крепление металлических и пластмассовых труб, а также металлорукавов к стенам шахты и машинного помещения выполняется с помощью скоб (рис.13.47).

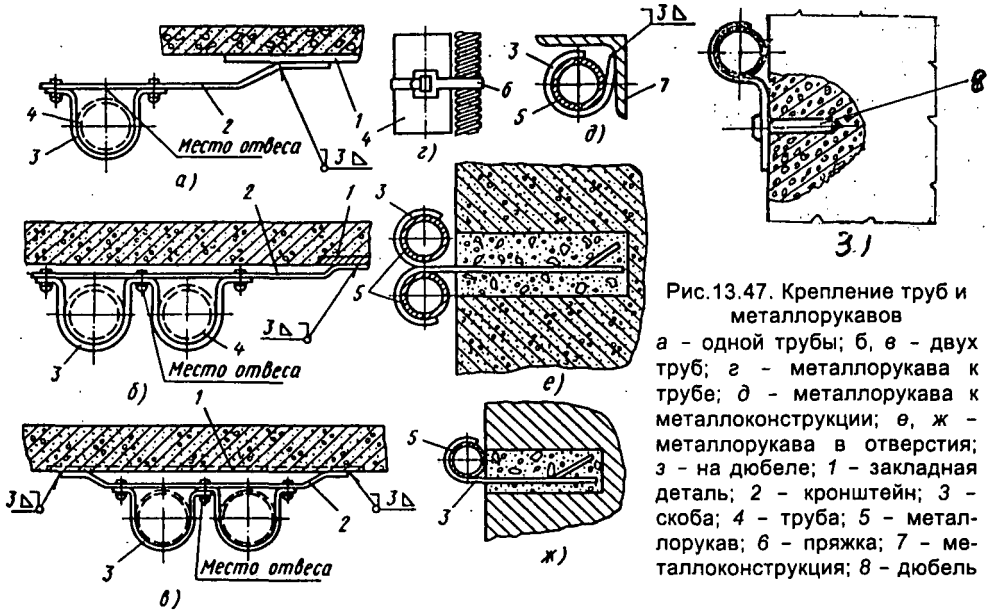


Рис.13.47. Крепление труб и металлорукавов

а - одной трубы; *б*, *в* - двух труб; *г* - металлорукава к трубе; *д* - металлорукава к металлоконструкции; *е*, *ж* - металлорукава в отверстия; *з* - на дюбеле; *1* - закладная деталь; *2* - кронштейн; *3* - скоба; *4* - труба; *5* - металлорукав; *6* - пряжка; *7* - металлоконструкция; *8* - дюбель

Для крепления металлорукавов к трубам или другим конструкциям могут использоваться также пряжки. При прокладке разводки в трубах клеммные коробки крепятся на стенах шахты аналогичным образом.

Соединение труб с клеммными коробками производится с помощью приварки к концам труб втулок или с помощью прижимных скоб на винтах, аналогичных скобам крепления труб на стенах. Соединение пластмассовых труб и металлорукавов с корпусами аппаратов производится с использованием штуцеров. Если установка штуцеров на корпусе аппарата не предусмотрена, к ним подводятся свободные концы металлических или пластмассовых труб и металлорукавов, которые закрепляются на стене и на концах которых устанавливаются оконцеватели (пример крепления труб разводки проводов и магистрали заземления к ВУ показан на рис.13.48). Длина незакрепленных концов проводов при подсоединении их к аппаратам не должна превышать: для проводов сечением до 4 мм^2 - 150 мм; для проводов сечением до 16 мм^2 - 200 мм; для проводов сечением свыше 16 мм^2 - 250 мм. Наименьший радиус изгиба медных проводов всех сечений должен быть не менее трех диаметров провода вместе с изоляцией, алюминиевых - не менее шести диаметров.

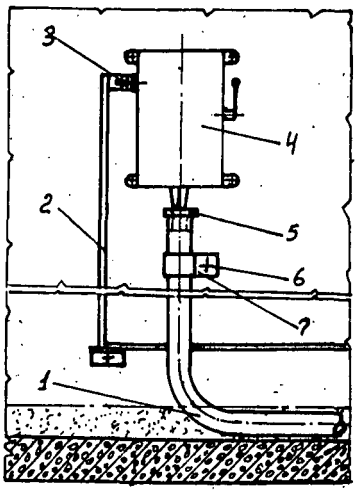
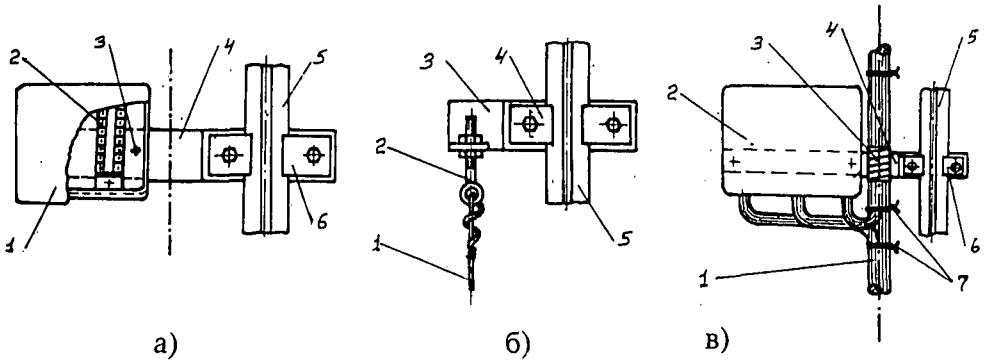


Рис.13.48. Крепление труб разводки и магистрали заземления к ВУ

1 - труба; *2* - магистраль заземления; *3* - винт крепления ввода заземления; *4* - ВУ; *5* - втулка; *6* - дюбель; *7* - скоба

При прокладке электропроводки по шахте открытым способом клеммные коробки крепятся на кронштейнах, устанавливаемых с обратной стороны направляющих кабины с помощью прижимов (рис.13.49). Сама коробка крепится к кронштейну болтами, проходящими через ее заднюю стенку внутри коробки. На аналогичных кронштейнах, располагаемых вверху и внизу шахты, закрепляется и натягивается винтами вертикальная струна для фиксации жгута проводов. Крепление жгута к кронштейну этажной коробки и струне показано на рис.13.49.



а) б) в)

Рис.13.49. Открытая прокладка жгута

а – установка этажной клеммной коробки: *1* – этажная клеммная коробка, *2* – клеммные рейки, *3* – болт крепления коробки, *4* – кронштейн, *5* – направляющие кабины, *6* – прижим; *б* – установка кронштейна и струны крепления жгутов: *1* – струна, *2* – ушковый болт натяжения струны, *3* – кронштейн, *4* – прижим, *5* – направляющая кабины; *в* – крепление жгута к кронштейну этажной коробки и струне: *1* – жгут, *2* – этажная клеммная коробка, *3* – бандаж из изоляционной ленты, *4* – кронштейн, *5* – направляющая кабины, *6* – прижим, *7* – скрутка из проволоки (пряжка)

Жгуты проводов могут поступать на монтажную площадку в готовом виде. Тогда все они, а также все концы проводов, должны быть промаркированы и пронумерованы согласно монтажной электрической схемы.

Для монтажа в машинном помещении используются следующие жгуты: от вводного устройства до НКУ; от НКУ до электродвигателя лебедки; от НКУ до тормозного магнита; от НКУ до конечного выключателя на ограничителе скорости; от НКУ до трансформаторов (если они устанавливаются отдельно).

Для монтажа в шахте используются следующие жгуты (рис.13.50): от НКУ до этажных клеммных коробок (жгут №1); жгуты – перемычки, соединяющие клеммные коробки между собой; от этажных клеммных коробок до клеммной коробки №2; от НКУ до клеммной коробки №2 (жгут №2).

(Клеммная коробка №2 – это коробка подсоединения в шахте подвесного кабеля; клеммная коробка №3 – на кабине).

Если лифт поступает на монтаж без поставленных жгутов электроразводки, они подготавливаются на месте. Заготовка всех жгутов проводов начинается с промера необходимой длины проводом-меркой. Для жгутов, идущих от НКУ в шахту провод-мерка прокладывается вдоль труб машинного помещения и струны крепления жгута в шахте. На нем наносятся метки НКУ, всех этажных клеммных коробок и клеммной коробки №2. Провода-мерки раскладываются на

ровной площадке и по нанесенным меткам, в соответствии с монтажной электросхемой, производится заготовка проводов и сборка их в пучки. При заготовке проводов необходимо учесть длину на подключение проводов к клеммам. В пучки провода собираются связкой их изолентой с шагом 500–800 мм и на расстоянии 200 мм от их концов. Для облегчения последующей маркировки проводов на концы крепятся бирки с указанием номера по схеме. Пучки проводов собираются в жгуты, согласно электросхемы, изолентой или скруткой с тем же шагом. В каждом общем жгуте укладывается резервные провода (10% от рабочих).

Через трубы и металлорукава жгуты протягиваются стальной проволокой (снизу вверх). Протяжка жгутов через пластмассовые трубы и металлорукава, идущие от этажных клеммных коробок к аппаратам или от напольных каналов машинного помещения к аппаратам, производится до закрепления последних на стене.

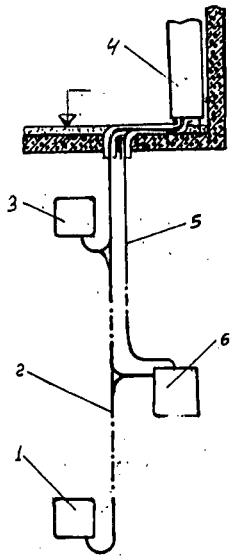


Рис.13.50. Схема прокладки жгутов проводов по шахте
1 – нижняя этажная коробка; *2* – жгут №1; *3* – верхняя этажная коробка; *4* – НКУ; *5* – жгут №2; *6* – клеммная коробка №2

При прокладке электропроводки по шахте открытым способом ее монтаж начинают с установки кронштейнов крепления клеммных коробок и крепления струны. Места их крепления размечаются согласно установочного чертежа. На кронштейны устанавливаются клеммные коробки. Струна закрепляется на верхнем кронштейне. Жгут №1 доставляется на верхние подмости шахты и из машинного помещения, с помощью стальной проволоки, протягивается через трубу к НКУ, где и закрепляется. Свободный конец жгута спускается в шахту, где проверяется его совпадение с этажными клеммными коробками. При необходимости положение жгута регулируется перетяжкой в трубе конца, идущего к НКУ. Струна закрепляется на нижнем кронштейне и натягивается. Аналогично производится монтаж жгута №2 от НКУ до клеммной коробки №2. Оба жгута закрепляются на струне с помощью пряжек или скруток. Сборку этажных клеммных коробок и жгута №1 можно производить и при заготовке жгута. Клеммные коробки опускаются в шахту вместе со жгутом и закрепляются на кронштейнах одновременно с креплением жгута к струне.

Присоединение проводов к клеммным рейкам коробок или аппаратов производится после их оконцевания, т.е. снятием с конца провода изоляции на длину 20–25 мм и заделкой голого провода в кольцо (с облуживанием его или без облуживания) или напрессовкой на конец провода наконечника. Перед оконцеванием на провод надевается полихлорвиниловая трубка (кембрик) длиной 20–25 мм, которая после подключения провода к клемме надвигается на оголенную его часть и на которой наносится его маркировка. Оконцевание одножильных проводов сечением до 10 мм^2 производится загибом его в кольцо без облуживания. Одножильные провода

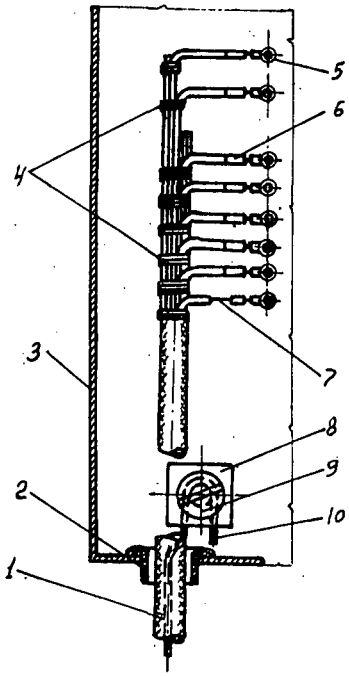


Рис.13.51. Разделка концов подвесного кабеля и крепления тросика в клеммных коробках
1 – подвесной кабель; *2* – втулка; *3* – клеммная коробка; *4* – разделка конца кабеля под «гребенку»; *5* – разделка конца жилы в «кольцо»; *6* – бирка; *7* – жила кабеля; *8* – прижимная шайба; *9* – винт; *10* – тросик

более 10 мм^2 и многожильные, сечением более 2,5 мм^2 должны иметь наконечники. Наконечники опрессовываются клещами, а на медных проводах могут припаиваться. Концы гибких многожильных проводов сечением до 2,5 мм^2 включительно загибаются кольцом и облуживаются. При присоединении к клеммам алюминиевых проводов необходимо оставлять запас не менее, чем на две переделки.

На клемме оконцованный провод закрепляется с помощью подкладной плоской и верхней пружинной шайбы, зажимаемых гайкой. Нельзя закреплять алюминиевые и медные провода в одном зажиме, для их совместного закрепления используются наборные зажимы. Перед присоединением проводов к клемме необходимо проверить непрерывность цепи и правильность маркировки. Концы жгутов проводов при подходе к месту подключения разделываются под «гребенку» с помощью киперной ленты или шпагата (рис.13.51).

В последнее время для прокладки электропроводки в лифтах начали применяться, так называемые, «ленточные кабели». Они представляют собой собранные в одну плоскую ленту-изоляцию провода. Использование ленточных кабелей в лифтовых установках позволяет намного упростить их крепление в шахте и машинном помещении, разделку концов под «гребенку», закрепление кабеля на вводах аппаратов и т.п.

Подвесной кабель служит для соединения аппаратуры на подвижной кабине с остальной частью электросхемы. Конструктивно он представляет собой несколько отдельных проводов, заключенных в общую оболочку и экранированных общей металлической оплеткой. Внутри кабеля проходит также металлический тросик, защищающий провода от растяжения, вызываемого значительной собственной массой кабеля при больших высотах лифтов. В зависимости от сложности управления лифтом, особенно для скоростных лифтов, подвесной кабель может состоять из нескольких параллельных отрезков.

Обычно подвесной кабель поставляется на монтаж мерной длины, с разделанными концами и с маркированными проводами. Но если кабель поступает в общей бухте, он нарезается на отрезки необходимой длины. Длина отрезка определяется, как половина высоты подъема кабины с добавлением к ней 7,5÷10 м. Более точный размер можно получить промером пробным проводом от клеммной коробки №2 до уровня порога кабины на первой остановке, но при этом расстояние от петли провода до пола приямка должно составлять 300÷350 мм. На проводе по этому замеру наносятся метки. К замеренной длине провода добавляется 500 мм на подключение к клеммной коробке №2 и 3,5÷4 м на подключение к клеммной

коробке №3 на кабине. Нанесенные на кабеле метки являются также местами подвески кабеля к кабине и в шахте. По этим меткам, с внутренней от конца стороны, накладывается бандаж из медной проволоки диаметром 1 мм.

В шахте тросик подвесного кабеля крепится за кронштейн клеммной коробки №2. Чтобы вытащить тросик из кабеля для его крепления к кронштейну в шахте, на расстоянии 30 мм от бандажа-метки в сторону конца кабеля делается круговой разрез металлической оплетки. Ее сдвигают на 200 мм и делают разрез вдоль кабеля на шланговой оболочке, через который вытягивают конец тросика. На разрез шланговой оболочки накладывают бандаж из шнура диаметром 1 мм и шагом не более 10 мм. Отодвинутая металлическая оплетка возвращается на место, предварительно на месте разреза подкладывается поясок из медной фольги. Сверху на разрез оплетки накладывается также полоска медной фольги шириной 15 мм, которая припаивается в нескольких местах. С другой стороны разреза делается также бандаж из мягкой проволоки.

Для извлечения тросика на конце крепления к кабине разрез по оплетке делается на расстоянии 350 мм от бандажа-метки в сторону конца кабеля. Оплетка от места разреза сдвигается на 300 мм в каждую сторону. Продольные разрезы шланговой оболочки делаются в двух местах у сдвинутой оплетки. Через разрез более удаленный от бандажа-метки тросик извлекается и обрубается так, чтобы его длина от метки составила 500 мм. Через второй разрез тросик вытаскивается наружу и продергивается через отверстие в оплетке, которое делается у бандажа-метки. Оплетка возвращается на место. Заделка разрезов на шланговой оболочке и оплетке такая же, как и на конце крепления в шахте. Рядом с местом выхода тросика через оплетку ставится второй бандаж из мягкой проволоки.

Подвеска кабеля за тросик к кабине выполняется с помощью коуша, зажима и бандажа (рис.13.52). Зажим устанавливается на расстоянии 15 - 20 мм от коуша, а на расстоянии 10 - 15 мм от зажима накладывается бандаж из мягкой проволоки диаметром 1 - 1,5 мм. Оставшийся конец тросика зажимается под винт, установленный на кронштейне. Конец тросика и место его прижатия на кронштейне должны быть зачищены и смазаны тонким слоем технического вазелина, т.к. тросик является дополнительной линией заземления кабины.

Допускается крепление тросика для подвески кабеля к коробкам №2 и №3 производить с помощью прижимной шайбы, установленной внутри коробки (рис.13.51). В этом случае разделку кабеля для вытяжки тросика не производят.

Концы кабеля разделываются «гребенкой» согласно монтажной схемы. Его крепление к клеммным коробкам №2 и №3 выполняется с помощью штуцеров. При заделке в штуцер металлическая оплетка кабеля обрезается по месту подхода к корпусу коробки и расплетается на 5 - 7 мм. Расплетенная оплетка загибается перпендикулярно

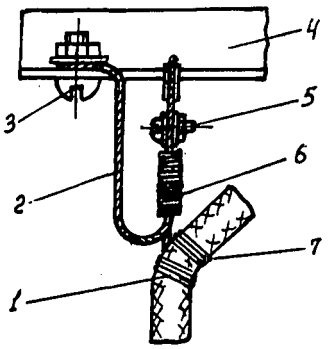


Рис.13.52. Крепление подвесного кабеля к кабине
1 - подвесной кабель; *2* - тросик подвесного кабеля; *3* - винт заземления; *4* - кронштейн; *5* - зажим; *6* - бандаж из проволоки; *7* - двойной бандаж по разрезу

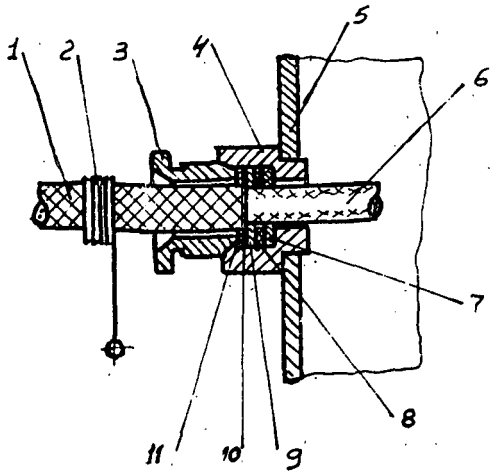


Рис.13.53. Заделка подвесного кабеля в корпуса клеммных коробок

1 – подвесной кабель в металлической оплетке; *2* – бандаж и провод заземления; *3* – гайка сальника; *4* – корпус сальника; *5* – клеммная коробка; *6* – подвесной кабель без оплетки; *7,9,11* – металлические шайбы; *8* – сальниковое уплотнение; *10* – отогнутая металлическая оплетка

кабелю и зажимается гайкой штуцера между двумя металлическими шайбами (рис.13.53). Перед вводом кабеля в коробку на оплетку накладывается бандаж из медной проволоки диаметром 1,5 мм. Бандаж припаивается к оплетке, а конец проволоки от бандажа присоединяется к клемме «Земля» на корпусе коробки. Перед подсоединением проводов кабеля к клеммам их необходимо прозвонить.

При беструбной прокладке проводов постоянное освещение в шахте выполняется посредством крепления жгута проводов на струне. Струна натягивается на уголках, установленных на верхних и нижних кронштейнах направляющих противовеса. Осветительная аппаратура может быть в виде подвесных светильников или настенных патронов (рис.13.54).

Жгут проводов освещения промеряется от выключателя в машинном помещении до нижнего светильника, собирается и затягивается с верхних подмостей в трубу, идущую по полу машинного помещения. Остальная часть жгута спускается в шахту, где он, по мере подсоединения к светильникам, крепится на струне скрутками. В местах подводки проводов к осветительной арматуре они не разрезаются, а с проводов срезается изоляция и оголенные места подключаются к клеммам светильников.

Допускаются и другие методы монтажа жгута и его подключение.

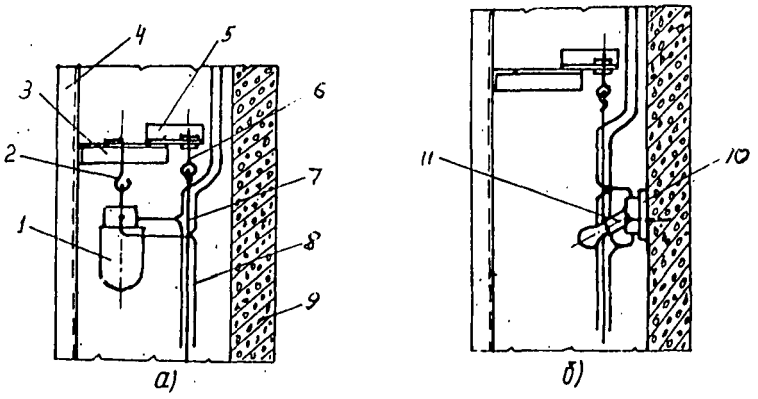


Рис.13.54. Крепление жгута освещения в шахте

а – с подвесным светильником; *б* – с настенным патроном; *1* – светильник; *2* – крюк; *3* – кронштейн направляющих противовеса; *4* – направляющие противовеса; *5* – уголок; *6* – ушковый болт; *7* – струна; *8* – жгут освещения; *9* – шахта; *10* – подрозетник; *11* – настенный патрон

13.6.3. Устройство заземления (зануления) лифтовой установки. Заземление лифтовой установки выполняется в соответствии с чертежами и инструкцией на монтаж завода-изготовителя, а также «Правилами устройства электроустановок». Заземлению или занулению подлежат все металлические части лифта, которые могут оказаться под напряжением вследствие нарушения изоляции: корпуса всех электроаппаратов, направляющие кабины, кабина, двери шахты, трубы и металлорукава электроразводок, корпус вводного устройства, корпус НКУ, рама привода, корпус электродвигателя, корпус тормозного магнита, трансформаторы, корпуса светильников и т.п.

Для изготовления шин заземления могут быть использованы материалы со следующими характеристиками. Диаметр круглых (прутковых) заземлителей, мм: неоцинкованных - 10, оцинкованных - 6. Сечение прямоугольных заземлителей, мм^2 - 48, толщина прямоугольных заземлителей, мм - 4, толщина полок угловой стали, мм - 4.

В качестве магистрали заземления в машинном помещении и шахте обычно используют стальную полосу сечением 4×25 мм. Она закрепляется сваркой на поддерживающем уголке (рис.13.55) на расстоянии 10 мм от стены. Уголок закрепляется на стене дюбелями с шагом 1 - 1,5 м. В машинном помещении магистраль заземления располагают на высоте 500 мм над уровнем пола. Отрезки полосы магистрали соединяются сваркой.

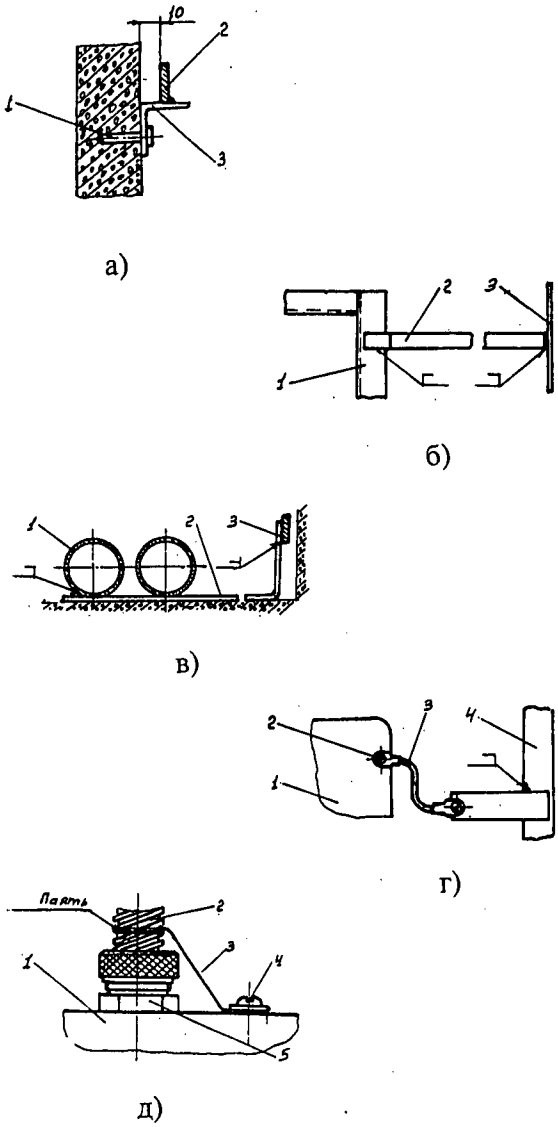


Рис.13.55. Устройство заземления лифтовой установки

а - крепление заземляющей магистрали: *1* - дюбель, *2* - шина заземления, *3* - уголок; *б* - заземление подрамника лебедки: *1* - подрамник, *2* - ответвление от магистрали, *3* - магистраль заземления; *в* - заземление труб электропроводки: *1* - труба, *2* - ответвление от магистрали, *3* - магистраль заземления; *г* - заземление подвижных узлов: *1* - подвижный узел, *2* - винт, шайба,*3* - гибкая перемычка, *4* - магистраль заземления или его ответвление; *д* - заземление металлорукавов: *1* - корпус аппарата, *2* - металлорукав, *3* - перемычка, *4* - винт заземления, *5* - гайка

От основной магистрали отходят ответвления к заземляемому узлу. Ответвления изготавливаются из того же материала и присоединяются к основной магистрали сваркой. Последовательное присоединение на ответвлениях оборудования не разрешается. Присоединение ответвления к неподвижным конструкциям и узлам осуществляется сваркой: подлебедочные балки, подрамник, трубы, подставки, этажерки для установки трансформаторов и т.п. Длина сварного шва должна быть не менее двойной его ширины. Подсоединение ответвления к аппаратам и узлам, установленным на амортизаторах или требующих регулировки их положения, выполняется гибкой перемычкой из многожильного медного провода сечением не менее 1,5 мм^2, концы которого закручиваются кольцом и облуживаются. Место подсоединения заземления зачищается до блеска и смазывается тонким слоем технического вазелина. Заземление металлорукавов в машинном помещении и шахте производится посредством гибкой перемычки. Двери шахты заземляются ответвлением из полосы и приваркой ее к порталу дверей. На верхних отрезках направляющих кабины или приваривают полосу-ответвление от магистрали, или устанавливают перемычки, соединяющие их с магистралью заземления.

Если электрооборудование установлено на заземленных металлоконструкциях (кронштейны, этажерки и т.п.) без прокладок и амортизаторов и закреплено резьбовым соединением, то допускается не заземлять его отдельно, но при этом места установки резьбового соединения должны быть зачищены до блеска и смазаны тонким слоем технического вазелина. Во всех остальных случаях корпус электрооборудования должен быть заземлен перемычкой с заземленным кронштейном или с клеммой «Земля», провод от которой проложен в жгуте и соединен с аналогичной клеммой в клеммной коробке.

Кабина заземляется через одну из жил подвесного кабеля, подсоединенную на клеммных коробках №2 и №3 к клеммам «Земля». Кроме того, в клеммной коробке №3 должна быть поставлена перемычка от клеммы «Земля» к винту крепления клеммной коробки, а в коробке №2 – перемычка от клеммы «Земля» под винт «Земля» на корпусе. Дополнительное заземление кабины производится с использованием тросика подвесного кабеля. Металлические части кабины (нижняя и верхняя балки, стояки, рама пола) связываются между собой перемычками. В грузовых лифтах все щиты купе кабины соединяются между собой, со щитами потолка, рамой пола и каркасом кабины также перемычками, устанавливаемыми под сборочные болты.

На пассажирских лифтах последних моделей, у которых купе собирается также из металлических щитов, заземление между ними осуществляется через болтовые соединения и пружинные зажимы.

Магистраль заземления, идущая по шахте, приваривается к контуру заземления здания или к заземляющим электродам.

После обустройства заземления лифтовой установки производится проверка непрерывности цепи заземления по всем заземленным узлам. Проверка может производиться омметром или прибором «измеритель заземления». Общее сопротивление всей сети заземления не должно превышать 4 Ом, а в местах контактов – не более 0,05 Ом. По результатам замеров составляется соответствующий протокол.

После проверки сети заземления магистраль и ее ответвления окрашиваются в черный или фиолетовый цвет.

13.6.4. Замер сопротивления изоляции электрических цепей. После того, как электромонтажные работы окончены проверяется сопротивление изоляции электрооборудования и всех электрических цепей. Сопротивление замеряется мегометром. На мегометре имеются три зажима: «Земля», «Линия», «Экран».При всех измерениях частота вращения ручки должна быть 120 об/мин.

Перед началом замеров проверяется работа самого мегометра и его проводов подключения. С этой целью провода мегометра замыкаются между собой и производят замер, вращая ручку. Показания прибора должны равняться нулю. При разомкнутых проводах показания должны равняться бесконечности.

При рабочих замерах зажим «Земля» подключается к заземленному участку цепи (корпус двигателя, заземляющая магистраль), при этом место контакта зажима и заземления должно быть зачищено. Зажим «Линия» подключается к токоведущей жиле или обмотке.

Зажим «Экран» используется при замерах в сырую погоду или при высокой влажности в помещении. В этом случае зажимы «Земля» и «Линия» подключаются так, как было описано выше, а зажим «Экран» подключается к изоляции испытываемого провода.

Сопротивление изоляции электроцепей замеряют при соблюдении следующих обязательных условий: отключено вводное устройство; предохранители НКУ сняты; все выключатели, переключатели и автоматы включены; заземление по схеме провода отключены; все двери шахты и кабины закрыты; электросхема переключена в режим нормальной работы; лампы рабочего и аварийного освещения вывернуты.

При обнаружении неисправности в какой-то цепи замер сопротивления изоляции производится последовательно для отдельных ее участков, причем исследуемый участок цепи или отдельный ее элемент (провод, электроаппарат) отключается от цепи.

Замер сопротивления изоляции силовой цепи требует проверки в двух направлениях: сначала проверка каждой фазы на «землю», затем сопротивление изоляции между фазами. При первой проверке зажим «Земля» подключаются к контуру заземления, зажим «Линия» поочередно к каждой фазе. При второй проверке зажимы «Линия» и «Земля» подключаются поочередно к двум разным фазам. Сопротивление изоляции силовой цепи должно быть не менее 0,5 МОм.

Для проверки изоляции обмоток электродвигателя необходимо снять перемычку между ними и отсоединить их от внешних цепей. Замер сопротивления изоляции обмоток проводится, как между ними, так и каждой по отношению к «Земле» (к корпусу двигателя). Сопротивление изоляции обмоток двигателя должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции катушек тормозного магнита проверяют, как на «Землю», так и между собой. Оно должно быть не менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции обмоток низшего и высшего напряжения трансформатора проверяется на «Землю». Оно не должно быть менее 0,5 МОм. Сопротивление изоляции цепи управления проверяется на «Землю». Оно не должно быть менее 1,0 МОм. Сопротивление изоляции цепей освещения и сигнализации проверяется на «Землю». Оно не должно быть менее 1,0 МОм.

Для электродвигателя или электромагнита наиболее частой причиной снижения сопротивления изоляции является сырость. Для просушки ее используют продувание этих узлов теплым воздухом с помощью фена. Используют для сушки также пропускание через обмотки тока низкого напряжения. Потребные для этого на-

пряжение и сила тока должны быть определены расчетом и строго контролироваться в процессе сушки приборами.

По результатам замеров сопротивления изоляции электроцепей составляется соответствующий протокол, который, вместе с протоколом о замерах сопротивлений цепи заземления, входит в «Технический отчет по испытаниям устройств защитного заземления и проверке состояния изоляции электрических сетей и электрооборудования лифта»

13.7 Наладка и сдача лифта в эксплуатацию

13.7.1. Строительно-отделочные работы. После окончания монтажных работ лифтовая установка передается по акту строителям для выполнения строительно-отделочных работ. При передаче лифта представитель монтажной организации совместно с представителем строителей составляют перечень работ, которые необходимо выполнить в шахте и машинном помещении. По окончании работ представитель монтажной организации принимает их, о чем составляется соответствующий акт.

Строительно-отделочные работы в шахте обычно выполняются с монтажных подмостей. Но допускается также их производить с крыши кабины. При этом до начала работ должна быть отрегулирована и опробована система ловителей. Кроме того, передвижение кабины со строителями-отделочниками допускается только штурвалом лебедки и только вниз. Если строительно-отделочные работы выполняются силами бригады монтирующей лифт, их передвижение на кабине допускается с использованием привода на скорости «Ревизия», но выполнение работ можно производить только после остановки кабины.

При проведении строительно-отделочных работ производится, согласно проекта, оштукатуривание и окраска стен шахты и машинного помещения. Оштукатуривание кирпичных стен шахты не требуется, если швы кладки выполнены с расшивкой.

На лифтовой установке окраске подлежат: шины и ответвления заземляющей цепи; заземляющие перемычки; боковые и торцевые поверхности вращающихся узлов механизмов (КВШ, шкив ограничителя скорости, отводные блоки); пресс-масленки, сливные пробки, головки щупов уровня масла и т.п.

На створках дверей шахты с внутренней стороны указываются номера этажей.

При групповой установке лифтов в машинном помещении все узлы оборудования каждого лифта номеруются арабскими цифрами.

Заливка чистого пола, если она предусмотрена проектом, в приямке и машинном помещении делается толщиной 50 мм. Если электропроводка в полу машинного помещения выполнена в каналах, заливка чистого пола не делается. При установке в общем машинном помещении оборудования нескольких лифтов заливка чистого пола делается на толщину 100 мм.

При производстве строительно-отделочных работ выполняется также заделка ниш всех ранее не заделанных анкерных болтов, заделка рам крепления нижних блоков при нижнем расположении машинного помещения и другие аналогичные работы.

13.7.2. Опробование лифта. Целью опробования смонтированного лифта является необходимость убедиться, что монтаж оборудования выполнен в соответствии с проектом.

Если строительно-отделочные работы производятся с подмостей, опробование лифта осуществляется после их выполнения. Если они производятся с крыши кабины, опробование лифта осуществляется до начала строительно-отделочных работ.

Перед опробованием лифта необходимо визуально убедиться, что монтаж оборудования лифта и электропроводки выполнен в соответствии с проектом. Затем нужно произвести смазку всех механизмов лифта, залить масло в редукторы лебедки и привода дверей, проверить уровень масла в масляных буферах. Нужно также убедиться, что в шахте отсутствуют посторонние предметы и оборудование, оставшееся после выполнения монтажных работ.

Перед опробованием необходимо проверить состояние тормозного устройства лебедки и правильность его регулировки. Для этого нужно удостовериться, что: рабочая поверхность тормозной полумуфты ровная, без следов выработки, и чистая от масла и грязи; тормозные обкладки имеют толщину не менее 4 мм; фиксаторы надежно фиксируют тормозные колодки и не мешают их самоустановке; электромагнит срабатывает четко, его катушки надежно закреплены и не «гудят» при работе.

При проверке правильности регулировки замеряются: зазор между тормозными обкладками и поверхностью тормозной полумуфты должен быть равен 0,3 - 0,8 мм при расторможенном тормозе и одинаков с обеих сторон; зазор между якорем и ярмом должен быть равен для короткоходового электромагнита - 4 мм, для длинноходового - 20 мм. Проверка зазоров производится щупом, регулировка описанна в разделе «Эксплуатация лифтов».

Перед опробыванием лифта проверяется правильность подключения электродвигателя лебедки. Для этого необходимо проверить маркировку проводов подключенных к электродвигателю и клеммным рейкам НКУ.

Особое внимание при опробовании лифта следует уделять НКУ, выполненным на основе микропроцессорных блоков. Подключение проводов к таким станциям и проведение опробования должно выполняться только специально обученным персоналом.

В начале опробования рекомендуется осуществить пробный пуск кабины на всю высоту шахты, который выполняется вручную, штурвалом лебедки. Если кабина монтировалась с установкой вверху шахты, для облегчения усилия ее перемещения, в ней укладывается груз, равный по массе половине номинальной грузоподъемности.

Убедившись, что кабина проходит свободно, не задевая конструкции и узлы, установленные в шахте, переходят к опробованию привода. Для этого кабина штурвалом устанавливается на уровне верхней остановки, управление переводится на машинное помещение и кратковременным нажатием на кнопку «Вниз» убеждаются в том, что кабина перемещается в заданном направлении.

Далее проводится проверка посадки кабины на ловители. Для этого: кабина штурвалом устанавливается на уровне верхней остановки; управление осуществляется из машинного помещения; нажимается кнопка «Вниз» и, после того, как кабина достигает номинальной скорости, нажимается контрольный штифт ограничителя скорости; при этом кабина должна сесть на ловители.

При испытаниях ловителей и ограничителя скорости, а также при управлении движением из машинного помещения находиться в кабине или на ее крыше запрещается.

Затем проверяется надежность посадки кабины на ловители. Для этого: выключается вводное устройство и вручную, за штурвал пытаются опустить кабину. Если кабина надежно села на ловители опускания ее не произойдет. Растормаживание лебедки вручную производится нажатием на рычаг электромагнита. Удерживать тормозные колодки в разжатом положении каким-либо другим механическим способом запрещается. Затем кабина вручную снимается с ловителей и устанавливается на уровне удобном для выхода на ее крышу. Включается вводное устройство, управление передается на крышу кабины и на скорости «Ревизия» монтажники опускаются до уровня удобного для замера следов ловителей на направляющих. Длина пути торможения на ловителях не должна превышать установленных норм. С помощью уровня проверяется также одновременность срабатывания ловителей. Методы регулировки ловителей и механизма их привода были рассмотрены выше.

После проверки работоспособности ловителей проводится испытание ограничителя скорости. Для этого: передать управление в машинное помещение; установить кабину на уровне верхней остановки; перекинуть канат ограничителя скорости с большого шкива на малый; нажать кнопку «Вниз»; при достижении кабиной номинальной скорости должны сработать ловители. Если этого не произойдет, движение кабины останавливается кнопкой «Стоп». О результатах испытаний составляется соответствующий акт. Снятый ограничитель скорости отправляется на завод для замены или последующей регулировки. Вскрывать опечатанный пломбой ограничитель скорости можно только с письменного разрешения начальника участка.

Если регулировка ограничителя скорости производится на месте, она выполняется путем уменьшения сжатия пружины. После регулировки проводятся контрольные испытания. Сначала проводится проверка на срабатывание ловителей по методике, описанной выше. Если при этом достигается положительный результат, производят 2–3 пробных пуска лифта вверх и вниз с канатом ограничителя скорости на большом шкиве. Ограничитель скорости срабатывать не должен. После получения окончательного положительного результата составляется соответствующий акт.

Последние инструкции по монтажу лифтов допускают проводить испытание ловителей и ограничителя скорости одновременно. Для этого канат ограничителя скорости перекидывается на малый шкив и из машинного помещения дается команда «Вниз». Срабатывание ловителей показывает, что ограничитель скорости функционирует нормально. После этого проводится контроль работы ловителей: надежность посадки, длина пути торможения, одновременность срабатывания ловителей. Если же срабатывания ловителей не произошло, испытание ловителей и ограничителя скорости проводятся раздельно.

Этими же инструкциями предусматривается проведение проверки свободного прохода кабины по всей высоте шахты после испытания ловителей и ограничителя скорости. Такая проверка проводится с крыши кабины на скорости «Ревизия».

При опробовании лифта необходимо убедиться, что расстояния между движущимися элементами кабины, противовеса, а также конструкцией шахты и оборудованием, расположенным в ней, соответствуют нормам ПУБЭЛ. Особое внимание при опробовании лифта необходимо обратить на следующие проверки (рис.13.56): зазор между порогом двери кабины и дверью шахты по всей длине порога (он должен быть одинаковым, в пределах 15–50 мм, и соответствовать проекту); зазоры между шунтом и датчиком (пластина шунта должна находиться в середине паза датчика, заходить в

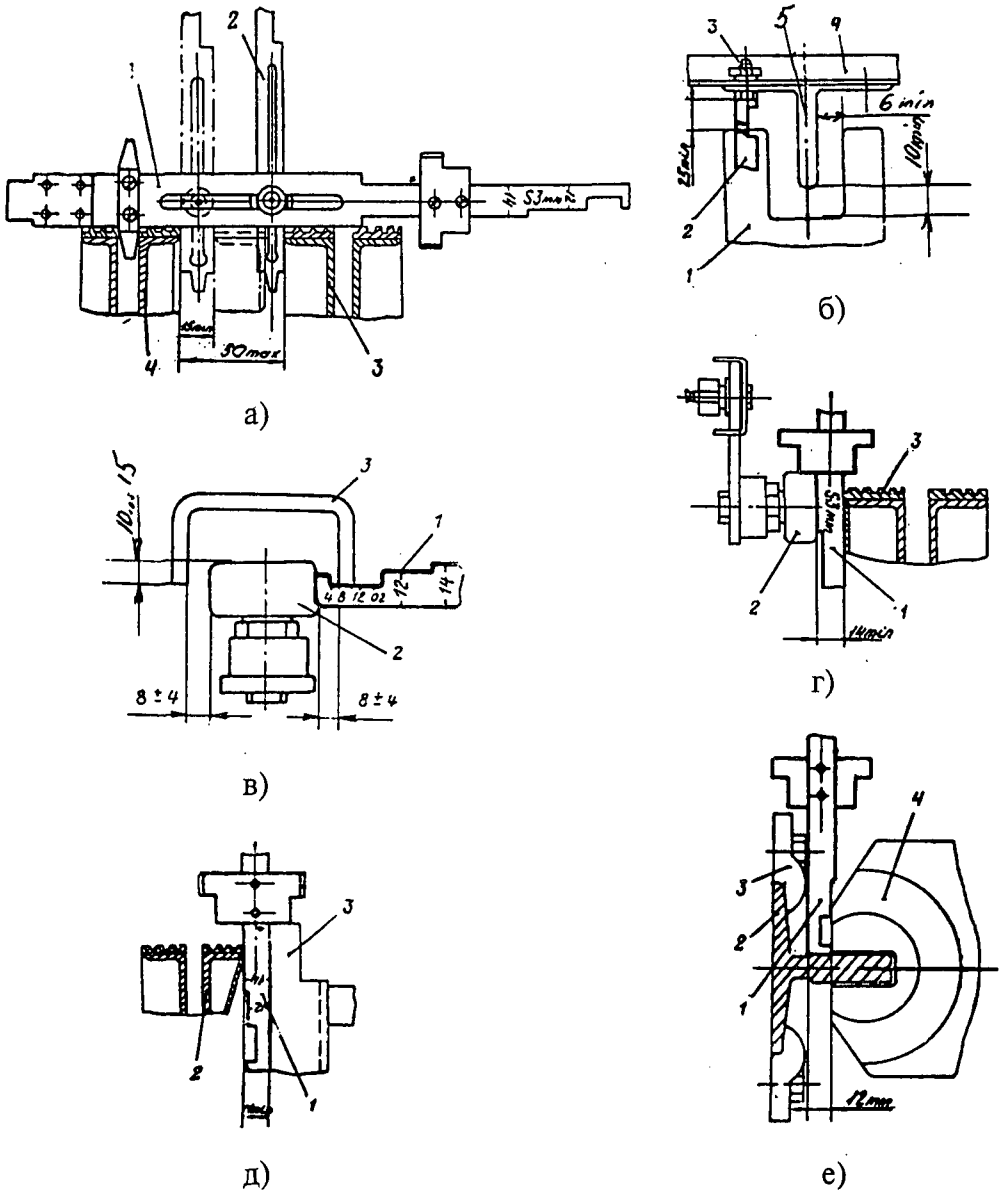


Рис.13.56. Проверка зазоров между подвижными и неподвижными узлами лифта

а - порогом кабины и дверью шахты; *1* - шаблон - линейка; *2* - щуп - линейка; *3* - порог двери кабины; *4* - порог двери шахты; *б* - шунтом и датчиком; *1* - датчик; *2* - шаблон - линейка; *3* - болт, гайка, шайба; *4* - кронштейн шунта; *5* - шунт; *в* - роликом шахтной двери и отводкой кабины; *1* - шаблон - линейка; *2* - ролик двери шахты; *3* - отводка двери кабины; *г* - торцом ролика двери шахты и порогом кабины; *1* - шаблон - линейка; *2* - ролик двери шахты; *3* - порог двери кабины; *д* - отводкой кабины и порогом двери шахты; *1* - шаблон - линейка; *2* - порог двери шахты; *3* - отводка кабины; *е* - башмаками и прижимами направляющих; *1* - шаблон линейка; *2* - направляющая; *3* - прижим; *4* - башмак

паз на глубину 30 – 40 мм, боковой зазор должен быть не менее 5 мм, расстояние от торца шунта до внутренней поверхности паза – не менее 10 мм и расстояние от датчика до головки болта крепления шунта – не менее 25 мм); заход ролика шахтной двери в отводку на кабине (глубина захода ролика в отводку должна находиться в пределах 10 – 15 мм, она регулируется ввертыванием или выкручиванием на резьбе оси ролика, боковые зазоры должны быть в пределах $8^{\pm 4}$ мм, их регулировка выполняется перемещением оси ролика); зазор между торцом ролика двери шахты и порогом кабины (он должен быть не менее 14 мм); зазо́р между отводкой кабины и порогом двери шахты (он должен быть не менее 14 мм); расстояния от башмаков кабины до прижимов крепления направляющих (расстояние от головок прижимов до башмаков должно быть не менее 12 мм).

При использовании в конструкции лифта комбинированных и электромагнитных отводок на этапе опробывания выполняются также следующие проверки: зазор между торцом оси ролика этажного переключателя и комбинированной отводкой при нахождении ролика в прямолинейном участке (зазор между торцом оси ролика и комбинированной отводкой должен быть не менее 10 – 12 мм, зазор между комбинированной отводкой и рычагом этажного переключателя должен быть в пределах 10 – 15 мм); зазор между стенкой кабины и роликом автоматического замка (он должен быть не менее 6 мм); зазор между роликом автоматического замка и электромагнитной отводкой в рабочем положении (он должен быть не менее 6 мм, отводка на кабине должна быть установлена таким образом, чтобы при нажатии на ролик ригель освободил защелку, а ДЗ разорвал бы электрическую цепь).

Проверка зазоров проводится на всех этажах, перемещаясь на кабине со скоростью «Ревизия».

13.7.3. Регулировка оборудования лифта. Многие вопросы регулировки оборудования лифта рассмотрены выше в соответствующих разделах или в разделе «Эксплуатация лифтов», а вопросы регулировки элементов электроаппаратуры – в разделе «Электрооборудование лифтов».

Кроме этого необходимо выполнить следующие проверки и регулировки.

Проверить уравновешенность кабины и противовеса. Для этого кабина загружается грузом равным половине номинальной грузоподъемности лифта (±5 кг) и устанавливается на одной высоте с противовесом, что исключает влияние массы канатов. Выключается вводное устройство и вручную растормаживается тормоз лебедки. При правильной балансировке масс усилия на маховике, определяемое динамометром, при вращении в разные стороны должны быть одинаковыми. Регулировка уравновешенности производится добавлением или снятием грузов противовеса.

При проверке работоспособности лифта и регулировке его оборудования особое внимание следует уделять надежности работы всех блокирующих и предохранительных устройств безопасности, обеспечивающих безопасность работы лифта, правильность выполнения всех команд, точность остановки кабины на всех этажах.

Для этого нужно выполнить нижеперечисленные проверки.

Проверить и отрегулировать выключатели подвижного пола на срабатывание. Это проводится последовательно загрузкой в кабину грузов массой 15 кг, массой равной 90% номинальной нагрузки, массой равной 110% номинальной нагрузки. При расположении в кабине первого груза должен сработать соответствующий выключатель и кабина не может быть вызвана наружным вызовом; при втором

грузе - сработать второй выключатель и кабина не может быть остановлена промежуточным наружным вызовом; при третьем грузе - сработать третий выключатель и кабина остается неподвижной при подаче команды изнутри кабины и двери остаются открытыми. Регулировка включения подпольных контактов зависит от конструкции механизма подвижного пола. На моделях, у которых на рычагах установлены пружины, регулировка выполняется за счет затяжки или ослабления пружин и перемещением конечного выключателя. На моделях, у которых положение нажимного рычага регулируется подпружиненным болтом, регулировка выполняется этим болтом и вворачиванием упора, расположенного под головкой штока выключателя. На последних моделях, у которых на каждый рычаг закреплен собственный груз, регулировка выполняется простым перемещением груза вдоль рычага.

Проверить возврат плунжера масляного буфера. Это производится последовательной посадкой кабины и противовеса на буфера на скорости «Ревизия», а затем снятием их вручную с помощью штурвала. При положении кабины или противовеса на буфере нужно проверить работу выключателя, контролирующего выход плунжера. При попытке пустить кабину с помощью аппаратов управления, кабина в движение прийти не должна. После посадки кабины или противовеса на буфер проверяется также уровень масла.

Проверить срабатывание выключателя натяжного устройства каната ограничителя скорости. Для чего нужно нажать на ролик выключателя и убедиться, что кабина остается неподвижной при подаче команд управления.

Блоки натяжного устройства компенсирующих канатов должны располагаться так, чтобы расстояние от упоров на башмаках до ролика выключателя было одинаковым, как сверху, так и снизу. Работоспособность выключателя проверяется также, как и для натяжного устройства каната ограничителя скорости.

Выключатель контроля ослабления или обрыва тяговых канатов проверяется нажатием на рамку для его выключения. При нормальной его работе кабина двигаться не должна.

При пробной посадке на ловители проверяется срабатывание выключателя на механизме привода ловителей. Кабина должна оставаться неподвижной при подаче команд управления.

Проверить работу концевых выключателей. Для чего устанавливают кабину на верхнем (на нижнем) этаже. Из машинного помещения дают команду на движение кабины вверх (вниз) до срабатывания концевого выключателя. Он должен срабатывать при переподъеме (переопускании) кабины не более чем на 200 мм. Регулировка осуществляется путем перемещения упоров на канате ограничителя скорости.

Выключатели дверей кабины испытывают при закрытых дверях шахты. Выключатели каждой створки проверяют поочередно, оставляя открытой проверяемую створку. При этом производят пуск кабины - она не должна двигаться.

Выключатели блокировки дверей шахты проверяются на каждой остановке при открытых дверях шахты и закрытых дверях кабины. При подаче команды управления кабина не должна перемещаться.

При проверке дверных замков следует убедиться в невозможности открыть дверь шахты, если кабины нет на уровне проверяемого этажа.

Проверку невозможности открыть шахтную дверь, когда отводка сошла с ролика автоматического замка, проводят, отводя вручную из кабины засов неавтомати-

ческого замка, а в лифтах с раздвижными автоматическими дверями пытаются вручную раздвинуть створки шахтных дверей. Двери не должны открываться. Кабина при этом устанавливается на 150 мм выше или ниже уровня остановки.

У кабин с распашными дверями проверяется работа фартучного устройства. Для этого открывают любую створку на 15 - 20 мм и дают команду на движение. Кабина должна остаться неподвижной.

Действие контактов автоматического замка проверяют с крыши кабины. Проверяющий, находясь на крыше кабины, нажимает на ролик автоматического замка и дает команду находящемуся в кабине рабочему на пуск лифта. Кабина должна остаться неподвижной. После того, как замок будет отпущен, кабина при пуске должна начать движение.

Точность остановки кабины производят замером разности уровней пола кабины и этажной площадки. Она не должна превышать: для односкоростных пассажирских лифтов ±50 мм; для двухскоростных пассажирских, больничных и грузовых с загрузкой напольным транспортом ±15 мм. Проверка производится с загрузкой кабины и без нее при движении в обеих направлениях. Если требуемая точность остановки не соблюдается регулировка осуществляется изменением высотного положения шунта (датчика или этажного переключателя). Но вначале необходимо убедиться в правильной регулировке тормоза лебедки.

У лифтов с двухскоростным приводом проверяется своевременность перехода с большой скорости на малую. При неправильной работе регулируется положение датчика перехода на малую скорость.

Действие этажных и кабинных кнопочных аппаратов проверяется подачей команд и их выполнением. Действие кнопки «Стоп» проверяется ее нажатием при движущейся кабине. Последняя должна остановиться немедленно. После нажатия на кнопку команды движение кабины должно продолжиться.

Проверка замков дверей шахты грузовых лифтов выполняется следующим образом: вручную отводят рычаг ригельного запора в сторону его открывания на 25 мм; при нажатии на ручку шпингалетного замка его шток должен открыть защелку и дверь открыться свободно. Если замок работает с заеданиями или достаточно туго, его вскрывают и ремонтируют.

Если створки дверей закрыты, ригельный замок должен функционировать без затруднений. При этом фартук должен прилегать к створкам по всей ширине двери с зазором не более 2 мм. Ручка замка может освобождаться только после размыкания блокировочного контакта. Ригель должен выходить из каркаса двери полностью.

Механические и электрические части замка должны работать согласованно. Если дверь закрыта и ригель электрической части опущен, задвижка электрической части, отведенная рукой и опущенная, должна свободно входить в отверстие стояка двери и перемещать шток контакта до отказа. В тоже время, если отвести и опустить ригель, то он должен свободно входить в отверстие и перемещать щеколду, запирающую замок, под действием ручки или ключа (со стороны этажной площадки).

Рычаг с роликами должен находиться в таком положении, чтобы зазор между роликом и полностью втянутой магнитной отводкой был не менее 2 мм. Если магнитная отводка отпущена, ригель не должен мешать открыванию двери. Совпадение боковой поверхности ролика с рабочей поверхностью отводки регулируется осью ролика, закрепленной на резьбе.

При монтаже выжимных тротуарных лифтов необходимо провести проверку блокировочных контактов и шунтирующего выключателя закрывания люка. Для этого платформа устанавливается на верхней остановке и дается команда движения «Вниз». После начала движения между створками люка подкладывается деревянный брусок. Платформа должна остановиться.

13.7.4. Наладочные работы. Наладочные работы производятся после выполнения всех работ механической регулировки узлов лифта. Они осуществляются в соответствии с инструкцией по наладке лифтов и технической документацией завода-изготовителя. Как правило, наладочные работы производятся специализированной бригадой наладчиков при участии бригады монтажников.

В комплекс наладочных работ входят три периода: подготовительный, пусконаладочный, комплексное опробование оборудования.

Во время подготовительного периода производится: ознакомление с технической документацией ; осмотр оборудования и выявление дефектов изготовления и монтажа с составлением дефектной ведомости; комплектование необходимых приборов и инструментов; подготовка рабочего места.

Во время пусконаладочного периода производятся: замер параметров электрических цепей и аппаратуры лифта с составлением необходимых технических отчетов; опробование работы оборудования лифта под нагрузкой с электрической регулировкой аппаратуры с целью получения характеристик, заданных проектом; наладка автоматических режимов работы лифта или группы лифтов по количественным и качественным показателям; проведение сдаточных испытаний на эксплуатационных режимах.

Во время периода комплексного опробования оборудования производится опробование работы лифта или группы лифтов на эксплуатационных режимах в технологическом процессе.

13.7.5. Обкатка и сдача лифта в эксплуатацию. После опробования и наладки лифта проводится его обкатка. По последним инструкциям специальную обкатку проводить необязательно. Но, если она выполняется, то при этом соблюдаются следующие условия: обкатка производится с номинальной нагрузкой в режиме нормальной работы; при обкатке циклы вверх-вниз с остановкой на каждом этаже чередуются с транзитными циклами между крайними остановками; всего за время обкатки выполняется 13÷15 циклов; непрерывность работы при обкатке не должна превышать 8÷10 мин, после чего необходимо сделать паузу 2÷3 мин.

Отсутствие требования в проведении специальной обкатки объясняется выполнением аналогичных рабочих движений лифта при его регулировке и наладке.

Во время обкатки и после нее проверяются работоспособность лифта, взаимодействие его элементов, отсутствие вибрации и шума, отсутствие течи масла из редуктора и т.п.

По окончании монтажных работ каждый лифт проходит осмотр и проверку его функционирования во всех предусмотренных режимах работы, а также статические и динамические испытания, предусмотренные ПУБЭЛ. Методика проведения испытаний приведена в разделе «Эксплуатация лифтов». При положительных результатах испытаний оформляется «Акт технической готовности» и в паспорте лифта делается соответствующая запись. Если результаты испытаний неудовлетворительны и причины негативного результата устранить невозможно, оформляется акт дефектов и на объект вызывается представитель завода-изготовителя.

Для пуска лифта в эксплуатацию генподрядчик организует комиссию. При положительных результатах работы комиссии составляется «Акт приемки лифта». Инспектор Госгортехнадзора регистрирует лифт и делает запись в его паспорте, разрешающую эксплуатацию.

13.8. Техника безопасности при монтаже лифтов

При выполнении работ по монтажу лифтового оборудования следует руководствоваться правилами техники безопасности, приведенными в нижеперечисленных нормативных документах: СН и П III-4-80 «Техника безопасности в строительстве»; «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей» (ПТЭ); «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»(ПТБ); «Типовая инструкция по охране труда при монтаже лифтов и канатных дорог».

При выполнении монтажных и такелажных работ необходимо, кроме правил, указанных в приведенных документах, соблюдать нижеперечисленные требования.

Запрещается начинать монтаж лифта без распоряжения на открытие объекта, ознакомления бригады с условиями монтажа и инструктажа на рабочем месте.

Запрещается вести работы по монтажу лифтового оборудования, а также находиться на строительной площадке без защитной каски.

Запрещается производство монтажных работ в шахте с помощью грузоподъемных механизмов при отсутствии видимой связи между рабочим местом монтажников и машинистом крана или мотористом лебедки без налаженной телефонной или радиосвязи.

Запрещается вести работы по монтажу лифтового оборудования, находясь на крыше здания при скорости ветра 15 м/с и более, отсутствии ограждения, а также при гололеде, грозе, сильном снегопаде или тумане, исключающем видимость в пределах фронта работ.

Подъем оборудования массой, близкой к максимальной грузоподъемности подъемных средств, следует производить в два этапа. Сначала оборудование поднять на высоту 200–300 мм, проверить строповку и надежность тормоза, затем – на полную высоту. Запрещается поднимать оборудование, масса которого неизвестна.

Особую осторожность следует соблюдать при подъеме и опускании узлов или элементов лифта по шахте. Если его необходимо сопровождать в процессе подъема или опускания, то это надо делать, переходя с одной посадочной площадки на другую. На время перехода перемещение груза приостанавливают.

Груз стропят надежно так, чтобы не могла произойти его расстроповка при зацепах за элементы оборудования в шахте и прослаблении грузового каната.

Расстроповку груза можно производить только после того, как он будет надежно установлен на место и монтажники убедятся, что груз не может упасть после снятия стропов.

Лебедки, тали, блоки крепят к конструкциям шахты или здания только в соответствии с проектом производства работ или по указанию прораба после согласования с генподрядчиком.

Лебедку включают по сигналу лица, ответственного за подъем груза. Любой непонятный сигнал следует выполнять, как «стоп».

Электроинструмент, питающийся от сети напряжением 220 В должен иметь двойную изоляцию. Одинарная изоляция допустима для электроинструмента, питающегося от сети не выше 42 В, при этом работа с ним должна выполняться с использованием диэлектрических перчаток.

При монтаже лифтов также запрещается: оставлять открытыми двери шахты; подключать к цепи управления лифта электрический инструмент, лампы освещения или другие электрические приборы, за исключением измерительных; производить работы с каркаса или с крыши кабины во время их движения; находиться на крыше кабины более, чем двум монтажникам; перевозить в кабине лиц, не связанных с монтажом лифта; оставлять после работы на крыше кабины или на подмостях горюче-смазочные материалы, ветошь, инструмент и запчасти; входить на крышу кабины и перемещаться по шахте на малых грузовых лифтах; производить пуск кабины с этажной площадки через открытые двери шахты и кабины; шунтировать (выводить из действия) при движении на номинальной скорости предохранительные и блокировочные устройства лифта; пользоваться переностными лампами напряжением более 42 В; опускаться или подниматься по канатам, направляющим и закладным деталям; переходить из шахты в смежную шахту по металлоконструкциям; подключать инструмент к контактам, находящимся под напряжением (наличие напряжения проверять только контрольными приборами); укладывать без предварительного разрешения руководителя работ детали оборудования на подмости во избежании возможного их обрушения; изменять положение стропов или захватных приспособлений при грузе, находящемся на весу; работать вблизи места сварки без защитных очков; выполнять на крыше кабины работы (промывку и очистку канатов, деталей и т.п.), которые можно производить вне шахты; совмещать работы в шахте с работами строительной или других монтажных организаций; пользоваться незакрепленной монтажной лебедкой; перемещаться, находясь на крыше кабины со скоростью более 0,4 м/с, исключение составляют односкоростные лифты со скоростью перемещения кабины 0,71 м/с; находиться в кабине при испытании ловителей; производить пуск лифта механическим нажатием контакторов «Вверх» или «Вниз»; заменять рабочий элемент режущего электроинструмента без отключения его из сети; оставлять без присмотра электроинструмент, включенный в сеть; оставлять лифт подключенным к сети после прекращения работ на объекте; использовать нештатный кабель для его подключения к аппарату управления режима «Ревизия» и НКУ.

ГЛАВА 14

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ ЛИФТОВ

14.1. Общая характеристика и организация службы эксплуатации лифтов

Рассматривая общую характеристику организационных мероприятий по эксплуатации лифта, следует исходить из двух особенностей машины, существенным образом влияющих на требования обеспечения безопасных условий пользования лифтом.

Первая особенность связана с тем, что лифт представляет собой машину повышенной опасности из-за наличия свободного пространства большой высоты, используемого для движения кабины лифта, а в лифтах с электроприводом и из-за возможности воздействия электротока.

Вторая особенность заключается в том, что в отличие от других распространенных видов транспорта, где к управлению допускается строго ограниченное число специально обученных лиц, лифт управляется гражданами без ограничений по возрасту и состоянию здоровья, не обученных правилам пользования.

В связи с этим при организации эксплуатации лифтов следует руководствоваться двумя основными требованиями, содержащимися в ПУБЭЛ.

Одно из них относится к обеспечению постоянного наблюдения за работающим лифтом со стороны обученного персонала (текущий надзор). Второе касается организации технического надзора с целью обеспечения постоянной готовности его к выполнению своих функций на безопасном уровне.

Приобретая лифт или здание с расположенным в нем лифтом, Вы становитесь владельцем лифта и на Вас, согласно ПУБЭЛ, возлагается обязанность по обеспечению его содержания в исправном состоянии, а также обеспечение безопасной эксплуатации, для чего необходимо выполнить ряд требований, предусмотренных правилами.

Владелец лифта. Наиболее часто владельцем лифта являются организации, занимающиеся производственной, торговой, лечебной, учебной и другой деятельностью, либо муниципальные жилищные эксплуатационные организации, жилищные товарищества людей, проживающих в многоэтажных зданиях.

Владельцу лифта разрешается возложить приказом весь комплекс обязанностей по текущему и техническому надзорам на «лицо, ответственное за организацию эксплуатации лифта», которое аттестуется комиссией с участием представителя технадзора. В этом случае «владелец лифта» самостоятельно решает обе задачи. Однако правила допускают передачу работ по техническому надзору или обслуживанию специализированной организации. В этом случае между «владельцем лифта» и специализированной организацией заключается соответствующий договор. При этом владелец передает большую и ответственную часть работы по содержанию лифта организации, обязующейся осуществлять квалифицированное техническое обслуживание и ремонт лифта, нести ответственность в том числе и юридическую за безопасный уровень его технического состояния.

Вариант организации работ по содержанию лифтов специализированными организациями получил преобладающее распространение т.к. он обеспечивает более высокий уровень технического состояния и чаще всего экономически целесообразен.

В процессе приемки лифта в эксплуатацию после монтажа, уполномоченный представитель владельца лифта, участвует в работе приемочной комиссии и подписании соответствующих документов.

В период эксплуатации лифтов на уполномоченного представителя владельца лифта, выполняющего работу по текущему надзору, исходя из условий безопасной работы лифтов и требований договора со специализированной организацией, налагается ряд обязанностей по:

- обеспечению эксплуатации лифта в соответствии с его назначением и грузоподъемностью, а также указанными в паспорте условиями его эксплуатации;
- обеспечению аттестации обслуживающего персонала (лифтеры, операторы) до начала их работы и проведению периодической проверки их знаний;
- обеспечению обслуживающего персонала, находящегося в штате владельца лифта, производственными инструкциями и контролю за их выполнением;
- выполнению в установленные сроки предписаний органов технадзора и представителя специализированной эксплуатационной организации;
- обеспечению выполнения условий договора между специализированной организацией и владельцем лифта;
- исключению допуска в машинное и блочное помещения посторонних лиц;
- проведению работы среди пользователей лифтов с целью обучения правилам безопасности и бережного отношения к лифту;
- прекращению работы лифта при наличии неисправностей, способных вызвать аварию или несчастный случай, а также при отсутствии аттестованного персонала.

Текущий и технический надзор за работой лифтов

Текущий надзор. Под этим понятием подразумевается постоянное наблюдение за действующим лифтом. Это работа по сбору и анализу сведений о технической готовности лифта к безопасному выполнению штатных функций по вертикальному перемещению людей или грузов. Объем работы по текущему надзору, определяется длительностью работы лифта в течение суток и количеством лифтов. При круглосуточном функционировании лифта объем работы оказывается значительным и для ее выполнения необходим большой штат персонала, состоящего из лифтеров, либо лифтеров-обходчиков, либо операторов диспетчерских систем, либо проводников, если это требуется системой управления лифтом. В состав работы этих специалистов входит ежесменный осмотр лифта для оценки его безопасности и готовности к выполнению штатных функций. При обнаружении отклонений от нормального состояния, работа лифта прерывается, о чем сообщается участковому электромеханику либо прорабу или диспетчеру аварийной службы.

Функции, права и обязанности этих работников содержатся в типовой инструкции, утвержденной Госгортехнадзором.

В последние годы основной объем работ по текущему надзору выполняется операторами объединенных диспетчерских систем. Эти системы, базирующиеся на достижениях современной техники, позволяют минимизировать затраты по текущему надзору за работой лифтов.

Технический надзор. Под этим термином подразумевают комплекс технических мероприятий, необходимых для поддержания лифта в постоянной готовности к выполнению штатных функций в течение расчетного срока службы с обеспечением всех эксплуатационных показателей. Основой этих мероприятий является сис-

тема плановых технических осмотров или регламентных работ и текущих ремонтов. При необходимости выполняются также работы по капитальному ремонту и модернизации лифта.

Работоспособность лифтов. В процессе работы лифта происходит необратимый процесс изменения уровня технического состояния его узлов. Он вызван явлениями усталости, старения, коррозии, подгорания и окисления электроконтактов, износа трущихся элементов. Это приводит к постепенной утрате лифтом или отдельными его узлами рабочих характеристик, а затем и к полному их отказу.

Состояние лифта или его узла, при котором они способны выполнять функции с параметрами, установленными требованиями технической документации, называется работоспособным состоянием. Под ресурсом работоспособности лифта (или его узла) понимается продолжительность времени работы его до потери работоспособности. Потеря работоспособности происходит, например из-за: износа уплотнений редуктора, приводящего к потере смазки; износа элементов червячной передачи и подшипниковых узлов, приводящих к снижению КПД редуктора, увеличению виброактивности, шума, росту потребляемой электроэнергии; износа и старения элементов тормоза, приводящих к уменьшению тормозного момента, снижению точности остановки кабины и безопасности; старения резиновых амортизаторов установки привода лифта, приводящего к потере эластичности, увеличению жесткости упругих элементов и, как следствие, к снижению звукоизолирующей способности амортизаторов.

Изменение работоспособности лифта по мере увеличения его срока службы проявляется: в изменении надежности и безопасности; увеличении расхода эксплуатационных материалов и потребляемой энергии; снижении уровня комфортности, увеличении времени простоев лифта.

Темпы снижения работоспособности лифта или ее восстановления в значительной мере зависят от качества технического обслуживания и ремонта.

Основная доля работы по техническому обслуживанию и ремонту возлагается на высококвалифицированных рабочих-электромехаников, проходящих подготовку в специализированных учебных заведениях, и получающих аттестацию и удостоверения на право самостоятельной работы с лифтовой техникой.

Структура службы эксплуатации. Как показывает опыт, в нашей стране наилучшим образом технический надзор за состоянием лифтов достигается при выполнении его специализированными организациями. Они имеют лучшие условия для совершенствования специалистов, более широкие возможности для обеспечения запасными частями, материалами, средствами защиты, специальным инструментом, технической литературой, транспортом, измерительными средствами, производственной базой для качественного ремонта оборудования. У них устанавливаются тесные, полезные для производства, связи с заводами-производителями лифтового оборудования, монтажными и исследовательскими организациями, учебными заведениями.

В странах с развитой рыночной экономикой крупные лифтовые фирмы, как правило, выполняют весь комплекс работ: разработку конструкции, изготовление, испытание, монтаж и надзор за эксплуатацией всех своих машин.

Крупные фирмы, такие как ОТИС, КОНЕ и др. создают региональные службы эксплуатации, располагая центры по управлению эксплуатационными подразделениями на территориях государств, закупающих их модели лифтов. На эти центры обычно возлагаются и задачи по продаже лифтов. В случаях большой удаленности

от завода-изготовителя, малочисленности групп лифтов у эксплуатационных подразделений возникают осложнения с доставкой запасных частей, необходимостью подготовки местных специалистов по техническому надзору.

Подобные организационные принципы деятельности фирм позволяют сравнительно быстро и четко реагировать на запросы заказчика, своевременно доставлять требуемое эксплуатационникам оборудование. Учитывая сравнительно высокую надежность лифтов крупных фирм и использование современных форм организации эксплуатационных технических мероприятий, позволяющих предупредить внезапные отказы, их работа удовлетворяет запросы даже весьма требовательных заказчиков.

С этой целью фирмы предлагают заказчику гибкую форму оплаты за техническое обслуживание своих лифтов и разные уровни по объему предоставляемых услуг.

Например, предлагается на выбор три вида технических обслуживаний: периодическое, нормальное, полное.

«Периодическое обслуживание» включает регулярные, не реже одного раза в месяц, осмотры и техническое обслуживание основных узлов лифта, включая дверные замки, канаты, ловители, ограничитель скорости, ограждение шахты, сигнализацию. При необходимости оборудование очищается, регулируется, смазывается. Этот объем работ входит в договор. Работы, выполняемые специалистом сверх указанного объема, например, ремонт ограничителя скорости и т.п., оплачивается дополнительно, по счету.

Наиболее распространенным видом технического обслуживания является «нормальное обслуживание». В его состав, кроме работ, предоставляемых при периодическом обслуживании, добавляется работа по срочному вызову. За ремонты, сверхурочные работы, запасные части, выписываются дополнительные счета.

Договор на «полное» обслуживание включает дополнительно работу по ремонту изношенного оборудования. Однако и при этом обслуживании ремонты, вызванные порчей злоумышленников, оплачиваются дополнительно. Дополнительно оплачиваются и работы по модернизации.

Фирмы уделяют самое серьезное внимание снабжению эксплуатационников запасными частями. С этой целью эффективно действуют оснащенные современным оборудованием, склады нескольких уровней по перечню и запасам, начиная от центрального склада до складов расположенных в зонах деятельности ремонтных бригад.

Таким образом, работа фирмы по техническому обслуживанию своих лифтов тесно увязана и с интересами потребителя и с интересами фирмы, реализуемыми в условиях конкуренции. Учитывая, что техническое обслуживание проводится на последнем этапе взаимодействия с потребителем, продолжающимся многие годы, то от его качества во многом зависит лицо фирмы. Поэтому фирма заботится о создании хороших условий для работы службы эксплуатации. От этого выигрывают и потребитель и фирма, которая в благоприятных условиях продвигает на рынок свои лифты.

Уместно отметить, что конкурентные условия деятельности принуждают фирмы, в ряде случаев, идти на нетрадиционные шаги в своем развитии. Так фирма ОТИС, используя подходящую ситуацию в России, осваивает новый огромный рынок. С этой целью она образовала дочерние подразделения на нашей территории, опираясь на эксплуатационные организации, в прошлом принадлежавшие и управляемые государственными учреждениями. Фирма пошла на то, что занялась

даже техническим надзором лифтов советского производства. Этот неординарный шаг приносит сомнительные прибыли сегодня, но завтра, в случае постепенной замены российских моделей моделями фирмы ОТИС и оживления экономики России, способно привести к большому росту прибыли фирмы.

В нашей стране, имевшей разноплановую систему хозяйства, действовал иной принцип организации технического надзора за работой лифтов, характеризовавшийся разрывом связей между разработчиками, изготовителями и эксплуатационниками. Руководство ими происходило из разных ведомств, каждое из которых ориентировалось на собственные интересы.

Заинтересованность изготовителей в этих условиях недостаточна для постоянного совершенствования показателей качества и снижения стоимости продукции. А эксплуатационники, работая с техникой не только отечественных заводов, но и заводов ГДР, Венгрии и ряда других, были вынуждены наращивать свои расходы созданием вспомогательных подразделений. В условиях конкурентной борьбы недостаточно ощущалась потребность в сокращении удельных затрат (число лифтов в расчете на одного сотрудника опускалось до четырех), и повышении качества обслуживания (высокое фактическое время простоев лифта).

Интересы организации-разработчика располагались автономно между интересами изготовителей и эксплуатационников.

В период изменения экономических отношений, происходящих в стране, ведутся поиски более жизненных форм организации служб, занимающихся технической эксплуатацией лифтового оборудования. Крупнейшее в стране лифтовое хозяйство столицы разбито на несколько частей. Примерно 60% лифтов, из числа ранее обслуживаемых, осталась за Мослифтом. Около 30% обслуживает ОАО МосОтис. Остальные лифты поделены между мелкими, вновь созданными для целей эксплуатации, фирмами (АОЗТ «Литфремонт», АО «Подъемник», и другие).

Этими мерами созданы некоторые условия конкуренции, однако разрыв экономических и организационных интересов сохраняется. Дальнейшее повышение эффективности лифтовой отрасли хозяйства лежит в стимулировании условий создания отечественных фирм, способных возложить на себя заинтересованность и ответственность за работу всей технологической цепочки от разработчика до пользователя лифтом.

Рассмотрим структуру отечественной лифтовой эксплуатационной организации. На данном историческом этапе она может быть представлена двумя схемами. Первая схема применима для крупных административных центров с населением в несколько миллионов жителей, застроенных преимущественно многоэтажными зданиями. В таких городах насчитывается несколько десятков и возможно больше ста тысяч лифтов. К ним, в первую очередь, относятся Москва и Санкт-Петербург. Для этой схемы характерно двухуровневое построение

Вторая схема, одноуровневая, применяется в основном в городах с количеством лифтов до 10 тысяч.

На сегодняшний день наиболее крупной эксплуатационной лифтовой организацией имеющей двухуровневую структуру организации, является МГПО Мослифт, обслуживающая более пятидесяти тысяч лифтов (рис.14.1).

Для этой схемы характерно наличие значительного управленческого аппарата, состоящего из генерального директора и его заместителей, и функциональных отделов, возглавляемых специалистами высокой квалификации. Указанный аппарат управляет работой группы специализированных подразделений (СУ), зани-

мающихся производственной деятельностью, большая часть которых нацелена на выполнение работы по техническому обслуживанию и ремонту. Помимо этого, одно из управлений занимается монтажом и заменой лифтов, одно управление специализируется на монтаже и ремонте диспетчерских систем, в числе производственных подразделений может быть ремонтный завод или мастерские, гараж с грузовым, легковым специализированным автотранспортом.

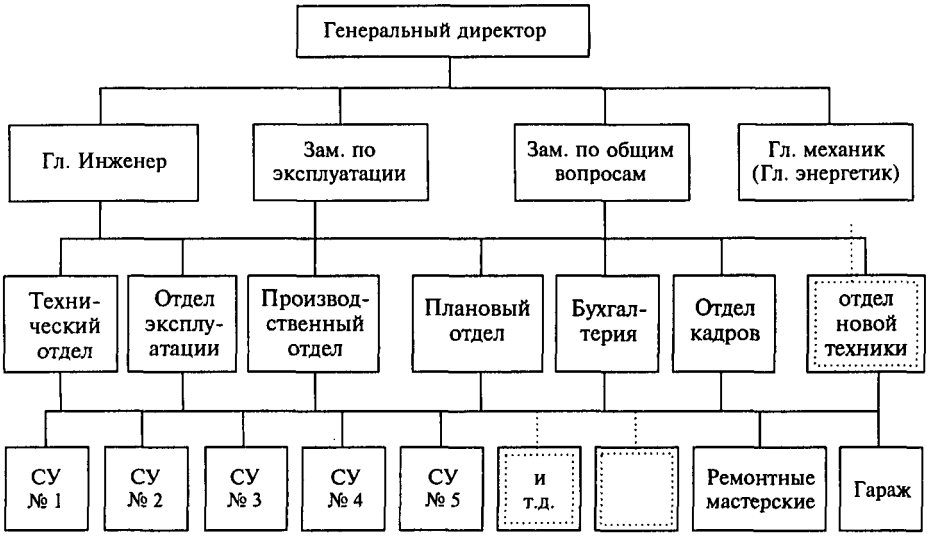


Рис.14.1.

где: СУ - специализированное управление, предназначенное для работы по техническому надзору, ремонту или монтажу лифтов

Следует отметить, что каждое производственное подразделение, входящее в рассматриваемую структуру также имеет самостоятельный управленческий аппарат, решающий задачи управления производственными участками, в том числе и самостоятельно, без предписаний сверху.

На рис.14.2 приведена структура лифтовой эксплуатационной организации способной функционировать как в составе двухуровневой системы, так и самостоятельно.

В этой структуре за основу принято специализированное управление по техническому обслуживанию и ремонту в составе которого имеется административно-управленческий персонал (АУП), численность которого зависит от объема всех выполняемых работ. К АУП здесь относятся: начальник управления, главный инженер, заместитель начальника, штаты специализированных отделов. В основной производственный состав входят: линейный персонал обычно состоящий из прорабов, прорабов-контролеров, старших прорабов, мастеров; а также электромеханики, радисты, электроники и вспомогательные рабочие (грузчики, сторожа и прочие).

При расчете численности специалистов этой категории используются обычно рекомендованные нормативы, построенные в зависимости от количества обслуживаемых лифтов.

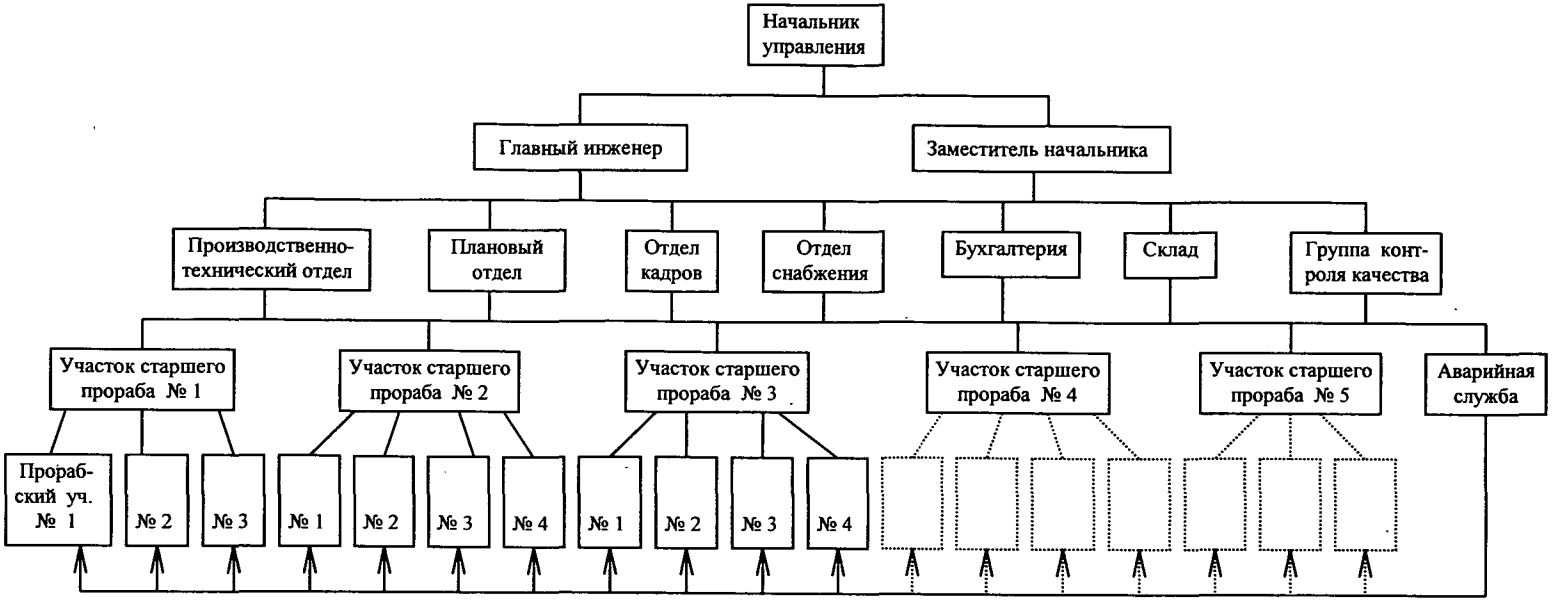


Рис.14.2. Примерная структурная схема одноуровневого производственного предприятия, специализирующегося на техническом надзоре за лифтами

По практике, действующей в Мослифте, бригады электромехаников, непосредственно выполняющих работу на закрепленных за ними лифтах, возглавляются производителями работ (прорабами). Каждый прораб руководит работой пяти, шести бригад, численность которых может изменяться от двух до четырех, пяти человек.

В соответствии с требованиями ПУБЭЛ, п.12.1, в случае выполнения работы по техническому надзору специализированной организацией, ответственность за организацию работ по техническому обслуживанию и ремонту лифта возлагается на производителя работ - аттестованного инженера - специалиста по лифтам. На него также возлагаются обязанности, приведенные в приложении №9 ПУБЭЛ. Основные из них следующие:

1. Организовать работу электромехаников, обеспечивающих техническое обслуживание и ремонт лифтов.
2. Организовать работу по охране труда в соответствии с нормативными документами.
3. Обеспечить своевременное проведение технического обслуживания и ремонта лифтов и контролировать его качество.
4. Проводить осмотр лифтов с установленной руководством предприятия (организации) периодичностью.
5. Предъявлять лифты к техническому освидетельствованию и присутствовать при его проведении.
6. Проводить техническое освидетельствование лифтов и выдавать разрешение на ввод их в эксплуатацию в случаях, предусмотренных ПУБЭЛ.
7. Обеспечить сохранность паспортов лифтов, эксплуатационной и другой технической документации.
8. Не допускать к обслуживанию лифтов неаттестованный персонал.
9. Контролировать обеспечение обслуживающего персонала производственными инструкциями и инструкциями по охране труда.
10. Обеспечить своевременную периодическую проверку знаний обслуживающего персонала.
11. Проводить работу с обслуживающим персоналом по повышению его квалификации.
12. Выполнять в установленные сроки предписания органов Госгортехнадзора.
13. Прекращать работу лифтов при выявлении неисправностей, которые могут привести к аварии или несчастному случаю, а также при отсутствии аттестованного персонала.
14. Контролировать выполнение владельцем лифта условий договора между специализированной эксплуатационной организацией и владельцем.

На основании этих требований, исходя из местных условий эксплуатации, администрация организации, в штате которой числится лицо, ответственное за организацию работ по техническому обслуживанию и ремонту лифтов, разрабатывает и утверждает его должностную инструкцию (положение).

Работой прорабских участков, возглавляемых прорабами, руководит старший прораб. Количество старших прорабов может изменяться в соответствии с производственной необходимостью и финансовым положением управления.

В качестве производственной единицы в составе управления имеется аварийный участок и склад. Обычно в управлении создается группа контроля качества и приемки лифта, комплектуемая специалистами инженерного уровня.

В заключение отметим наличие в стране трех форм организации технического надзора за лифтом:

1. Проведение этой работы силами владельца.
2. Силами специализированной эксплуатационной организации.
3. Фирмой-изготовителем (фирменный надзор).

Оценивая рассмотренные формы организации технического надзора за лифтами по таким эксплуатационным характеристикам как удельные затраты, время вынужденных простоев, надежность и долговечность следует признать наиболее перспективной формой организации технического обслуживания, осуществляемое фирмой-изготовителем или дочерним специализированным предприятием.

14.2. Приемка лифтового оборудования в эксплуатацию

Регистрация лифта и приемка технической документации. В соответствии с ПУБЭЛ все установленные лифты подлежат регистрации. Малый грузовой лифт, недопускающий транспортировку людей, регистрируется у владельца лифта, все остальные в органе Госгортехнадзора.

С 1992 г. Регистрация лифта осуществляется инспектором Госгортехнадзора в процессе работы приемной комиссии непосредственно на объекте.

Этому предшествует подготовительная работа, которая начинается сразу после окончания монтажа. После завершения монтажных работ, монтажная организация совместно с генподрядной строительной организацией проводит осмотр, проверку, статические и динамические испытания лифта в соответствии с требованиями пп.11.7.2, 11.7.3, 11.7.4, 11.7.6 ПУБЭЛ, а у лифта с электроприводом постоянного тока и с п.11.7.5.

При положительных результатах осмотра, проверки и испытаний, представители указанных организаций составляют «Акт технической готовности лифта» по форме, приведенной в приложении №3 ПУБЭЛ. Акт передается владельцу лифта. Одновременно монтажная организация передает владельцу следующую документацию: протокол осмотра и проверки элементов заземления или зануления оборудования; протокол проверки сопротивления изоляции силового электрооборудования, цепей управления и сигнализации, силовой и осветительной электропроводки.

Строительная организация к этому же времени передает владельцу лифта: акт на скрытые работы; протокол измерения полного сопротивления петли фаза-нуль (в сетях с глухозаземленной нейтралью).

Кроме того, вместе с оборудованием заказанного лифта владельцу поступает документация: паспорт лифта; установочный чертеж по образцу, согласованному с Госгортехнадзором; принципиальная электрическая схема с перечнем элементов схемы, в двух экземплярах; электрическая схема соединений, в двух экземплярах; техническое описание; инструкция по эксплуатации; инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке; ведомость ЗИП; ведомость комплекта запасных изделий для пусконаладочных работ; чертежи сборочных единиц и деталей в соответствии с требованиями технических условий; перечень документации, поставляемой с лифтом.

Получив перечисленную документацию, владелец лифта организует комиссию по приемке лифта под своим председательством, в которую также входят: представитель заказчика; представитель монтажной организации, выполнявшей работу; лицо (прораб), ответственное за организацию работ по техническому обслужива-

нию и ремонту лифта; представитель строительной организации, выполнившей строительные работы; инспектор Госгортехнадзора.

Члены комиссии не менее чем за пять дней уведомляются о дате работы комиссии.

Владелец лифта, кроме перечисленных документов, предъявляет комиссии: документ, подтверждающий наличие аттестованного персонала или договор со специализированной организацией на проведение обслуживания и ремонта лифта; приказ о назначении и закреплении лица, ответственного за организацию работ по техническому обслуживанию и ремонту лифта; приказ о назначении лица ответственного за организацию эксплуатации лифта; приказ (распоряжение) о назначении и закреплении электромеханика, ответственного за исправное состояние лифта.

Работа комиссии по приемке лифта состоит в осмотре и приемке представленной документации; осмотре и проверке состояния оборудования, креплений канатов, электропроводки, ограждения шахты, машинного и блочного помещений, а также соответствие установочному чертежу расположения лифтового оборудования, размеров шахты и машинного помещения, регламентированных правилами (ПУБЭЛ).

Кроме того комиссия проверяет, собранную владельцем лифта документацию, наличие аттестованного персонала и организацию обслуживания лифта, в том числе наличие разрешения на эксплуатацию и ремонт лифтов в соответствии с п.8.15 ПУБЭЛ.

Затем, во время движения не загруженной кабины, проводится контроль работы: лебедки, дверей кабины и шахты, устройств безопасности, за исключением тех, которые проверяются при динамическом испытании; системы управления, сигнализации и освещения; гидропривода (течь и давление рабочей жидкости) у гидравлического лифта; невозможность подъема противовеса при неподвижной кабине в соответствии с п.2.18 ПУБЭЛ.

По результатам осмотра и проверки составляется акт приемки лифта по форме приложения 4 ПУБЭЛ. Этот акт вместе с ранее оформленным актом технической готовности прикладывается к паспорту лифта.

После этого инспектор Госгортехнадзора, участвующий в работе комиссии, на основании актов технической готовности и приемки лифта регистрирует вновь установленный лифт и делает запись в паспорте о разрешении на ввод его в эксплуатацию. Запись заверяется подписью и печатью инспектора. Прошнурованный и скрепленный пломбой паспорт передается владельцу лифта.

Лифт с этого момента может быть включен в работу.

Статические и динамические испытания. В процессе полного и периодического освидетельствования все лифты, находящиеся в эксплуатации, подвергаются статическим и динамическим испытаниям. Указанные испытания являются составной частью программы, полного и периодического освидетельствований.

Статические испытания проводятся с целью проверки прочности механизмов лифта, его кабины, подвески, канатов кабины и их крепления, а так же действия тормоза.

У лифта, оборудованного лебедкой с канатоведущим шкивом, должно быть проверено отсутствие скольжения канатов в канавках шкива.

У гидравлического лифта, кроме того, должны быть проверены герметичность гидросистемы и срабатывание предохранительного клапана.

При проведении статических испытаний кабина устанавливается на уровне нижней посадочной (погрузочной) площадки и загружается грузом равномерно распределенным по площади пола. В таком положении кабина должна оставаться 10 минут, без перемещения вниз.

Величина загружаемого груза зависит от назначения и конструктивных особенностей лифта:

- для грузовых малых, а также лифтов оборудованных барабанной лебедкой или лебедкой со звездочкой, в которых не допускается транспортировка людей, величина груза должна превышать номинальную грузоподъемность на 50%;
- для лифтов (кроме малых грузовых), оборудованных лебедкой с канатоведущим шкивом, допускаемых для транспортировки людей - на 100%;
- для лифтов (кроме гидравлических) самостоятельного пользования, полезная площадь пола кабины которого превышает указанную в п.3.2 ПУБЭЛ, при отсутствии в кабине перегородки, величина груза должна превышать в полтора раза грузоподъемность, определенную по фактической полезной площади пола кабины, но не менее удвоенной грузоподъемности лифта.

У лифтов с электрическим приводом постоянного тока оборудованных устройством для удержания кабины на уровне посадочной площадки за счет момента электродвигателя, проверяется надежность электрического торможения при разомкнутом механическом тормозе на уровнях нижней и верхней посадочной площадок. Такая проверка проводится при разной продолжительности по времени и разной по величине загрузки: при продолжительности в три минуты на каждой из площадок, кабина загружается грузом равным грузоподъемности лифта; при продолжительности в 30 секунд, испытание проводится только на нижней посадочной площадке, с грузом превышающим грузоподъемность лифта в 1,5 раза.

Испытание гидравлического лифта на прочность и герметичность гидроцилиндра и трубопроводов, прочность конструкции и правильность настройки предохранительного клапана проводится при расположении кабины на уровне нижней посадочной (погрузочной) площадки в течение 60 минут с грузом, равномерно распределенным по площади пола, превышающим грузоподъемность лифта на 50%. Допускаемое опускание кабины при этом не должно превышать 30 мм.

У гидравлического лифта самостоятельного пользования, полезная площадь пола кабины которого превышает площадь, указанную в п.3.2 ПУБЭЛ для его грузоподъемности, при отсутствии перегородки в кабине по п.3.6 ПУБЭЛ, это испытание проводится при загрузке кабины грузом, масса которого превышает на 50% грузоподъемность, но подсчитанную по фактической величине полезной площади пола кабины. А испытание предохранительного клапана независимо от площади пола кабины проводится при загрузке кабины грузом, масса которого на 50% больше грузоподъемности лифта, указанной в паспорте.

Целью динамических испытаний является проверка работоспособности механизмов привода, буферов, ловителей, ограничителя скорости, точность остановки кабины в процессе работы лифта.

Динамическое испытания, за исключением проверки точности остановки, проводится при загрузке кабины на 10% превышающей грузоподъемность лифта.

Проверка точности остановки кабины проводится при движении в каждом из направлений с пустой и полностью загруженной кабиной.

На крайних посадочных (погрузочных) площадках проверка точности остановки проводится при движении лифта в направлении этих площадок. Во всех случаях

проверки точности остановки отключение лебедки производится в автоматическом режиме.

При испытании гидравлического буфера и ловителей плавного торможения действие тормоза лебедки должно быть исключено.

У гидравлического лифта при испытании ловителей должно быть исключено воздействие устройства по п.7.3.3 ПУБЭЛ, а регулятор скорости установлен в положение, соответствующее наибольшей скорости опускания.

Испытание буферов проводится при рабочей скорости движения кабины (противовеса), кроме гидравлических буферов с уменьшенным полным ходом плунжера. Для этих буферов скорость указывается в паспорте лифта. Она должна быть на 15% меньше расчетной скорости посадки на буфер.

При испытании буферов действие устройств замедления и точной остановки нижней и верхней посадочной площадок должно быть исключено.

У лифта, оборудованного гидравлическими буферами с уменьшенным полным ходом плунжера, в процессе испытания допускается действие аварийного устройства ограничителя скорости при подходе кабины к верхней и нижней посадочным (погрузочным) площадкам.

Отключение электродвигателя перед посадкой кабины или противовеса на буфер должно производится концевым выключателем.

Результаты испытаний буфера считаются неудовлетворительными, если в процессе посадки кабины (противовеса) на буфер происходит удар из-за поломки пружины либо ее полного сжатия; или происходит заедание плунжера в процессе посадки груза или возвращении плунжера в исходное положение.

В процессе испытаний ловителей, они должны останавливать и удерживать на направляющих движущуюся вниз кабину (противовес) с грузом, масса которого превышает грузоподъемность лифта на 10%.

Ловители, приводимые в действие от ограничителя скорости испытываются без имитации обрыва канатов (цепей), при движении кабины с номинальной скоростью.

У лифтов имеющих скорость движения кабины более 1 м/с, по решению предприятия-изготовителя, допускается проводить испытание при пониженной скорости, но не менее 1 м/с.

Ловители, приводимые в действие устройством, срабатывающим при обрыве или слабине всех тяговых канатов (цепей), должны испытываться от действия этого устройства. При этом кабина располагается в нижней части шахты и путь, проходимый ею от начала падения до посадки на ловители, должен быть не более 100 мм. На случай неисправности ловителей предусматриваются меры, исключающие падение кабины на величину более 200 мм за счет применения временных ограничителей.

Ловители, приводимые в действие от ограничителя скорости и от устройства, срабатывающего при обрыве или ослаблении всех тяговых канатов (цепей), должны испытываться от каждого из приводимых устройств.

Испытание ловителей плавного торможения проводятся в соответствии с п.п.5.7.5 и 5.7.9 ПУБЭЛ, а также указаниями, содержащимися в паспорте лифта. Результаты испытания оцениваются по величине измеренного пути торможения, т.е. расстояния, проходимого кабиной (противовесом) от момента сжатия направляющей рабочими поверхностями ловителей до остановки кабины (противовеса).

При испытании ограничителя скорости проверяется соответствие скорости срабатывания требованиям п.5.8.1 ПУБЭЛ, а также его способности приводить в

действие ловителей при нахождении каната ограничителя скорости на рабочем шкиве.

В процессе динамических испытаний лифта самостоятельного пользования, полезная площадь пола кабины которого превышает площадь, указанную в п.3.2 ПУБЭЛ для его грузоподъемности и при отсутствии в кабине перегородки п.3.6 ПУБЭЛ, проверяется работа устройства, ограничивающего перегрузку кабины.

Порядок и содержание работы по проверке уровня технического состояния лифта. Описываемая в данном разделе работа проводится с целью осуществления экспертной оценки технической готовности лифта к выполнению штатных функций. Такая оценка, как составная часть, входит в мероприятия по приемке вновь смонтированного, восстановленного, модернизированного или отремонтированного плановым ремонтом лифта. Она же полностью или частично выполняется техническим специалистом эксплуатационной службы (например прорабом) с целью текущей оценки состояния машины. Порядок осмотра и перечень параметров оценки оборудования рассмотрим на примере типовых пассажирских лифтов грузоподъемностью 350, 320, 400 кг с верхним расположением машинного помещения.

При приемке нового лифта, после проверки комплектности технической документации на лифт, контролер приступает к осмотру лифта в следующей последовательности: осмотр лифта на основном (посадочном) этаже; осмотр дверей шахты на всех этажах; осмотр машинного помещения, расположенного в нем оборудования и проверка его в работе; осмотр оборудования расположенного на кабине; проверка дверей шахты, механизмов открывания и запирания створок, аппаратов контроля закрытия и запирания; осмотр шахты и проверка работы расположенного в ней оборудования; осмотр и проверка оборудования, расположенного в приямке и под кабиной; осмотр купе кабины; проверка работы электросхемы управления лифтом.

Начиная осмотр с основной посадочной площадки, обычно находящейся на первом этаже, проверяющий убеждается в достаточности освещения на площадке, наличии заводской таблички, правил пользования лифтом (при смешанном управлении), отверстия под ключ для открывания дверей шахты обслуживающим персоналом. Оценивается внешнее состояние створок дверей шахты, целостность и крепление ограждения дверей.

Далее проверяют: зазор между обрамлением проема и створками, который должен быть в пределах 3...5 мм; зазор между створками дверей шахты в притворе не должен превышать 4 мм, а местные зазоры. связанные с непрямолинейностью резиновых прокладок, замеряемые на длине в 300 мм, не должны превышать 2 мм; надежность запирания створок; состояние ограждения шахты; состояние вызывного аппарата и сигнализации.

Далее проверяющий, поднимается вверх, на каждом этаже повторяет работу по осмотру оборудования, расположенного на посадочных площадках.

Перед входом в машинное помещение, необходимо обратить внимание на удобство подхода к нему. Подход должен быть свободным и доступным для персонала, обслуживающего лифт. Ширина прохода должна приниматься с учетом транспортировки оборудования лифта, но не должна быть менее 650 мм. Высота прохода должна быть не менее 2000 мм. Допускается местное уменьшение до 1500 мм. Подход к машинному помещению по наклонным крышам и пожарным лестницам не допускается.

Машинное помещение и подходы к нему должны иметь освещение, удовлетворяющее требованиям п.п.6.6.1 и 6.6.2 ПУБЭЛ.

Выключатели цепей освещения машинного помещения и шахты должны быть установлены в машинном помещении в непосредственной близости от входа.

Дверь машинного помещения должна быть сплошной, обитой металлическим листом, открываться наружу и запираться замком. размеры полотна двери должны быть по ширине не менее 800 мм, по высоте не менее 1800 мм. На двери должна быть надпись: «Машинное помещение лифта. Посторонним вход воспрещен».

Устройство входа в машинное помещение через люк не допускается.

Внутри машинного помещения у входной двери должна быть свободная площадка размером 1000×1000 мм. Пол машинного помещения должен иметь нескользкое покрытие, не образующее пыль. Стены и потолок должны быть окрашены светлой масляной краской.

Высота машинного помещения, измеренная от уровня чистого пола до низших частей перекрытия, должна быть не менее 2200 мм. Допускается местное уменьшение высоты до 1800 мм, за исключением мест установки оборудования, зон его обслуживания и проходов к этим зонам.

У лифта, кроме грузового малого, в полу машинного помещения, расположенного над шахтой, должен быть устроен люк для производства ремонтных работ. Крышка люка должна быть сплошной, открываться только вверх, запираться замком и отпираться только из машинного помещения. В закрытом положении крышка должна выдерживать нагрузку не менее 2000 Н, приложенную на площади 0,3×0,5 м, в любом месте. Усилие для открытия крышки не должно превышать 150 Н.

В непосредственной близости от входа, на высоте 1200 - 1600 мм от уровня пола, размещено вводное устройство.

Внутри машинного помещения, кроме грузового малого лифта, вокруг лебедки должны обеспечиваться проходы не менее 500 мм для обслуживающего персонала не менее чем с двух сторон.

Ширина проходов со стороны НКУ (низковольтное комплектное устройство управления) должна быть не менее 750 мм. С задней стороны НКУ величина прохода зависит от конструкции шкафа и количества сторон с которых можно подойти к задней стене.

Если к задней стенке требуется подход только для крепления аппаратов, то при ширине шкафа не превышающей 1000 мм и наличии возможности подхода с двух сторон, проход может быть уменьшен до 200 мм; при ширине шкафа более 1000 мм или при возможности доступа только с одной боковой стороны проход должен быть не менее 500 мм. В случае отсутствия необходимости подхода с задней стороны, НКУ допускается, устанавливать вплотную к стене и даже в нишу глубиной не более толщены шкафа.

В машинном помещении должно быть установлено устройство для подвески грузоподъемного средства, предназначенного для проведения ремонтных работ. На устройстве рядом с ним требуется указать его грузоподъемность или допускаемую нагрузку.

Необходимо проверить отсутствие внутри машинного помещения оборудования и коммуникаций не относящихся к лифту, за исключением систем, предназначенных для отопления и вентиляции самого помещения.

Не допускается прокладка в машинном помещении паропроводов и газопроводов.

Допускается прокладка санитарно технических коммуникаций не относящихся к лифту, при условии устройства защиты трубопроводов, исключающей попадание воды в лифтовые помещения при повреждении трубопровода. Пускорегулирующие устройства указанных систем и коммуникаций должны располагаться вне машинного помещения.

Не допускается использовать машинное помещение для прохода через него на крышу или в другие помещения, не относящиеся к лифту.

Отверстия в полу машинного помещения для прохода канатов должны иметь бортики высотой не менее 50 мм. Зазор между кромкой бортика и канатом должен быть не менее 15 мм и не более 50 мм.

В машинном помещении проверяется также: соответствие расположения оборудования установочному чертежу, правильность установки рамы лебедки, наличие приспособления для зажима канатов на шкиве с целью подъема вручную полностью загруженной кабины; надежность крепления редуктора, электродвигателя, электромагнита, тормозных рычагов и колодок, канатоведущего шкива; отсутствие трещин, сколов и других дефектов у шкивов лебедки и ограничителя скорости; состояние редуктора лебедки лифта, которое оценивается по количеству масла в редукторе и его соответствию техническим условиям, отсутствию течи масла через уплотнения и разъемы, по величине и относительному положению пятна контакта на зубе червячного колеса, по величине зазоров в зацеплении, отсутствию недопустимых вибраций и шума при работе лебедки, отсутствию чрезмерного нагрева масла в редукторе; состояние ручьев канатоведущего шкива, оцениваемое по глубине износа канавок и по разнице уровней отдельных канатов в ручьях относительно остальных, которая должна быть не более 0,5 мм; состояние тормоза, оцениваемое по правильности крепления колодок на тормозных рычагах, по величине площади контакта колодок с тормозным шкивом, которая должна быть не менее 70% площади колодок, толщине фрикционных обкладок (не менее 4 мм), по зазорам между тормозным шкивом и фрикционными обкладками (0,3 - 0,8) мм и между якорем и ярмом электромагнита (не более 6 мм), по легкости хода тормозных рычагов, по целостности тормозных пружин и наличию зазора между витками в расторможенном состоянии; техническое состояние электродвигателя, оцениваемое по надежности крепления, правильности и надежности соединения проводов на клеммах электродвигателя, по правильности соединения обмоток электродвигателя соответствующего величине подводимого напряжения, по наличию смазки в подшипниках, отсутствию недопустимого шума, по величине нагрева электродвигателя; состояние виброизоляции лебедки, оцениваемое по правильности установки, надежности крепления упругих элементов, по величине и количеству усталостных трещин на поверхности упругих элементов; состояние ограничителя скорости, оцениваемое по правильности установки, надежности крепления, целостности деталей ограничителя скорости, правильности настройки центробежного механизма, проверяемой при перестановке каната на малый диаметр шкива ограничителя скорости, по степени износа рабочей поверхности большого ручья шкива, проверяемой с помощью подвижного упора ограничителя скорости, по степени износа каната ограничителя скорости, определяемой отсутствием обрывов прядей каната, отсутствием чрезмерного количества оборванных проволок на шаге свивки, степенью износа рабочих поверхностей каната; состояние концевого выключателя, оце-

ниваемое надежностью крепления выключателя, легкостью работы механизма выключения, надежностью крепления и правильностью установки бобышек на канате ограничителя скорости; состояние вводного устройства, оцениваемое одновременностью отключения устройства с поворотом рукоятки, состоянием и креплением ножей и губок пинцетов, проводов, величиной зазоров между губками пинцетов, которая должна равняться половине толщины ножа, наличием и креплением заземляющего провода, уплотняющей прокладки на крышке вводного устройства и диэлектрического коврика; состояние шкафа управления, определяемое правильностью установки и крепления шкафа, наличием звукоизолирующих устройств, надежностью крепления аппаратов в шкафу, клеммных реек и проводов, наличием маркировки, состоянием электроконтактов, наличием и величиной раствора и провала контактов, правильностью работы и возможностью регулировки времени выдержки у реле времени, соответствием предохранителей и автоматических выключателей по величинам тока, наличием кнопочного аппарата, переключателей режимов работы, заземления, срабатыванием автоматических выключателей при ручном воздействии и при подключении специального нагрузочного устройства, правильностью работы механической блокировки контактов «Верх» и «Низ», наличием диэлектрических ковриков перед шкафом.

При работе оборудования машинного помещения проверяется:

- отсутствие повышенного нагрева редуктора и электродвигателя, допустимость вибраций лебедки и величины излучаемого оборудованием шума, правильность и надежность работы тормоза, работа станции управления в режиме управления работой лифта из машинного помещения, надежность срабатывания концевого выключателя при переспуске и переподъеме кабины, работа ограничителя скорости.

Находясь на кабине проверяют: правильность работы электросхемы в режиме «Ревизия»; наличие розетки для подключения переносного электроинструмента, надежность ее крепления и наличие напряжения; работу блокировочных контактов слабины подъемных канатов и ловителей, надежность их крепления и подключения, а также наличие провалов и растворов контактов, величина которых должна составлять 2...4 мм; надежность крепления и величину натяжения пружины закрытия створок автоматических дверей кабины; надежность крепления и натяжение канатика связи створок дверей кабины, (линия притвора створок должна находиться против линии притвора дверей шахты); надежность и правильность крепления створок дверей к кареткам; плавность движения кареток и величину зазора между контрроликами и линейкой, которая не должна превышать - 0,2 мм; работу контакта контроля закрытия створок дверей кабины; правильность положения и надежность крепления редуктора привода дверей, работа амортизаторов редуктора, натяжение текстропного ремня, оцениваемое максимальным прогибом в 5 мм при приложении усилия 5...6 Н; работу конечных выключателей на открывание (ВКО) и закрывание (ВКЗ) створок, проверяемую по величине проема между торцами открытых створок дверей шахты и кабины, который должен быть не менее 600 мм; работу редуктора привода дверей и механизма реверса, который должен обеспебчивать открытие створок без рывка сразу при встрече створки с препятствием во время движения на закрытие; положение кулачка, воздействующего на ВКЗ, которое должно обеспечивать плотное закрытие створок в момент, когда между верхней

кромкой водила редуктора и резиновым амортизатором устанавливается зазор не менее 5 мм, а зазор между штоком ролика водила и рабочими плоскостями вертикально расположенной линейки механизма реверса должен составлять 1...2 мм (рис.14.3).

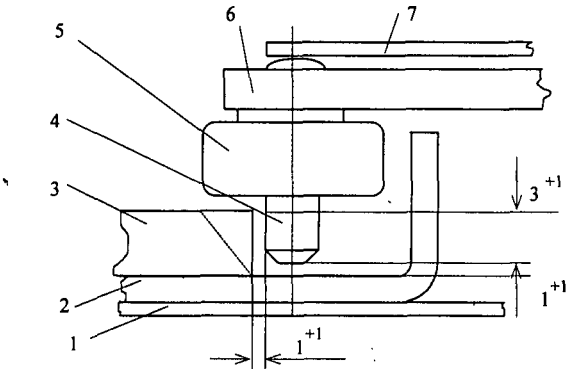


Рис.14.3. Взаимное положение ролика рычага привода дверей кабины и линейки реверса при закрытых створках
1 - створка двери,
2 - скоба,
3 - линейка,
4 - подвижной шток,
5 - ролик,
6 - рычаг привода,
7 - рычаг механизма реверса

- провалы и растворы контактов ВКО и ВКЗ, крепление корпусов контактов, клеммных соединений; надежность крепления шкивов на валах электродвигателя редуктора, при попытке переместить их вручную вдоль вала; механизм реверса, работоспособность которого оценивается положением конца штока ролика водила относительно скоса линейки реверса, шток должен перекрывать скос линейки на 3...4 мм (рис.14.3). Регулировка размера осуществляется перемещением всего привода дверей. Работоспособность механизма реверса обеспечивается также надежностью кинематической связи его подвижных звеньев. Зазор между штоком микровыключателя и головкой нажимного регулировочного болта должен быть не менее 1 мм;
- наличие и качество масла в редукторе привода;
- состояние электропроводки на кабине, ее крепление и маркировку проводов; состояние и работу подвески кабины, состояние болтовых соединений, зазоры в башмаках кабины; надежность крепления каната ограничителя скорости к рычагу механизма включения ловителей; легкость хода механизма включения, оцениваемое приложением к рычагу усилия воздействия в 150 Н, при котором клинья ловителей должны войти в контакт с направляющей, а контакт ловителей сработать.

При осмотре раздвижных автоматических дверей кабины и шахты проверяют:

- взаимодействие створок дверей кабины и шахты, оцениваемое совпадением линий притвора, зазор между упором и головкой регулировочного болта замка двери кабины (1...2) мм, зазором в плане между порогами кабины и шахты (40 мм), зазором между порогом кабины и нижним торцом створки (3...5) мм, состоянием створок дверей, кареток, упоров, роликов и контрроликов, отводок, башмачков, креплением и исправностью действия контактов, контролирующих закрытие и запирание створок.

При осмотре оборудования, расположенного на верхних балках автоматических раздвижных дверей шахты, следует проверить: зазоры между штоками контактов контроля запирания створок и нажимными площадками защелок (1-1,5 мм)

(рис.14.5), зазоры между контрроликами и линейками (0,2 мм); взаимное расположение роликов рычагов дверей шахты и отводок дверей кабины (рис.14.4).

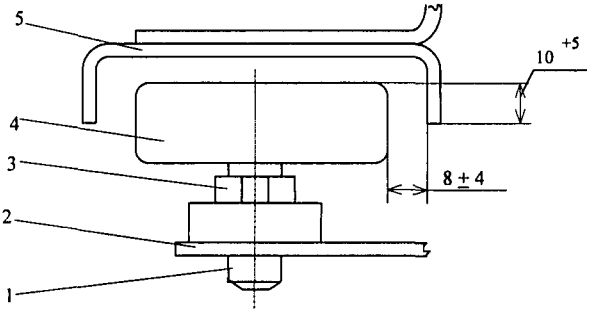


Рис.14.4. Узел открывания створки двери шахты
1 - ось ролика,
2 - рычаг механизма отпирания створки шахтной двери,
3 - гайка,
4 - ролик,
5 - отводка двери кабины

Ролики рычагов должны входить в паз отводки на глубину 10...15 мм, а боковой зазор между роликом и внутренней боковой поверхностью отводки должен находиться в пределах от 4 до 12 мм;

- зазоры между рабочей гранью защелок замков и упорами кареток, которые должны находиться в пределах 1,0...1,5 мм (рис.14.5).

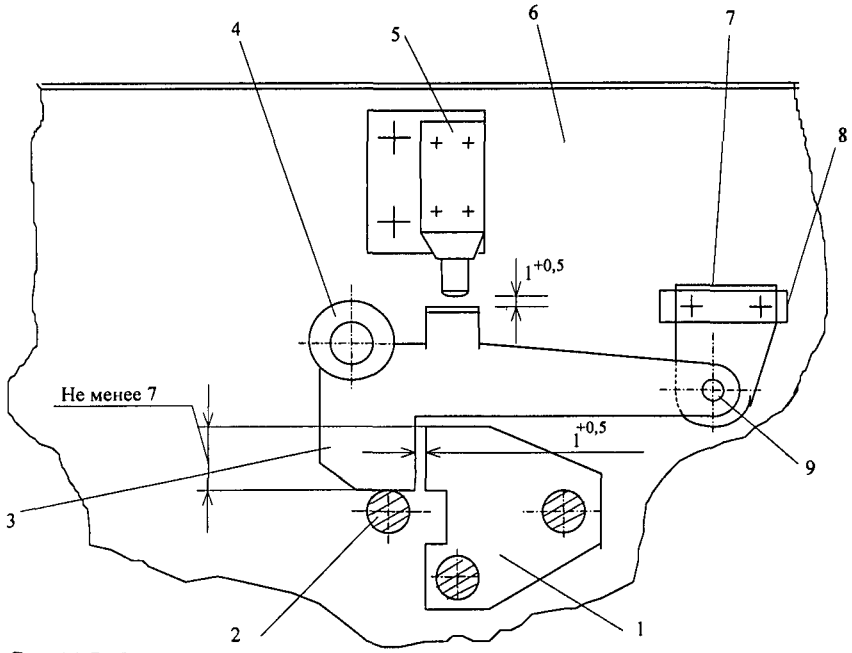


Рис.14.5. Взаимное положение защелок замка шахтной двери с упором каретки и блокировочным контактом: *1* - упор каретки шахтной двери (каретка не показана); *2* - палец рычага механизма отпирания створки; *3* - защелка замка; *4* - ролик защелки, взаимодействующий с кареткой; *5* - блокировочный контакт контроля запирания; *6* - балка шахтной двери; *7* - кронштейн крепления защелки; *8* - пластина фиксирующая положение кронштейна; *9* - шарнир защелки)

- надежность перекрытия упора каретки защелкой, длина линии контактирования между защелкой и рабочей гранью упора должна быть (не менее 7 мм) (рис.14.5);

- вертикальность положения створок и их крепление к кареткам; крепление линеек, кронштейнов замков, пальцев рычагов, упоров кареток, корпусов электроконтактов клеммных соединений проводов, провал и раствор контактов должен составлять 2...4 мм, зазоры в шахте и состояние ограждения шахты.

При осмотре этажных переключателей необходимо проверить: правильность установки и надежность крепления кронштейна и самого этажного переключателя; зазоры между торцом оси ролика и внутренней поверхностью комбинированной отводки (10...12) мм, между корпусом этажного переключателя и выступающими частями отводки (10...15) мм, крепление контактных плат и проводов, провалы и растворы контактов должны составлять 2...4 мм.

При осмотре датчиков следует проверять: правильность установки и надежность крепления; зазоры между датчиком и шунтом.

При осмотре направляющих кабины и противовеса проверяют надежность крепления, прямолинейность и вертикальность положения. Отклонение от вертикали не должно превышать 1 мм на 1 м длины, но не более 10 мм на всю высоту подъема (до 50 м).

Осмотр противовеса состоит в проверке надежности болтовых и сварных соединений каркаса и башмаков, отсутствии видимых трещин и сколов в грузах, надежность крепления грузов специальными планками, зазоров в башмаках.

При осмотре электропроводки в шахте лифта проверяют надежность крепления кронштейнов, труб или жгутов проводов, клеммных соединений проводов, крепление подвесного кабеля, заземляющих проводов, соответствие сечения проводов проекту и наличие маркировки.

Находясь в приямке проверяют: правильность установки буферных устройств - для свободно стоящего буфера, смещение вертикальной оси стакана буфера из плоскости направляющих не должно превышать 5 мм, отклонение оси стакана от вертикали - не более 1 мм на 1 м; правильность установки натяжного устройства ограничителя скорости, исправность действия выключателя приямка и электроконтакта натяжного устройства, наличие освещения, лестницы или скоб для выхода из приямка; состояние купе кабины, работу механизма подвижного пола, электроконтактов, состояние механизма ловителей.

В кабине проверяют достаточность освещения, состояние купе, состояние и работу кнопочного аппарата, наличие правил пользования лифтом, вентиляционных отверстий. Проверяют также исправность работы вызывных аппаратов, сигнальных ламп, переговорной связи с диспетчерским пунктом из кабины, машинного помещения, площадки первого этажа.

При проверке работы электросхемы управления лифтом необходимо убедиться, что обеспечивается отключение электродвигателя и наложение тормоза при обесточивании сети, перегрузке электродвигателя, при коротком замыкании, при открытии или отпирании дверей шахты и кабины, при переподъеме или переспуске кабины, ослаблении или обрыве подъемного каната, посадке кабины на ловители и при нажатии на кнопку «Стоп».

Необходимо также убедиться, что движение кабины возможно только при исправном состоянии всех предохранительных и блокировочных устройств.

После окончания осмотра результаты оформляются актом приемки лифта, в котором при неудовлетворительных результатах перечисляются выявленные недостатки, устранение которых является условием пуска лифта в эксплуатацию.

14.3. Система мониторинга технического состояния лифтов на основе диспетчеризации

Правилами устройства и безопасной эксплуатации лифтов допускается несколько форм организации мероприятий по текущему надзору за работой лифтов. Можно использовать лифтеров, лифтеров-обходчиков, проводников или диспетчеризацию группы обслуживаемых лифтов. Последняя форма обычно экономически оправдана для группы состоящей от десяти до нескольких десятков лифтов.

Решение об оборудовании лифтов диспетчерским контролем принимается владельцем, если обслуживание лифтов осуществляется его персоналом.

Если обслуживание проводится специализированной организацией, то необходимость диспетчерского контроля принимается на основе представления этой организации. Проект диспетчеризации разрабатывается специализированной организацией, имеющей разрешение Госгортехнадзора на их выполнение.

Диспетчерский контроль за работой лифта должен обеспечивать: световую и звуковую сигнализации из кабины и машинного помещения о вызове оператора на двустороннюю переговорную связь; двустороннюю переговорную связь между диспетчерским пунктом, кабиной лифта и машинным помещением; световую сигнализацию о наличии в кабине пассажира для пассажирских лифтов с ручным закрыванием дверей кабины; световую или звуковую сигнализацию о нажатии кнопки «Стоп» в кабине пассажирского лифта жилого здания; световую сигнализацию об открытии дверей шахты, машинного и блочного помещений, об отпирании дверей; перегородки кабины лифтов, оборудованных такой дверью в соответствии с п.3.6 ПУБЭЛ.

Световая сигнализация об открытии дверей шахты и наличии пассажира в кабине может включаться одновременно с открытием дверей и входом пассажира в кабину или с задержкой по времени, до четырех минут. В диспетчерском пункте может быть предусмотрена и другая сигнализация, связанная с контролем за работой лифта. Дистанционное включение лифтов с диспетчерского пункта запрещается в целях безопасности.

Со времени появления первой диспетчерской системы во второй половине пятидесятых годов, технические средства, используемые для постоянного отслеживания работы лифта непрерывно изменялись. Изменения вводились по мере развития техники, обеспечивающей передачу сигналов, изменении конструкции лифтов и накопления опыта в работе диспетчерских систем.

В начале периода диспетчеризации лифтов на пульт для диспетчера выводилось до десяти световых сигналов. Требовалось контролировать постоянно в течение всего времени работы лифта: загруженность кабины, закрытие дверей шахты и кабины, ее движение, направление движения. Подавался аварийный сигнал при посадке на ловители, обрыве фазы. Диспетчер с пульта вызывал лифт вниз и мог нажатием на кнопку «Стоп» остановить кабину по своему усмотрению.

Такая система требовала большого внимания от диспетчера, поэтому существовали ограничения по количеству лифтов, подключаемых на один пульт (не более двенадцати лифтов).

Со временем количество обязательных сигналов сократилось до трех, что позволило упростить и удешевить используемую для передачи сигналов технику, а также повысить количество лифтов подключаемых на один пульт. Так в объединенных диспетчерских системах на один пульт подключается несколько десятков лифтов.

В качестве технических средств при устройстве диспетчерской системы текущего надзора за работой лифтов используются элементы громкоговорящей связи, световой и звуковой сигнализации.

В помещении, приспособленном для круглосуточной работы двух операторов, устанавливается пульт световой и звуковой сигнализации. Там же располагается выпрямительное устройство, аппараты защиты электроцепей, комплект радиоусилителей, микрофон, динамик, ключи управления, магнитофон записи переговоров диспетчера.

На каждом лифте, подключаемом к пульту, устанавливается в кабине микрофон и динамик. В качестве датчиков, требуемых сигналов, для передачи на пульт могут использоваться электрические контакты реле, например реле времени, расположенных в машинном помещении, специально установленные дополнительные контакты, например, для контроля закрытия дверей машинного помещения. Используются в качестве датчиков и свободные контакты электроаппаратов, предусмотренные схемой управления лифтом, например, подпольного контакта кабины.

Для передачи сигналов с лифта на пульт используются кабельные линии, прокладываемые либо по зданию в защитных оболочках, либо в подземных каналах, либо по воздуху с применением канатных опор.

Особое внимание уделяется проводам, по которым передается слабый сигнал от микрофона, установленного на лифте (например в кабине). Они могут потребовать экрана, защищающего от помех. При большой протяженности линий, устанавливаются промежуточные усилители сигнала микрофона. Блок-схема реализации диспетчерского контроля за работой лифтов представлена на рис.14.6.

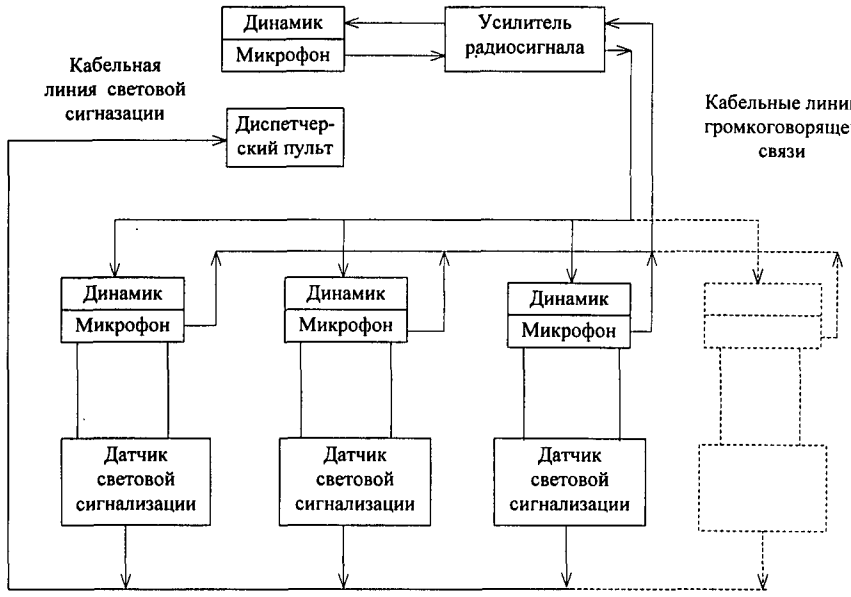


Рис.14.6. Блок-схема реализации диспетчерской системы текущего надзора за работой лифтов

14.4. Периодичность и содержание технического обслуживания и ремонтно-профилактических работ

В зависимости от сложности лифтов, отработанного машинного времени со дня пуска в эксплуатацию, интенсивности нагружения, уровня заводской надежности и пожеланий владельца лифта, применимы различные комбинации технических мероприятий, способных обеспечить высокую степень его технической готовности.

Специализированная эксплуатационная организация может разрабатывать и предлагать владельцу варианты наборов технических мероприятий разной стоимости, обеспечивающих готовность лифта к работе.

Однако этот набор должен базироваться на трех видах работ, предписываемых ПУБЭЛ: периодические осмотры; техническое обслуживание; ремонт.

ПУБЭЛ определяет так же круг специалистов и уровень их ответственности за безопасную эксплуатацию лифтов. Важное место среди них отведено электромеханику, который должен соответствовать высокому уровню квалификации, что подтверждается аттестационным документом на право самостоятельной работы. Ответственность электромеханика за лифт закрепляется записью в паспорте каждого из обслуживаемых им лифтов и таким образом устанавливается его персональная ответственность за безопасное техническое состояние. Фактором персональной ответственности является и обязанность электромеханика вести журнал регистрации проводимых на лифте технических мероприятий.

Объем его работ определяется инструкцией, составляемой с учетом заводской инструкции по эксплуатации конкретной модели лифта. В заводской инструкции, являющейся основным документом, в котором реализуется право разработчика по определению необходимого минимума технических мер, обеспечивающих надежную и безопасную работу лифта в течение срока службы, основное внимание уделяется техническому обслуживанию (ТО).

В инструкции устанавливается периодичность и объем мероприятий по осмотру, регулировке и смазке всех узлов периодически в течение всего года.

Из инструкции можно сделать вывод о достаточности предписываемого объема работ для поддержания нормального уровня технического состояния лифта и отсутствия необходимости в проведении текущих и аварийных ремонтов при условии добросовестного соблюдения предписаний заводской инструкции.

Необходимость проведения капитальных ремонтов, их объем и стоимость, обычно решаются владельцем и специализированной организацией, ответственной за поддержание работоспособного и безопасного состояния конкретного лифта.

В нашей стране в течение нескольких десятков лет, начиная с пятидесятых годов, действовала система планово-предупредительного ремонта (ППР), разработанная на основе теории предположения возможного появления отказов, путем проведения плановых ремонтных мероприятий.

Система ППР включала в себя две подсистемы: подсистему трехуровнего технического обслуживания и подсистему капитальных ремонтов.

Техническое обслуживание состояло из трех наборов работ, отличавшихся объемом, периодами проведения и списком узлов, подлежащих обслуживанию: ТО-1, ТО-2, ТО-3.

ТО-1 проводилось один раз в пятнадцать дней, ТО-2 - один раз в месяц, но в состав работ ТО-2 входили и работы, предусмотренные списком ТО-1. ТО-3 выполнялось один раз в шесть месяцев. В него входили работы по ТО-2.

Подсистема капитальных ремонтов состояла из плановых ремонтов разного объема и сложности: малого (М), среднего (С) и большого (Б). Проведение плановых ремонтов предусматривалось ежегодно в сроки, предшествовавшие очередному освидетельствованию лифта в соответствии с принятой цикличностью.

Система ППР сыграла положительную роль в поддержании лифтов в работоспособном состоянии в течение длительного периода, значительно превышающего расчетные сроки службы лифтов. Так, например, в Москве лифты ЭМИЗ или КМЗ-58, изготовленные в пятидесятые годы продолжают эксплуатироваться и до сих пор после частичной модернизации.

К недостаткам системы ППР следует отнести неоправданно большой вес плановых капитальных ремонтов, когда уже после первого года работы лифта предписывалось проведение хотя и малого, но капитального ремонта, что экономически не было целесообразным.

Учитывая это в 1990 г. специалистами «Мослифт» была разработана и принята новая система технических мероприятий под названием «Общее руководство по текущему ремонту лифтов МГМП Мослифт».

Следует отметить, что название этого документа по форме не соответствует ПУБЭЛ и инструкциям заводов-изготовителей лифтов, где основное внимание уделяется техническому обслуживанию.

В нем предусматривается периодическое проведение следующих видов работ: ЕРР - ежесуточные регламентные работы для пассажирских и грузопассажирских лифтов, подключенных к ОДС; РР - регламентные работы, проводимые не реже одного раза в 10 суток для пассажирских и грузопассажирских лифтов, подключенных к ОДС; ТР-0 - внутримесячный текущий ремонт, проводимый не реже одного раза в 15 суток, на грузовых, больничных и пассажирских лифтах, оборудованных дверями, запираемыми шпингалетно-ригельными замками; ТР-1 - ежемесячный текущий ремонт, проводимый на пассажирских и грузопассажирских лифтах, установленных в зданиях-новостройках в первый полугодовой период эксплуатации; ТР-3 - квартальный текущий ремонт, проводится на всех типах лифтов (пассажирских и грузопассажирских, больничных и грузовых) не реже одного раза в три месяца; ТР-6 - полугодовой текущий ремонт проводится на всех типах лифтов не реже одного раза в 6 месяцев.

Из содержания руководства предназначенного для электромехаников следует однако, что речь в этом документе идет в действительности о техническом обслуживании лифтов.

ЕРР состоят: из проверки исправности двусторонней переговорной связи, которая относится к лифтам, не оборудованным устройством дистанционного управления контроля исправности линий связи; из проверки ограждения и освещения шахты и кабины внешним осмотром; из проверки работоспособности лифта путем его пуска от кнопок из кабины и посадочных площадок; проверки исправности контактов дверей кабины, фартучного устройства и упоров створок распашных дверей кабины. При этом указывается, что ЕРР на пассажирских лифтах с автоматическим приводом дверей, оборудованных системой автоматического контроля за их техническим состоянием (БС), а также на лифтах с автоматическим контролем состояния контактов ДК и ДШ, установленных в глухих шахтах, не проводится, а в железосеточных шахтах производится проверка только состояния ограждения и освещения шахты и кабины.

РР предусматривают проверку лифта в объеме ЕРР, а также выполнения следующих работ: в машинном и блочном помещениях: проверку надежности запирания дверей и исправности устройства контроля их закрытия; исправности двусторонней переговорной связи с диспетчерским пультом; исправности механизмов и аппаратуры, отсутствие посторонних шумов и запаха гари; наличия освещения в помещениях и в подходах к ним; проверка уровня масла в редукторе и подшипниках электродвигателя; состояние вентиляционных решеток, окон и закрытие люка; проверку прохождения сигналов от блоков сигнализации на пульт ОДС;

В шахте, приямке, кабине лифта РР предусматривают проверку: наличия предупредительных плакатов и указательных надписей; исправности сигналов действия замков дверей шахты на всех этажах и невозможности открытия дверей кабины вручную на лифтах с автоматическим приводом; исправности блокировочных контактов дверей шахты на всех этажах и контакта дверей кабины; исправности действия кнопки «Стоп»; точности остановки кабины на этажах (выборочно не менее чем на 3-х этажах); исправности действия кнопочных и вызывных аппаратов; исправности механизма подвижного пола и электромеханического реверса; *наличие правил пользования лифтом.*

Далее рассмотрим порядок действий персонала в процессе выполнения регламентных работ на лифтах с автоматическим приводом дверей.

Проверка неисправности замков дверей шахты должна проводиться на каждом этаже с этажной площадки при отсутствии кабины на проверяемом этаже, путем пробной попытки отодвинуть поочередно створки. Замки считаются исправными, если створки не открываются. Проверка невозможности открытия дверей кабины вручную производится в момент остановки кабины между этажами. Проверка работы автоматического привода дверей производится на первом этаже. Нажатием кнопки вызова пустой кабины убедится в автоматическом открытии дверей по прибытии кабины на этаж. До нажатия кнопки приказа двери должны автоматически закрыться у пустой кабины с подвижным полом через 3...5 сек, у кабин с неподвижным полом через 8...10 сек.

Работа механизма реверса проверяется из кабины, путем размещения, между закрывающимися створками дверей кабины, шаблона толщиной 20 мм на высоте 1000 мм от уровня пола. При соприкосновении створок с шаблоном они должны начать движение на открытие. На лифтах оборудованных устройством контроля дверного проема при помощи светового луча, работа реверса должна происходить также при пересечении луча непрозрачным предметом.

Проверка точности остановки кабины производится выборочно, но не менее, чем на трех этажах путем пуска ее поочередно снизу и сверху на проверяемый этаж.

Проверка работы кнопочного и вызывных аппаратов производится пробным нажатием на кнопки, которые после нажатия должны возвратиться в исходное положение, а кабина двигаться на соответствующий этаж. Проверка действия кнопки «Стоп» производится при неподвижной кабине путем нажатия кнопки «Стоп» и кнопки «приказа». При этой комбинации кабина не должна двигаться. Проверка ламп «Занято» и освещения кабины производится при открытии дверей шахты. Лампа должна включаться. Проверка исправности ограждения и освещения шахты производится наружным осмотром. Проверка уровня масла в редукторе лебедки производится с помощью маслоуказателя, а в подшипниках электродвигателя VTM-250 - через смотровое окно.

Предусмотренный документом ТР-0 относится к сравнительно узкой группе лифтов, оборудованных шпингалетно-ригельными замками, поэтому нами не рассматривается.

ТР-1 состоит из приведенного перечня регламентных работ (РР) и работ по контролю состояния направляющих, которые в первые шесть месяцев эксплуатации в новых зданиях испытывают дополнительные нагрузки, вызванные их осадкой.

Квартальный текущий ремонт (ТР-3) пассажирских и грузопассажирских лифтов с автоматическим приводом дверей предусматривает выполнение работ, входящих в ТР-1, а также осмотр, регулировку, смазку и необходимый ремонт следующих узлов и механизмов:

1. *Тормозное устройство.* Осматривается и контролируется толщина фрикционных накладок, рычаги, регулировочные винты, детали крепления тормозных пружин. Накладки подлежат замене, если расстояние до заклепок уменьшилось до 2 мм. При необходимости накладки зачищаются, а тормозной шкив и шарнирные соединения промываются. После смазки шарниров и замены изношенных деталей производится сборка устройства и регулировка в соответствии с ТУ завода изготовителя.

2. *Электродвигатель.* Проверяется и, при необходимости, восстанавливается крепление электродвигателя, полумуфт, соединительных пальцев муфты, клеммных соединений проводов.

3. *Канатоведущий шкив и отводные блоки.* Проверяется крепление КВШ и блоков, отсутствие раковин на рабочих поверхностях, сколов, трещин, степень износа ручьев КВШ, которая оценивается работой контакта слабины подъемных канатов (СПК).

4. *Панель управления.* Электроаппаратура очищается от пыли, проверяются растворы и провалы контактов, легкость хода подвижных частей контакторов и реле при ручном включении и отключенных главном рубильнике и автомате защиты. Проверяются величины токов установки предохранителей и автоматических выключателей. Регулировку аппаратов производить в соответствии с рекомендациями изготовителей. Проверяются крепление проводов и исправность работы электроаппаратов во всех рабочих режимах лифта.

5. *Блок сигнализации* (БС). Проверяется работа реле, подтягиваются клеммные соединения проводов, проверяется наличие заземления и работа блока во всех режимах.

6. *Автоматическое устройство контроля состояния контактов* ДК и ДШ. Проверяется во всех режимах.

7. *Трансформаторы.* Проверяются места крепления деталей и клеммных соединений, наличие заземления.

8. *Двери шахты.* Проверяется величина «захода» роликов рычагов механизма отпирания замков шахтных дверей в отводку двери кабины. Глубина захода должна составлять 10...15 мм, а регулируется глубина изменением длины осей роликов. Регулировка бокового зазора между роликом и рабочей стенкой отводки производится перемещением пальца, поднимающего защелку, в пазу рычага механизма отпирания замков шахтных дверей.

Проверяется работа блокировочных контактов, контролирующих закрытие и запирание створок ДЗ и ДШ. Проверка производится в режиме «Ревизия» нажатием на кнопку пуска. При незапертом замке каждой створки и при открытии створ-

ки на величину не более 4 мм. Движение кабины в этих случаях не должно происходить. Проверяется состояние электрических контактов дверей шахты, которые при необходимости зачищаются, и регулируются величины растворов и провалов. Корпус конечного выключателя может передвигаться при необходимости регулирования зазора между штоком выключателя и нажимной планкой защелки замка, который должен составлять 1...2 мм. Нормально замкнутый контакт ДЗ должен разрывать электрическую цепь раньше, чем произойдет окончательный подъем защелки замка. Минимальная величина перекрытия защелкой упора каретки должна составлять 1,5 мм. Проверяются зазоры между линейкой и контрроликами кареток (0,2 мм). Регулировка производится поворотом эксцентриковой втулки, обеспечивающим подъем оси и контрролика в пазу каретки.

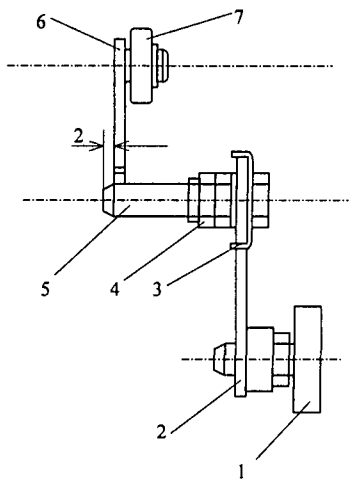


Рис.14.7. Взаимодействие пальца рычага механизма отпирания створок с защелкой замка
1 – ролик рычага; *2* – рычаг; *3* – пластина, фиксирующая палец; *4* – гайки; *5* – палец; *6* – защелка; *7* – ролик защелки

Проверяется зазор между рабочими поверхностями упоров кареток и защелок (1...2 мм). Регулировка производится перемещением кронштейна защелки в пазах с последующей фиксацией стопорной планкой. Величина перекрытия по вертикали между упором и защелкой должна составлять не менее 7 мм.

Проверяется длина пальца рычага, поднимающего защелку, палец должен выходить за тело защелки на 1...2 мм. При необходимости подтянуть крепеж, заменить рычаг или палец (рис.14.7).

Проверяется состояние упоров, в которые упираются резиновые амортизаторы кареток, надежность крепления направляющих линеек, роликов к кареткам, резинового профиля к торцу створок, самих створок к кареткам, башмаков створок, при необходимости делается подтяжка креплений.

Проверяется расстояние между нижним торцом створок и порогом закрытой двери шахты. Регулировка осуществляется за счет шпилек крепления створок к кареткам.

Проверяется расстояние между отводкой двери кабины и порогами шахтных дверей, которое должно быть не менее 14 мм. Такой же минимальный размер должен выдерживаться между роликами рычагов замков шахтных дверей и порогом кабины.

9. *Кабина.* Проверяется состояние и крепление купе, люка, плафона. Выполнить проверку работы контакта контролирующего закрытие створок дверей, исключив воздействие упора на шток контакта и нажав на кнопку пуска в режиме «Ревизия», при этом кабина должна оставаться без движения. Проверить работу подвижного пола пробным грузом массой 15±10 кг, располагая его в любой точке пола, каждый раз убеждаясь, что действие вызовов и закрытие дверей без нажатия кнопки приказа не происходит.

Проверяется правильность установки датчиков и шунтов в шахте и на кабине.

Проверить состояние электрических контактов в аппаратах, установленных в шахте и на кабине загрязненные поверхности очищаются.

Проверяются зазоры между линейкой и контрроликами, легкость хода кареток, крепление створок, крепление и натяжение троса связи створок и при необходимости трос подтягивается с помощью натяжного крюка, проверяется натяжение пружины закрытия створок двери кабины, которая заменяется, если величина ее провисания превышает 5 мм.

Проверяются и подтягиваются клеммные соединения проводов и деталей кнопочного и вызывного аппаратов, этажных переключателей и датчиков.

Проверяется состояние кнопок и надписей к ним. Кнопки с удерживающими электромагнитами должны свободно возвращаться в исходное положение после снятия напряжения с катушек электромагнитов.

10. *Привод дверей.* Проверяется количество и качество масла в редукторе, натяжение ремня, которое регулируется натяжным болтом, положение рычага водила относительно упора, контакт между ними в нормальном режиме не допустим, положение штифта ролика водила относительно торцевой поверхности вертикально расположенной линейки реверса (рис.14.3).

На лифтах г/п 500 кг с широкой створкой проверяется: работа пластинчатой пружины реверса и реверсирующего механизма; величина зазора между упором рычага и амортизатором (в крайних положениях зазор должен быть 3...8 мм); параллельность тяги и рычага к плоскости линейки дверей кабины, которая не должна превышать 3 мм для рычага с цепным приводом. Регулировка возможна путем перемещения привода на основании.

11. *Башмаки кабины и противовеса.* Максимальный зазор в башмаках между торцевой и боковой поверхностями головки направляющей не должен превышать 2 мм. При необходимости вкладыши заменяются.

12. *Канаты.* Проверяется состояние и крепление канатов на отсутствие обрыва прядей и работа балансирной подвески. В момент подхода кабины к середине высоты подъема рычаги балансира должны занимать горизонтальное положение. Если при подходе кабины к крайним зонам движения отклонение рычагов вызывает отключение СПК, следует выровнять рычаги изменением длины канатов путем перемещения гаек в тягах пружинной подвески, но не более, чем на 40 мм, а затем на кабине перепасовкой каната в обойме. Снимается излишняя смазка на канатах.

Проверяется положение рычага натяжного устройства каната ограничителя скорости. При отклонении рычага груза от горизонтального положения более чем на 20°, необходимо произвести перепасовку каната.

13. *Этажные переключатели.* Проверяется и регулируется зазор между торцом оси ролика и дном комбинированной отводки (10...12 мм), а также положение этажного переключателя относительно отводки. При прохождении ролика в прямолинейном участке отводки, его рычаг должен занимать вертикальное положение. Зазор между корпусом переключателя и комбинированной отводкой должен быть не менее 10 мм, а провалы и растворы электроконтактов – 2...4 мм. При необходимости подтягивается крепление всех деталей, клеммных соединений проводов и производится смазка оси роликов.

14. *Дополнительное устройство* СПК (ДУСК). Производится внешний осмотр установки, проверяются и зачищаются контакты. Проверяется работа выключателя

приямка. Смазка узлов и деталей выполняется в соответствии с картой смазки. В заключение проверяется санитарное состояние машинного, блочного помещений, крыши кабины, приямка шахты и при необходимости производится уборка.

Полугодовой текущий ремонт ТР-6 пассажирских и грузопассажирских лифтов с автоматическим приводом дверей включает в себя работы по перечню квартального текущего ремонта и дополнительно осмотр, регулировку, смазку и необходимый ремонт следующих узлов и механизмов.

1. *Вводное устройство.* Проверяется исправность путем осмотра и оценки состояния клеммных соединений проводов, ножей пинцетов, их крепления. Рабочий зазор между пинцетами должен составлять половину толщины ножа. Оценивается работоспособность рубильника при пробных включениях. Обнаруженные дефекты устраняются.

2. *Редуктор лебедки лифта.* Производится проверка крепления полумуфт, венца червячного колеса, а также проверка и оценка величины износа элементов червячной пары по боковому зазору в зацеплении. Величина предельного бокового зазора соответствует свободному повороту червяка на угол 36°. Измерению предшествует посадка противовеса на буфер и выравнивание усилий в ветвях канатов кабины и противовеса.

3. *Ограничитель скорости, ловители, концевой выключатель.* Узлы очищаются от загрязнений, и проводится их осмотр. Проверяется отсутствие заеданий в шарнирах грузов ограничителя скорости, люфтов в подшипниках при снятом канате, состояние ручья рабочего шкива, отсутствие сколов и трещин. Проверяется работа ограничителя с рабочего и контрольного шкива, действие электроконтактов.

Производится проверка механизма конечного выключателя. Рычаг должен легко поворачиваться на оси и отключать электроконтакт. Регулировка момента отключения производится перестановкой упоров на тросе.

Проверяется состояние ловителей и их механизма включения, состояние мест креплений возвратной пружины, контакта ловителей, зазоры между направляющими и клином, одновременность подхода клиньев к направляющей и легкость их хода. Зазор между клином и направляющей должен составлять 3 мм.

4. *Противовес.* Проверяются и регулируются зазоры в башмаках, положение грузов, (смещение их не должно превышать 5 мм), наличие трещин у грузов и надежность их крепления планками, крепление башмаков и деталей каркаса. Долить масло в смазывающие аппараты.

5. *Буферное устройство кабины и противовеса.* Проверяется правильность установки, состояние пружин, наличие масла в гидравлическом буфере и действие выключателя пробным нажатием на плунжер.

6. *Электропроводка.* Осматривается состояние электропроводки, в том числе мест крепления, отсутствие провисания и повреждений. Проверяется работа электросхемы во всех режимах.

7. *Заземление электрооборудования.* Проверяется заземление корпусов электродвигателей, шкафа управления, вводного устройства и всей остальной электроаппаратуры, расположенной в машинном помещении, шахте, приямке, кабине.

8. *Направляющие кабины и противовеса.* Производится осмотр мест крепления и стыков, состояние рабочих поверхностей. Проверяется прямолинейность, вертикальность, размер по штихмассу.

Несколькими годами позже аналогичная система под названием «Руководство по техническому обслуживанию лифтов» применена и ОАО МосОТИС. Система отличается от рассмотренной выше сокращенным объемом плановых работ. В ней отсутствуют регламентные работы, проводимые раз в десять дней, (РР). Они перешли в ежемесячный текущий ремонт (ТР-1). В остальном системы Мослифт и МосОТИС идентичны.

Аварийный ремонт. Для устранения непредвиденных отказов, случающихся в ночное время или в выходные и праздничные дни, когда на обслуживаемой территории отсутствует бригада участкового электромеханика, созданы лифтовые аварийные службы (ЛАС), которые призваны обеспечить: получение и регистрацию информации об отказах в работе лифтов; срочную доставку в любую точку обслуживаемого района группы квалифицированных электромехаников, снабженных необходимыми запасными частями, материалами, приборами, приспособлениями, инструментом и защитными средствами; быстрое устранение причины, вызвавшей остановку лифта или аварийную ситуацию; оказание необходимой помощи пассажирам, застрявшим в кабине или получившим ранение; учет выполненных работ по устранению причин остановки лифта и обработку сведений об отказах лифтов.

Для получения своевременной информации об отказах, на каждом лифте устанавливается табличка с номерами телефонов ЛАС. На диспетчеризированных лифтах такую информацию передают диспетчеры, пользующиеся громкоговорящей радиосвязью с кабиной лифта.

ЛАС располагаются в помещениях, приспособленных для круглосуточной комфортной работы коллектива сотрудников и хранения некоторого количества запасных частей, материалов, грузоподъемных и защитных средств, документации. Она имеет современные средства связи.

Ответственным за работу аварийной службы является ее начальник, назначаемый приказом управления, из числа специалистов с высшим или среднетехническим образованием.

Весь персонал аварийной службы должен состоять из специалистов, аттестованных Госгортехнадзором на знание ПУБЭЛ. В своей работе специалисты используют закрепленный за ЛАС, оборудованный автотранспорт, приспособленный для доставки в городских условиях специалистов, снабженных всем необходимым для устранения неожиданно возникших неполадок в работе оборудования, и средствами связи с диспетчером.

В рабочем помещении ЛАС круглосуточно осуществляется дежурство диспетчера, который принимает и регистрирует все сообщения о работе лифтов обслуживаемого района, в прошнурованном журнале. Диспетчер направляет звенья дежурных специалистов на лифты, нуждающиеся в технической помощи. Выезд звена производится на основании распоряжения диспетчера и выписанного им наряда.

Дежурный диспетчер ЛАС должен иметь специальное техническое образование, хорошо знать обслуживаемый район территории, уметь оперативно принимать решения, иметь представление о конструкции лифта.

Электромеханики ЛАС должны иметь высокую квалификацию, позволяющую им самостоятельно в течение короткого времени выявить причину отказа любой системы лифтового оборудования различных типов лифтов и устранить ее.

Загруженность ЛАС работой зависит от уровня технического состояния обслуживаемого парка лифтов, т.е. от эффективности работы территориальных бригад. Поэтому по численности и загруженности персонала ЛАС можно делать оценку уровня технического состояния лифтов и качества их обслуживания коллективом специализированного подразделения.

Капитальный ремонт, предусмотренный ранее системой ППР, не вошел в новую систему плановых технических мероприятий по поддержанию работоспособного состояния лифтов.

Однако, как показывает опыт работы эксплуатационных организаций, исключить совсем из состава технических мероприятий крупные капитальные ремонты пока не удается. Вместе с тем необходимость их проведения и время проведения на конкретном лифте находится под влиянием многих факторов индивидуального характера: степени рабочей загруженности, уровня заводской надежности поступившего на монтаж оборудования, качества монтажных работ, качества эксплуатационных технических мероприятий, уровня бережливости лиц, пользующихся лифтом.

В результате на отдельных экземплярах машин наиболее нагруженные узлы (редуктор лебедки, канатоведущий шкив, тормоз, электродвигатель, система амортизации лебедки, привод дверей, аппаратура управления и т.п.) могут израсходовать свой ресурс до окончания планового срока службы лифта. В этих случаях появляется необходимость в капитальном ремонте, которая требует подтверждения владельца лифта. несущего материальную нагрузку. Поэтому, можно признать экономически оправданным индивидуальный подход к срокам проведения и установлению объемов работ капитального ремонта для каждого конкретного лифта.

Такому ремонту обычно предшествует подготовительный период, во время которого уточняются объемы и стоимость работ, ведется подготовка запчастей для замены, планирование сроков начала и окончания работ. Эти работы в эксплуатационных управлениях или участках, обычно, вносятся в их производственный план, с дополнительным финансированием.

Модернизация лифтов. Применительно к лифтам под этим термином могут подразумеваться два вида работ, выполняемых с целью их совершенствования.

Если такая работа проводится в основном заводом-изготовителем и касается модели, пользующейся спросом, то она соответствует общепринятому смыслу «Модернизация», т. к. касается совершенствования лифта без существенного изменения основных параметров машины. В этом случае обычно проводится частичное изменение отдельных узлов или систем управления, позволяющее улучшить потребительские характеристики лифта. После проведения комплекса работ лифт в модернизированном виде продолжает выпускаться заводом.

Во втором случае модернизацию обычно проводит эксплуатационная организация.

В этом случае для определенного лифта, длительное время находившегося в эксплуатации, разрабатывается комплекс технических мер, позволяющих путем замены части морально и физически изношенного оборудования, собрать в отдельной шахте лифт с улучшенными до современного уровня характеристиками.

Часто такая работа приурочена к окончанию планового срока службы лифта и сопровождается разработкой и изготовлением специального комплекта оборудования для модернизации конкретной модели.

14.5. Смазочные материалы и смазка деталей и узлов

Одним из важнейших факторов, сопровождающих работу механических узлов лифта, является износ конструктивных элементов в узлах трения. Скорость износа в большой степени, определяется наличием смазки в узлах.

В связи с этим напомним, что в соответствии с современным представлением о *непостоянстве коэффициента трения первого рода, его величина может изменяться* многократно в зависимости от условий в зоне контакта трущихся поверхностей (шероховатость, давление, скорость скольжения, характер движения, температура и др.). Одна и та же пара материалов, находящихся под влиянием этих факторов, может иметь резко отличное значение коэффициента трения. Например, по данным И.В.Крагельского и И.Э.Виноградовой приведенным в монографии «Коэффициенты трения» [30], при трении стали по стали коэффициент изменяется от 0,1 до 1,0. Авторы приводят шесть видов трения первого рода отличающихся по признаку состояния поверхностей трущихся тел и наличию смазки.

В более поздних работах [41] при оценке роли смазки во взаимодействии поверхностей трения строительных машин выделены три наиболее характерных вида трения первого рода: **сухое трение**, характеризующееся отсутствием всякой смазки на поверхностях трения; **граничное трение**, при котором поверхности разделены слоем смазки незначительной толщины (0,1 мк и менее); **жидкостное трение**, когда толщина слоя смазки достаточна для полного разделения взаимодействующих поверхностей. Жидкостное трение наиболее желаемый вид трения первого рода. При нем обеспечиваются самые благоприятные условия трения скольжения так как оно происходит не между трущимися поверхностями, а между слоями смазки. По этой причине сила трения и износ деталей становятся минимальными, а срок службы максимальным. Известным примером возникновения условий жидкостного трения является работа пары, состоящей из цапфы вала и вкладышей подшипника скольжения, охватывающих цапфу.

Важной задачей службы эксплуатации является, строгое соблюдение указаний эксплуатационной документации по качеству используемых смазочных материалов и срокам их замены.

Напомним о роли смазки в работе узлов трения. Она призвана обеспечивать: отвод тепла из зоны трения; уменьшение сил трения и скорости изнашивания трущихся деталей; защиту поверхностей от коррозийного износа; поглощение импульса мгновенно приложенной силы вследствие упругих свойств масляной подушки; уменьшение шума от работающих подшипников, зубчатых и цепных передач.

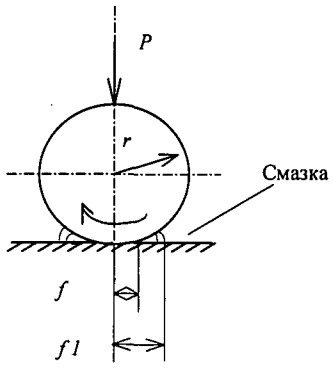


Рис.14.8

Кратко напомним природу трения второго рода, трения качения. Под действием нагрузки «Р»воздействующей на тело качения, оно вместе с опорной поверхностью деформируется. В результате образуется опорная площадка, величина которой зависит от твердости взаимодействующих тел, величины нагрузки и радиуса тела вращения. За коэффициент трения качения, принимается полухорда дуги, образуемой при деформировании соприкасающихся тел (рис.14.8).

Применение смазки в опорах качения ведет к некоторому увеличению коэффициента трения. Однако остальные функции смазки не меняют своей положительной роли.

Современные смазки по происхождению подразделяются на минеральные, получаемые в первую очередь из нефти, реже - угля, растительные, животные, получаемые из жира животных и синтетические.

Основная масса смазочных материалов до сегодняшнего времени изготавливается из нефти, которая и по количеству добычи и по стоимости процесса производства смазки из нее значительно опережает другие продукты. В мире накоплен богатый опыт производства смазки из нефти, который насчитывает более чем вековую историю. Первый в мире завод по выработке смазочных материалов из нефти был открыт в России в 1876 году.

Смазки растительного и животного происхождения несмотря на определенный дефицит продуктов, из которых они могут производиться, находят определенное применение, и, в частности, в качестве добавок в минеральные смазки.

В последнее время несмотря на сравнительно высокую стоимость, превышающую стоимость минеральных масел в 1,5...2 раза, все большее применение находят масла синтетического происхождения, которые способны обеспечить недостижимые для минеральных масел уровни параметров по нагрузкам, диапазонам рабочих температур, срокам службы и другим показателям.

Синтетические масла получают, используя реакцию синтеза при взаимодействии различных веществ животного или растительного происхождения на молекулярном уровне.

По физическому состоянию смазочные материалы подразделяются на масла, смазки и твердые смазочные материалы.

К маслам относятся смазочные материалы, сохраняющие при температуре 10-15°С текучесть. Ко вторым смазкам – материалы, переходящие при указанной температуре в мазеподобное состояние. Твердые смазочные материалы, к которым относятся графит, тальк, слюда, применяются как самостоятельные, так и в виде добавок (присадок) к другим смазочным материалам.

Производство масел минерального происхождения основано на вакуумной перегонке мазута, который остается в процессе перегонки нефти, когда из нее отделяются легкие фракции. Полученный после процесса вакуумной перегонки масляный дистиллят проходит очистку, которая может производиться различными методами. В зависимости от примененного метода очистки минеральные масла бывают:

Серно кислотной очистки, получаемые путем добавления к масляному дистилляту серной кислоты, вступающей во взаимодействие с примесями, в результате чего образуются соединения, выпадающие в осадок. Часть кислоты может оставаться в масле. Для ее нейтрализации используется щелочь;

Выщелочные, которые получаются при обработке масляных дистиллятов, обычно полученных из высококачественной нефти, щелочами.

Контактные, получаются при обработке масляных дистиллятов специальными пористыми телами, в порах которых адсорбируются примеси, находящиеся в дистилляте.

Селективные, получаемые при обработке дистиллята разными растворителями, способными растворять те или иные нежелательные примеси. Данный способ очистки используют при производстве наиболее качественных минеральных масел.

Технологический процесс производства масел может включать сложные и дорогие процессы деасфальтизации и депарафинизации, улучшающие их качества.

В условиях конкуренции и роста потребительских требований работа над совершенствованием технологических процессов производства минеральных масел, ведется постоянно. В дальнейшем мы остановимся на некоторых результатах этой работы.

Рассмотрим основные параметры оценки качества масел, которые регламентируются государственными, отраслевыми и иными стандартами.

К наиболее важным параметрам относятся: вязкость; температура застывания; маслянистость; температура вспышки; химическая стойкость; содержание механических примесей.

1. **Вязкость.** Наиболее важное свойство смазочных масел, характеризующее внутреннее трение жидкости, от которого зависит ее способность образовывать масляную пленку на поверхности тела. Внутреннее трение масел может оцениваться в единицах *динамической*, *кинематической* и *условной* вязкостях.

Динамической вязкостью называется сила сопротивления взаимному перемещению параллельных слоев жидкости относительно друг друга. За единицу динамической вязкости принимают *пуаз*, которым оценивается вязкость жидкости, оказывающей сопротивление взаимному перемещению слоя жидкости площадью 1 $см^2$, движущейся со скоростью 1см/с, относительно параллельного слоя, находящегося на расстоянии 1см. Сила сопротивления движению при этом должна быть равна 1 дине. Сотая часть пуаза называется *сантипуазом* (СПЗ). Вода при 20°С имеет вязкость в 1,005 СПЗ.

Кинематическая вязкость представляет собой отношение динамической вязкости жидкости к ее плотности при температуре определения. Принято измерять вязкость масел при температурах +50 и +100°С. Единица кинематической вязкости - *стокс* имеет размерность $см^2/с$, сотая часть стокса называется *сантистоксом - сст.*, которая может выражаться в $мм^2/с$.

Условная вязкость. По государственному стандарту она определяется в условных градусах ВУ° и выражается отношением времени истечения двухсот миллилитров исследуемой жидкости при температуре определения из вискозиметра через калиброванное отверстие к времени истечения того же количества дистиллированной воды при температуре 20°С.

Наиболее часто вязкость масел указывается в единицах кинематической вязкости, сантистоксах (сст). Она входит в марку масел отечественного производства, она же используется в маркировке иностранных производителей. Некоторую путаницу, правда, вносит различная температура измерения вязкости, что требует дополнительного уточнения. Например, в обозначении индустриального масла И-12, цифра означает, что кинематическая вязкость его при температуре 50°С равна в среднем 12 сст., или 12 $мм^2/с$.

Перевод единиц измерения различных вязкостей из одной системы в другую, а так же определение вязкости смесей производится по номограммам и формулам.

Так например, перевод условной вязкости в кинематическую производится по формуле:

$$\eta = (7{,}31\ ВУ° - 6{,}31/ВУ°),\ сст. \qquad (14.1)$$

Вязкость масел величина не постоянная. Она изменяется и с изменением температуры масла и величины давления. С ростом давления она увеличивается. Так при давлении в 100 МПа вязкость масел повышается в 10...20 раз по сравнению с

атмосферным давлением. Увеличение вязкости подсчитывается по формуле:

$$\eta_p = \eta_0 \cdot a^p, \qquad (14.2)$$

где η_p - вязкость масла при рассматриваемом давлении; η_0 - вязкость масла при атмосферном давлении; a - константа, равная, для минеральных масел 1,002... 1,004; p - давление в МПа $\cdot 10^{-1}$.

Стабильность вязкостных свойств масел, зависящая от их температуры может оцениваться коэффициентами:

$$k_1 = \eta_{50}/\eta_{100}; \quad k_2 = \eta_0/\eta_{100}; \; ТКВ_{0\text{-}100} = (\eta_0 - \eta_{100})/\eta_{50}, \qquad (14.3)$$

где η_0, η_{50}, η_{100} - вязкости масел соответственно при температурах 0°, 50°, 100°С; ТКВ - температурный коэффициент вязкости.

Чем меньше указанные коэффициенты, тем лучше температурно-вязкостные качества масла.

2. **Температура застывания**. Этой температурой считается температура, при которой мениск масла в пробирке, наклоненной под углом в 45°, не меняет своей формы в течение одной минуты.

3. **Маслянистость**. Характеризует смазывающие качества масел. Она оценивается способностью масла обеспечивать граничное трение за счет образования на поверхности трения молекулярных пленок, препятствующих непосредственному контакту трущихся деталей. Большой маслянистостью обладают масла растительного и животного происхождения.

4. **Температура вспышки**. В общем случае она характеризует наличие в масле легких углеводородов. Температура вспышки - это температура, при которой масло, помещенное в открытый тигель, загорается при поднесении к нему пламени и горит не менее 5 секунд.

5. **Химическая стойкость**. В результате воздействия на масло высокой температуры, различных газов, нагрузки, на трущихся поверхностях, оно теряет свои первоначальные свойства. В результате происходящих изменений образуются осадки, ускоряется лакообразование, появляются нагары, на поверхности деталей может появиться коррозия.

Для оценки химической стойкости масел применяются следующие показатели: кислотное число, зольность, скорость растворения свинцовой пластины в масле.

Кислотное число, определяемое количеством щелочи К.ОН в миллиграммах, необходимой для нейтрализации органических кислот, содержащихся в одном грамме испытываемого масла. Кислотное число является мерой оценки коррозионных свойств масел.

Потери массы стандартной свинцовой пластины отнесенные к величине поверхности определяются по результатам растворения ее в испытуемом масле, нагретом до температуры в 140°С в течение 50 часов, в г/м^2.

Зольность свидетельствует о наличии в масле несгораемых веществ. Для индустриальных масел допускается в количестве до 0,007%.

6. **Механические примеси**. Они появляются в масле двумя путями. Либо в результате разрушения поверхностей трения, либо образуются в процессе эксплуатации в результате отложения нагаров и образования твердых осадков. Механические примеси вызывают ускоренный износ в узлах трения и могут привести к закупорке маслопроводов. Поэтому присутствие в масле механических примесей, а так же воды, не допускается.

Рассмотрев шесть основных параметров, используемых для оценки качества масел, нельзя оставить без внимания необходимость учета дополнительных обстоятельств, отражающих динамику изменения этих параметров в конкретных условиях, сопутствующих рабочим процессам. Эти процессы во многих случаях охватывают широкие диапазоны изменения температур, изменения механических нагрузок, неблагоприятных условий по составу атмосферы, содержанию агрессивных составляющих и прочее. Часто в усложненных условиях работы масла излишне быстро теряют качественные показатели, либо изначально не удовлетворяют высоким требованиям потребителей.

Одним из путей повышения качества минеральных масел является использование специально изготавливаемых добавок, улучшающих одно или сразу несколько свойств масел. Эти добавки, получившие название присадок, могут вноситься как в процессе изготовления, так и позже, во время использования масла.

Присадки должны удовлетворять определенным требованиям, состоящим в хорошей растворимости в масле, не задерживаться фильтрами, не образовывать осадки при колебаниях температуры, не ухудшать других эксплуатационных свойств масел.

В зависимости от назначения присадки подразделяются на группы.

Вязкостные, предназначаются для повышения вязкости маловязких масел, увеличения прочности масляной пленки, снижения зависимости вязкости от температуры масла. С их помощью получают всесезонные масла, обладающие требуемой вязкостью в широком диапазоне температур. Добавляются в количестве до 5% к объему масла.

Депрессорные присадки снижают температуру застывания масел, воздействуя на механизм кристаллизации парафина и церезина, содержащихся в масле. Добавляют в количестве до 2%.

Антиокислительные присадки (ингибиторы) повышают сопротивляемость масла окислению, приводящему к изменению состава масла, образованию в нем смолистых, асфальтовых и кислородных соединений, вызывающих коррозию металлических поверхностей, отложение лаков и нагаров. Ингибиторы, присутствуя в масле, вступают во взаимодействие с металлами, образуя на их поверхности тонкие защитные пленки, которые с одной стороны предохраняют металл от коррозии, а с другой стороны само масло ограждается от вредного каталитического воздействия металла. Антиокислительные присадки добавляются в небольших количествах, до 0,3%.

Антикоррозионные присадки, также, как и антиокислительные, способствуют стабилизации химической стойкости масел. Они нейтрализуют агрессивные продукты, образующиеся в масле в процессе работы, и восстанавливают уровень химической стойкости, одновременно создают на смазываемой поверхности тонкие пленки, выполняющие изолирующие функции, препятствующие коррозии металла. Добавляются в количестве до 3%.

Присадки, улучшающие смазочные свойства масел, способствуют увеличению прочности масляной пленки. Это благоприятно отражается на работе узлов особенно в условиях граничного трения. Улучшению смазочных свойств масел способствует обработка их токами высокой частоты воздействующих на структуру молекул.

Моющие присадки обеспечивают удаление нагаров и лаковых отложений. Они, с одной стороны, задерживают процесс образования отложений, а с другой, раз-

рыхляя отложения, способствуют их удалению. Однако моющие присадки задерживаются фильтрами, поэтому действие их постепенно ослабевает. Добавляются в количестве до 5%.

Многофункциональные присадки. Сочетают в себе действие нескольких отдельных присадок, одновременно улучшая моющие, антикоррозионные, антиокислительные, смазывающие свойства, и снижающие температуру застывания масла.

Например, многофункциональные присадки, представляющие собой диалкилдитиофосфаты цинка и бария сочетают свойства противоизносной, противоокислительной, противокоррозионной и моющей присадок.

Промышленность осваивает присадки с так называемыми, улучшенными свойствами. Например, присадки, представляющие собой органические соединения металлов, таких как молибден, медь, иридий.

Эти соединения хорошо растворяются в масле и могут вводиться в масло на любой стадии эксплуатации машины. Под действием нагрузок в трущейся паре деталей металл выделяется из структуры присадки и заполняет микронеровности на рабочих поверхностях. В результате происходит процесс выравнивания выступов и впадин, способствующий образованию практически идеального масляного клина между деталями. При этом коэффициент трения резко снижается и обеспечивается повышение долговечности деталей узла трения.

Однако необходимо иметь в виду, что при значительном увеличении доли присадок в масле, существует опасность выпадения их в осадки, образования нагаров. Такие масла должны работать в строго заданных условиях.

К непоправимым последствиям может привести и смешивание масел с различной композицией присадок. Устойчивость химической смеси при этом нарушается, и она внезапно может терять свои положительные свойства.

В связи с этим следует признать, что путь улучшения эксплуатационных свойств минеральных масел с помощью различных присадок не позволяет на сегодняшний день пока достичь параметров качества, доступных синтетическим маслам. Вот почему, несмотря на сравнительную дороговизну, синтетические масла начинают успешно конкурировать с минеральными маслами. Производство и сбыт их растет.

Например синтетическое масло NESTE-15W/50 имеет рекордно широкий диапазон рабочих температур: от (-51)°С до +215°С. А некоторые классы вязкости вообще возможны только у синтетических продуктов.

Следует, однако, отметить, что смешивание синтетических масел с минеральными недопустимо, если производителем специально это не оговаривается. Некоторые производители уже достигли такого уровня технологии производства, при котором допускается смешивание синтетического масла со всеми другими типами моторных масел.

Рассмотрев основные свойства масел, и их регулирование видно, что масло может обеспечивать работу узлов трения в достаточно узком диапазоне рабочих условий. Поэтому производство масел разделено по разным группам в зависимости от назначения.

Моторные масла. Предназначены для использования в двигателях внутреннего сгорания. В эту группу входят отдельно автотракторные, автомобильные, дизельные. Каждая из этих подгрупп включает в себя масла способные работать в определенных сравнительно узких диапазонах температур и нагрузок.

Масла, выпускаемые различными фирмами (ADDINOL, NESTLE, SHELL, CASTROL) характеризуются множеством показателей, указываемых в технической характеристике. Потребителя, правда, интересуют, прежде всего, два из них: вязкость и уровень качества. Ответы на эти вопросы содержатся в маркировке, принятой во всем мире системы индексации моторных масел. В этой системе индексации вязкость масла указывается по методике американского общества автомобильных инженеров SAE (Society of automotive engineers). Буквы SAE на этикетке означают, что последующие цифры характеризуют вязкость масла. Буква W (Winter - зима) ставится в обозначениях зимних и всесезонных сортов. Стандартом SAE предусмотрено шесть зимних классов вязкости - OW, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, гарантирующих возможность холодного запуска и достаточную прокачиваемость при температурах от -30°С до -5°С соответственно. У летних сортов никакой буквы в обозначении нет и с повышением вязкости (измеренной при температуре $t = 100$°С), они распределяются по классам SAE в следующем порядке: 20, 30, 40, 50 и 60.

Всесезонные масла в маркировке вязкости после букв SAE имеют цифру, относящуюся к зимнему показателю, затем стоит буква W, за которой через дефис или знак дроби стоит цифра летнего показателя. Дефис и знак дроби могут и не ставиться. Например:

- SAE 15W-40 - данное всесоюзное масло в зимних условиях способно нормально работать при температуре -15°С, а при плюсовой температуре, или в летних условиях имеет вязкость равную 40 сст ($мм^2/с$), измеренную при $t = 100$°С
- SAE 5W/50 - всесоюзное масло зимой нормально работает при температуре -25°С, в летних условиях имеет вязкость 50 сст, которая замерялась при $t = 100$°.
- SAE 10W/30 - всесоюзное масло в зимних условиях нормально работает при минусовых температурах не ниже 20°С, летом удерживает вязкость в 30 сст, измеренную при $t = 100$°С.

Следующая группа масел по назначению - трансмиссионные.

Они предназначаются для смазки тяжелонагруженных передач и подразделяются на трансмиссионные автомобильные - ТАп-10, ТАп-15, ТАд-15, Тад-17 и авиационные МС-14, МС-20, МК-20.

Трансмиссионные масла, выпускаемые иностранными фирмами, имеют индекс применяемости и качества в системе API, обозначаемые буквами GL от GL_1 до GL_5, чем больше цифра, тем выше качество и соответственно гарантия надежности работы.

Компрессорные применяются для сопряжений, работающих в условиях высоких температур и давлений.

Индустриальные, применяемые в самых различных узлах, не требующих масел со специальными свойствами. Например, веретенное И-12 и И-20; И-45 - машинное С; И-50 - машинное СУ.

Турбинные, применяемые для смазки деталей, имеющих высокие скорости вращения.

Цилиндровые, используемые в тяжелонагруженных узлах, работающих во влажной атмосфере и при высокой температуре.

Специальные - судовые, приборные, железнодорожные, трансформаторные, осевые и др.

Для смазки лифтовых узлов типовых конструкций различного назначения применяются следующие основные марки масел, некоторые свойства которых приведены в таблице 14.1.

Из приведенных в таблице узлов наиболее ответственным является червячный глобоидный редуктор, его работа сопровождается интенсивным трением в зоне контакта зуба червячного колеса с витком червяка, вследствие чего выделяется большое количество тепла.

Таблица 14.1. **Характеристики смазочных масел, применяемых в типовых лифтах**

№	Тип масла ГОСТ или технические условия	Марка масла	Кинематическая вязкость при температуре в °С сст.		Условная вязкость при температуре в °С, не выше ° ВУ		Температура застывания, °С	Наименование смазываемого узла
			100°	50°	100°	50°		
1	Индустриальное 20 ГОСТ 1707 -51	И-20	—	17- 23	—	2,6-3,31	-20	масляный буфер
2	Трансмиссионное автотракторное ГОСТ 542 -50	летнее	28-30	—	4,0- 4,5	—	-5	Червячные, глобоидные редуктора
3	Трансмиссионное для редукторов. ТУ 38.101.529 -75	летнее	28-36	—	—	—	—	—//—
4	Трансмиссионное для промышленного оборудования ТУ 38.101.529-75	летнее	27-34	—	—	—	—	—//—
5	Автотракторное АК-15 ГОСТ 1862-63	—	15	—	—	—	0	Редуктор привода дверей
6	Осевое ГОСТ 610- 48	летнее	—	36-52	—	5,7	-15	Направляющие из металлического профиля

Далее отметим сравнительные преимущества масел перед консистентными смазками: обладают более стабильными, чем консистентные смазки, свойствами; могут длительно работать при высоких температурах не теряя смазывающих свойств; не вызывают больших потерь на перемешивание; обладают меньшим, чем консистентные смазки, внутренним трением; облегчают условия эксплуатации, т.к. не требуют разборки узла при замене. позволяют применять системы очистки масла.

Недостатки масел: необходимость в более сложных уплотняющих устройствах; необходимость более частого пополнения.

Консистентные смазки: Они широко применяются в лифтах.

Консистентные смазки представляют собой густые мазеподобные пластические вещества, получаемые из очищенных маловязких или средневязких масел, загущаемых мылами или немыльными загустителями.

В зависимости от назначения консистентные смазки подразделяются на антифрикционные и защитные. Антифрикционные предназначены для уменьшения сил трения и скорости изнашивания трущихся поверхностей, защиты их от коррозии и для герметизации узлов. Защитные консервационные смазки применяются для защиты от коррозии металлических поверхностей узлов лифта при их хранении.

Для консервационных смазок используют немыльные загустители, это парафины, церезины, воски и др. Для антифрикционных консистентных смазок применяют мыла, изготавливаемые на синтетических жирных кислотах и естественных растительных и животных жирах. В зависимости от загустителя консистентные смазки называют синтетическими и жировыми.

Основными показателями для оценки консистентных смазок являются: теплостойкость, которая может быть выражена через температуру каплепадения; прочность или предел прочности; степень густоты или пенетрация, характеризующаяся глубиной проникновения стандартного конуса массой 150 грамм за 5 секунд, выраженная в десятых долях миллиметра; влагостойкость; антифрикционность; стабильность; антикоррозионность; содержание механических примесей и воды.

Антифрикционные консистентные смазки подразделяются на два класса в зависимости от сферы применения.

К первому классу относятся универсальные смазки, которые в буквенном обозначении на первом месте имеют букву «У», последующие буквы обозначают специфические свойства смазки. Это, например, диапазон температур каплепадения, которые получили название низкоплавкие с температурой до 65°С, обозначаются буквой Н; среднеплавкие, с температурой каплепадения до 100°С, - С; тугоплавкие, с температурой каплепадения $t° > 100°C$, - Т. Обычно буквы, обозначения диапазона температур каплепадения располагаются на втором месте. Далее, располагающиеся буквы обозначают: В - водостойкие, М - морозостойкие, сохраняющие работоспособность при температурах ниже - 30°С; А - активированные, предназначенные для особо высоких нагрузок; З - защитные, защищающие от коррозии; Р - не растворяющие резины; К - кислотоупорные.

Например, смазка УТВМА - универсальная, тугоплавкая, водостойкая, морозостойкая, активированная.

Ко второму классу относятся специальные смазки, обозначаемые одной или несколькими буквами, раскрывающими область применения: А - автотранспортные; В - для предметов вооружения; Ж - железнодорожные; И - индустриальные; М - морские; С - самолетные

Преимущества консистентных смазок: не требуют сложных уплотнений; надежно заполняют зазоры между вращающимися и неподвижными деталями уплотнений, улучшая их работу; работают более продолжительный срок не требуя пополнения, до 12 месяцев.

Недостатки: повышенное внутреннее трение не позволяет их использовать при высоких скоростях; чувствительность к температурным изменениям; необходимость разборки узла при замене смазки.

Для смазки лифтов могут применяться консистентные смазки, свойства которых приведены в таблице 14.2.

Таблица 14.2.

Свойства смазок	Солидол жировой		
	Пресс-солидол УС -1	УС- 2	УС- 3
Температура каплепадения не ниже, °С	75	75	90
Степень густоты, пенетрация при 25° С	300-355	230-290	150-220
Предел прочности при 50° С, не ниже г/см^3	—	—	—
Содержание свободных щелочей, не более, в %	0,1	0,2	0,2
Содержание механических примесей, не более, в %	0,30	0,40	0,60
Содержание воды, не более, в %	1,5	2,0	3,0

Для грамотной организации смазки оборудования, обычно, используются два документа, включаемые в состав эксплуатационной документации, присылаемой заводом или фирмой, изготовившей лифт.

Во первых это карта или схема смазки, на которой представлена конструктивная схема с цифровым обозначением всех мест, требующих смазки. Для лифта это редуктор, тормоз, двигатель, ограничитель скорости, направляющие, подвеска кабины, двери и привод дверей кабины, ловители, механизм подвижного пола, механизм включения ловителей, ловители, натяжное устройство ограничителя скорости, подшипники роликов и контрроликов дверей шахты, масляные буфера. Вторым документом является таблица смазки.

В таблице смазки приводится перечень узлов и деталей, подлежащих смазыванию, наименование смазочных материалов, количество точек смазки, способ нанесения смазочных материалов, периодичность проверки, пополнения или замены смазки.

Ниже приводится примерная таблица смазки для типового пассажирского лифта.

Примечание к таблице

В течение первых шести месяцев эксплуатации вновь смонтированных лифтов или после ремонта редуктора масло менять через каждые два месяца. При замене масла редуктор промывать горячим веретенным маслом.

14.6. Инструментальные испытания лифтового оборудования

Высокий уровень современных требований, предъявляемый лифтам, не может быть реализован без использования специальных измерительных методов и средств, позволяющих при испытаниях с достаточной степенью достоверности и точности производить оценку различных параметров, характеризующих их работоспособность.

На лифтах к таким параметрам могут быть отнесены величины ускорений в процессах разгона и торможения при нормальных и аварийных условиях работы, величины напряжений и деформаций деталей, величины вибраций и износа оборудования и ряд других параметров.

Таблица 14.3. **Таблица смазки типового пассажирского лифта**

Наименование и обозначение изделия (механизма, узла), номер позиции на иллюстрированной схеме смазки		Наименование смазочных материалов и номер ГОСТа (ТУ)	Количество точек смазки	Способ нанесения смазочных материалов	Периодичность проверки и замены смазки	Примечание
Редуктор лебедки		Трансмиссионное автотракторное ГОСТ 542-50, летнее	1	Заливка до верхней риски иглы масломера	2	
Привод дверей	Редуктор	Автотракторное АК-15 ГОСТ 1862-63	2	— // —	2	
	Трущиеся детали	Солидол жировой УС-2, УС-3		Вручную	4	
	Подшипники		1	Шприц	2	
	Шарниры		4	Вручную	2	
Тормоз	Шарниры		6	Шприц	1	
	Оси					
Шарниры подвесок кабины и противовеса			8	Вручную	1	
Механизм включения ловителей			8	Шприц	1	
Клинья ловителей			4	Вручную	1	
Натяжное устройство ограничителя скорости	Подшипники		2	Вручную	2	
	Шарнир			Шприц		
Подшипники электродвигателей			2	По инструкции поставщика эл.дв.		
Механизм подвижного пола	Подшипники		10	Шприц	2	
	Трущиеся части			Вручную		
Направляющие кабины и противовеса		Осевое Л ГОСТ 610-48	4	Заливка в смазывающие аппаратуры	По мере необходимости	
Масляные буфера кабины и противовеса		Индустриальное 20 ГОСТ 1707-51	2	Заливка по уровнемеру	После прохода кабины на буфер	

Цель инструментальных испытаний состоит в получении объективной характеристики работы лифтового оборудования в заданных режимах для установления степени соответствия основных параметров, отражающих состояние конкретного оборудования, ожидаемым уровням.

Суть инструментальных испытаний может быть охарактеризована, как экспериментальное исследование работы оборудования с помощью приборов и специальных инструментов [1, 22].

Следует иметь в виду, что техника инструментальных испытаний составляет основу всех видов испытаний, которым подвергается лифтовое оборудование: функциональные (заводские); узловые; статистические; диагностические.

Изучение техники лежащей в основе инструментальных испытаний начнем с характеристики измеряемых физических величин.

Физическая величина, являясь мерой свойства объекта или процесса изменения его состояния, способна донести до исследователя требуемую информацию о готовности объекта к эксплуатации.

Перечень основных физических величин (параметров), характеризующих работу лифтового оборудования: масса узлов и деталей, статические и динамические нагрузки, статические и динамические крутящие моменты, деформации элементов конструкции, определяемые как:

$$\varepsilon = \Delta l / l = \sigma / E \ (\tau / G), \qquad (14.4)$$

где: ε – относительная величина деформации; Δl – деформация; l – длина элемента; σ – величина напряжения; E – модуль упругости (продольной); τ – величина касательного напряжения; G – модуль сдвига.

Линейные и угловые перемещения x, y, φ; скорость линейных и угловых перемещений, v, ω; ускорение линейных и угловых перемещений, a, ε; характеристики колебательных процессов, A, v_a, a_A, f; (A – амплитуда колебаний, v_a – амплитудное значение скорости колебания; a_A – амплитудное значение ускорения колебания; f – частота колебания); величины, характеризующие электрические цепи, I, U, W, R (I – сила тока; U – напряжение; W – мощность; R – сопротивление).

Методологическая основа инструментальных испытаний лифтов. В качестве такой основы рассмотрим три метода измерений физической величины: прямого, косвенного и электрического.

1. Метод прямого измерения – это метод непосредственного измерения величин таких как масса, статическая сила P_c, статическая величина изгибающего или крутящего моментов M_c, величина перемещения, величина скорости в установившемся процессе, электрических величин I, U, W.

2. Косвенный метод измерения, когда оценка производится путем измерения некой вспомогательной величины, по которой расчетом вычисляется интересующая величина. Примером может служить определение времени переходного процесса по осциллограмме скорости, или механического напряжения в детали путем тензометрирования деформации, или величины сопротивления электрической цепи по величинам силы тока и напряжения.

3. Электрический метод измерения физических величин позволяет измерить быстроизменяющиеся величины, характеризующие динамические процессы, или физические величины малого диапазона. Например, деформации или перемещения порядка сотых и даже тысячных долей миллиметра.

Функциональная блок-схема реализации электрического метода измерения физических величин представлена на рис.14.9.

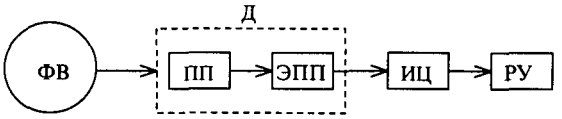


Рис.14.9. Функциональная блок-схема реализации электрического метода измерения физических величин

ФВ - измеряемая физическая величина; *ПП* - промежуточный (механический) преобразователь, устройство преобразующее измеряемую физическую величину в более удобную для преобразования в электрический сигнал, физическую величину; *ЭПП* - электрический первичный преобразователь, служащий для преобразования физической величины в параметр электрической цепи (ток, напряжение, сопротивление, емкость, индуктивность) эквивалентный по фазе и амплитуде; *Д* - датчик аппаратуры измерения, в ряде случаев, может состоять только из электрического первичного преобразователя; *ИЦ* - измерительная цепь, преобразующая изменения электрического сигнала (параметра), поступающего от датчика, в пропорциональное ему значение электрического тока или напряжения, фиксируемых измерителем; *РУ* - регистрирующее устройство, служит для фиксации изменяющихся тока или напряжения на носителе информации в форме удобной для последующей обработки и анализа результатов измерения

Пример измерения числа оборотов редуктора «n_p» представлен на рис.14.10.

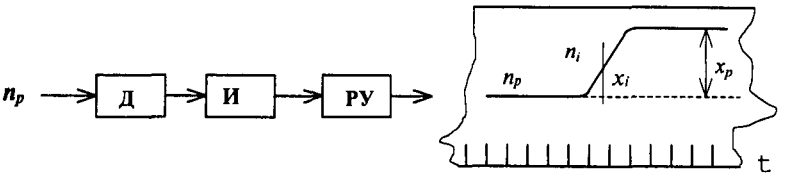


Рис.14.10. Пример записи числа оборотов

Масштаб измерения $\mu_u = n_т/x_т$, где $n_т$ - текущее, известной величины, значение числа оборотов; $x_т$ - значение ординаты, соответствующее конкретной величине оборотов - $n_т$

Поэтому искомое значение меняющегося числа оборотов определяется по формуле:

$$n_i = x_i \cdot \mu_u. \qquad (14.5)$$

Рассмотрим элементы, составляющие функциональную блок-схему реализации электрического метода измерения физических величин (рис.14.9). Начав с механических и электрических преобразователей образующих датчик «Д».

Промежуточные преобразователи. Являются необходимым промежуточным звеном в виде механического устройства, воспринимающего, преобразующего или усиливающего внешнее воздействие, требующее измерения. Они позволяют упростить связь измеряемого воздействия с электрическим первичным преобразователем путем преобразования измеряемой физической величины, назовем ее первичной (ПВФ), во вторичную физическую величину (ВФВ).

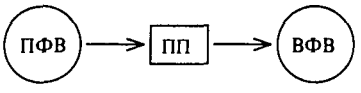


Рис.14.11. Функциональная блок-схема работы промежуточного преобразователя

Виды промежуточных преобразователей:

1. Кинематический преобразователь вида движения.

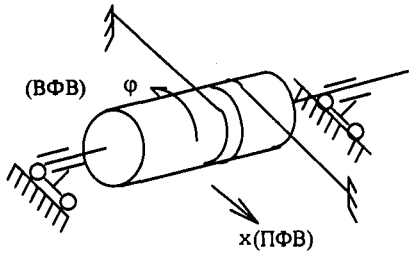


Рис.14.12. Схема преобразователя вида движения

2. Преобразователь «Сила-деформация»

Первичной физической величиной в этом преобразователе является сила, вторичной - деформация конструктивного элемента, выполняющего функцию преобразователя или функцию торированного устройства, деформация которого, при воздействии на него усилия ожидаемой величины, укладывается в расчетный диапазон измерения.

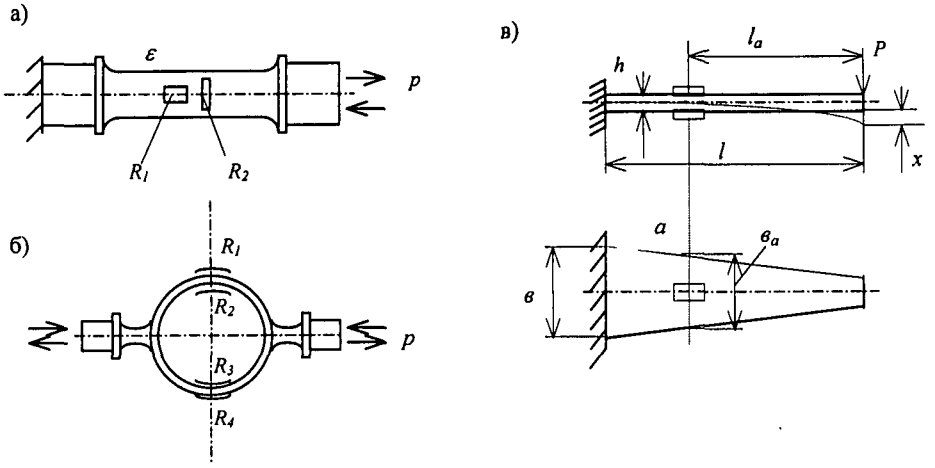


Рис.14.13. Схема преобразователя «Сила-деформация»

а) стержень, обеспечивающий деформацию в ожидаемом диапазоне величин; б) кольцевая форма преобразователя, повышающая чувствительность измерения; в) преобразователь в виде консольной балки с равнопрочным сечением и постоянной толщиной «h».

Связь между деформацией преобразователя конкретного конструктивного варианта «ε», усилий «P» и площадью поперечного сечения «F» описывается известной формулой:

$$\varepsilon = P/EF. \qquad (14.6)$$

Условие равнопрочности балки при $h = const$ $l/в = l_a/в_a$, позволяет размещать тензорезистор в любом месте длины балки.

Такой преобразователь применим в качестве тарированного устройства, с заранее известной связью между деформацией балки ε и величиной силы P при прогибах, являющихся функцией жесткости балки. При выполнении условия равнопрочности балки место наклейки тензодатчиков определяется требованиями компоновки конструкции преобразователя, выполняющего функцию датчика перемещений.

Уравнение статической характеристики датчика перемещений

$$\varepsilon = \psi(\chi) \tag{14.7}$$

может быть получено путем алгебраических преобразований известных зависимостей:

$$1.\ x = \frac{pl^3}{3EI};\ 2.\ G = E \cdot \varepsilon;\ 3.\ G = \frac{pl}{W};\ 4.\ I_a \frac{b_a h^3}{12};\ 5.\ W = \frac{bh^2}{6};\ 6.\ \varepsilon = \frac{p \cdot l_a}{EW_a};$$

$$7.\ W_a = \frac{b_a \cdot h^2}{6};\ 8.\ P = \frac{\varepsilon \cdot E \cdot W_a}{l_a};\ 9.\ \varepsilon = \frac{3I_a}{W_a \cdot l_a^2} \cdot x. \tag{14.8}$$

Здесь приняты обозначения: x - величина прогиба балки; P - соответствующее усилие; σ - величина механического напряжения; E - модуль продольной упругости; ε - измеряемая величина деформации в сечении «a»; I - момент инерции сечения; W_a - момент сопротивления балки в сечении «a».

Таким образом, измерение деформации балки «ε» с помощью тензоаппаратуры, позволяет установить величины усилия «P» или прогиба «x». А это значит, что рассмотренный преобразователь может выполнить две функции преобразования в деформацию: сила - деформация и перемещение или прогиб в деформацию.

3. Преобразователь - «момент крутящий - деформация» (рис.14.14).

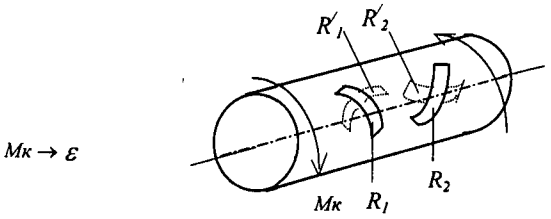


Рис.14.14. Образец вала, работающего на кручение, в ожидаемом диапазоне деформаций

$$\varepsilon_{45} = \frac{\tau(1+\mu)}{E} = \frac{M_к}{W_p} \cdot \frac{1+\mu}{E}, \tag{14.9}$$

где ε - относительная деформация поверхности преобразователя; μ - коэффициент Пуассона; $W_р$ - полярный момент сопротивления сечения; τ - касательные напряжения ; $M_к$ - крутящий момент.

4. Преобразователь «сила-перемещение».

Первичной физической величиной является сила, вторичной - перемещение подвижного элемента преобразователя (рис.14.15).

Величина перемещения определяется жесткостью пружины

$$X = P/C, \tag{14.10}$$

где P - усилие сжатия; X - величина перемещения; C - жесткость пружины; R - сопротивление электрической цепи.

5. Первичный преобразователь измерителя параметров вибрационных движений, представляющий собой колебательную систему. Первичной величиной являются виброперемещения измеряемого объекта с параметрами, изменяющимися во времени, вторичной величиной - виброперемещение массы колебательной системы преобразователя, которое с допустимой степенью погрешности должно соответствовать перемещению объекта.

Рассмотрим кинематическую схему колебательной системы, основание которой в результате жесткой связи с колеблющимся объектом передвигается по тому же закону.

$$X_к = \Psi(t) \; ; \qquad (14.11)$$

где m - масса колебательной системы; c - жесткость упругой связи массы с основанием; $к$ - коэффициент демпфирования, линейно зависящий от скорости перемещения массы относительно сечения заделки; $X_к$ - кинематическое воздействие на колебательную систему преобразователя (смещение основания колебательной системы совместно с исследуемым объектом, конструкцией); X - абсолютная координата массы (в плоскости xy).

Обычно такая колебательная система конструируется так, что ее расчетная схема вполне может рассматриваться как линейная с одной степенью свободы (рис.14.16). Параметры движения ее, как известно, зависят от частоты собственных колебаний «ω_o», определяемых величинами массы «m» и жесткости упругой связи «c». В зависимости от соотношения величин вынужденной частоты, измеряемого колебательного процесса «ω» и собственной частоты «ω_o» измерителя, он может работать либо в режиме виброметра ($\omega/\omega_o>3$), либо в режиме акселерометра ($\omega_o>>\omega$).

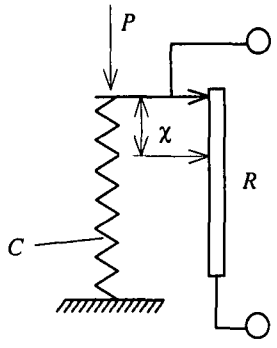


Рис.14.15. Схема преобразователя «сила-перемещение»

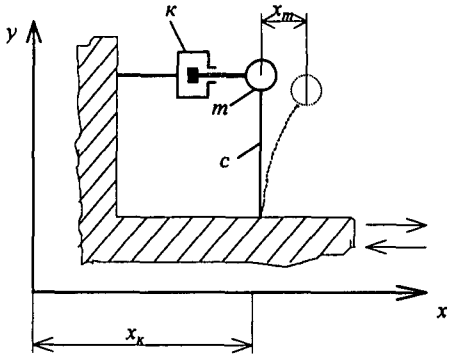


Рис.14.16. Кинематическая схема первичного преобразователя колебательного воздействия

Электрические первичные преобразователи. Так же как при измерении динамических параметров (силовое воздействие, перемещение, ускорение и т.д.) могут использоваться различные по принципиальной и конструктивной схеме промежуточные преобразователи, так и для преобразования параметров реакции таких преобразователей в электрический сигнал применяются различного типа электрические преобразователи.

По принципу действия первичные преобразователи делятся на две группы:

1. Генераторные - активные, непосредственно преобразующие кинематические параметры в электрический ток.

2. Параметрические - пассивные, преобразующие параметры движения механической системы в изменение определяемого параметра участка электрической цепи (индуктивности, емкости, сопротивления, частоты и т.д.)

К первому типу преобразователей относятся индукционные и пьезоэлектрические. Они вырабатывают ЭДС, величина которой пропорциональна скорости изменения определяемой физической величины (скорость изменения силового воздействия, скорость перемещения), поэтому не применимы при измерении процессов, происходящих с установившейся скоростью. К генераторным можно отнести и электрические машины, вырабатывающие ЭДС, например, тахогенераторы, используемые, в частности, при изучении переходных процессов работы приводов машин.

Параметрические преобразователи более универсальны, в соответствующее изменение параметра электрической цепи они преобразуют как динамическую, так и статическую составляющие измеряемой величины.

При оценке области применения электрических преобразователей и построенных с их использованием датчиков, основными сравнительными характеристиками являются:

- *чувствительность* - отношение изменения сигнала на выходе преобразователя к вызывающему его изменению измеряемой величины. Минимальное изменение входной величины, вызывающее заметное изменение выходной величины, называется *порогом чувствительности;*
- *предел преобразования* - максимальное значение измеряемой величины, которое еще может быть воспринято преобразователем без искажений;
- *динамический диапазон измерения* - диапазон измерительных величин, в пределах которого искажения не превышают заданного уровня; широта диапазона - от максимального (предельного) значения до минимального, ограниченного порогом чувствительности или уровнем помех.

Динамический диапазон измерения электрических преобразователей в большой степени определяется уровнем основной погрешности, свойственной преобразователю в номинальных условиях, то есть при номинальной температуре, влажности, уровне магнитных и электрических помех. Но он также определяется и дополнительной погрешностью, возникающей вследствие отклонения влияющих величин от нормальных значений.

1. Активные электрические преобразователи

Индукционные. Работа этих преобразователей основана на принципе электромагнитной индукции, возникающей при относительном перемещении катушки и магнита.

Вырабатываемая в катушке ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока внутри контура и, следовательно, при однородном магнитном поле пропорциональна скорости перемещения магнита.

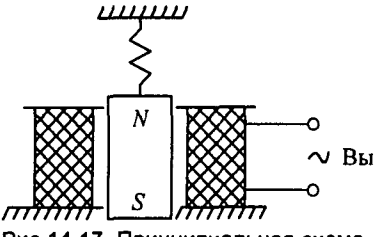


Рис.14.17. Принципиальная схема индукционного преобразователя

Индуцируемая ЭДС

$$e = B \cdot l \cdot n \cdot \frac{dx}{dt}, \qquad (14.12)$$

где B - индукция поля магнита; l - длина проводника (виток катушки), пересекаемого магнитным полем движущегося магнита; n - число витков катушки.

Индукционные преобразователи, работающие в режиме виброметра, выполняются с относительно мощным магнитом, достаточно емкой (многовитковой) катушкой и поэтому отличаются высокой чувствительностью. Линейная зависимость между индуцированной ЭДС и скоростью относительного перемещения инерционной системы сохраняется до тех пор, пока катушка не выйдет из зоны равномерного магнитного поля (при величинах перемещения магнита порядка 10...20 мм).

Как следует из выражения (14.12), индуцированная ЭДС пропорциональна скорости перемещения, следовательно, для определения величины перемещения выходной сигнал необходимо интегрировать, а при измерении ускорения включать на выходе дополнительный дифференцирующий функциональный преобразователь.

Пьезоэлектрические преобразователи. Получили широкое распространение в качестве электрических преобразователей в датчиках, измеряющих параметры вибраций. Могут выполнять одновременно функцию упругого элемента в колебательных системах.

В пьезоэлектрических преобразователях используется интересное свойство некоторых материалов образовывать электрические заряды на поверхности образца в периоды силового воздействия (прямой пьезоэффект). Незначительные деформации образца (сжатие, изгиб) способны вызвать пьезоэффект. Коэффициентом пропорциональности между приращением заряда на обкладках пьезоэлемента dQ и приращением действующего усилия dP служит пьезоэлектрическая постоянная материала $K_п$, т.е.

$$dQ = K_п \cdot dP. \tag{14.13}$$

Поскольку при использовании пьезоэлементов измеряется не величина заряда, а развиваемое преобразователем напряжение U конкретной электрической цепи, причем величина напряжения мала, следует рассматривать эквивалентную схему его включения.

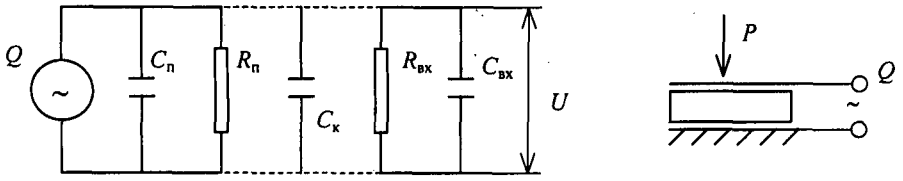


Рис.14.18. Пьезоэлектрический преобразователь и его эквивалентная измерительная цепь включения

Пьезоэлемент представляет собой конденсатор $C_п$, шунтированный сопротивлением $R_п$ (сопротивление утечки); соединительный кабель емкостью $C_к$ соединяет пьезоэлемент с усилителем, входные цепи которого также характеризуются определенным омическим сопротивлением $R_{вх}$ и емкостью $C_{вх}$. Изменение напряжения в цепи включения пьезоэлемента (пропорциональное механическому воздействию) может быть представлено в виде

$$\frac{dU}{dt} = \frac{1}{C} \cdot \frac{dU}{dt} - \frac{U}{RC}, \tag{14.14}$$

где C – суммарная емкость параллельно соединенных конденсаторов; R – суммарное сопротивление при параллельном соединении $R_п$ и $R_{вх}$.

Как следует из выражения (14.14), напряжение, развиваемое пьезоэлементом, обратно пропорционально емкости, и, следовательно, общая чувствительность измерительной цепи возрастает с уменьшением емкости кабеля, емкости входа усилителя.

Пьезоэлектрические преобразователи чаще всего используются в режиме акселерометра, где они одновременно выполняют роль упругого элемента (механической системы).

Из материалов, обладающих сильно выраженным пьезоэффектом, используются кварц и искусственно полученные сегнетоэлектрики: титанат бария ТБ, цирконат титоната свинца ЦТС и другие.

Достоинством кварца является малая зависимость пьезо- и диэлектрических постоянных от температуры, линейность характеристик, высокая прочность и большой динамический диапазон. Искусственные материалы (ТБ, ЦТС и др.) обладают большой по сравнению с кварцем пьезоэлектрической постоянной, могут изготавливаться любой формы и размеров, но их характеристики в большей мере чувствительны к изменению температуры.

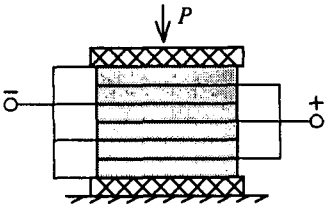


Рис.14.19. Схема соединения многоэлементного пьезопреобразователя

Для увеличения выходного сигнала (приращения электрического заряда) пьезопреобразователь набирают из нескольких последовательно склеенных пластин, электрически соединяя их параллельно (рис.14.19).

Тахогенераторы представляют собой электрическую машину постоянного или переменного тока, работающую в генераторном режиме. Используются при изменении угловой и линейной скоростей. Тахогенераторы переменного тока работают в сочетании с выпрямителем и электрическим сглаживающим фильтром. Поэтому предпочтительнее тахогенераторы постоянного тока марки МЭТ, ТГП-1, ТГП-2, надежно работающие в широком диапазоне температур окружающего воздуха (от −50 до +70°С) и влажности до 98%.

Тахогенераторы боятся вибрации и ударов из-за размагничивания магнита.

Статическая характеристика тахогенераторного датчика при нормальных условиях работы

$$U_в = E - I_я \cdot R_я = C_e \cdot \Phi \cdot n - I_я \cdot R_я . \qquad (14.15)$$

Так как практически сопротивление обмотки якоря ($R_я$) на несколько порядков меньше расчетного нагрузочного сопротивления тахогенератора, то:

$$U_в = C_e \cdot \Phi \cdot n , \qquad (14.16)$$

где $U_в$ - выходное напряжение тахогенератора, В; E - ЭДС генератора, В; C_e - коэффициент конструкции тахогенератора; Φ - магнитный поток, Вб/с; n - скорость вращения якоря, мин$^{-1}$; $R_я$ - внутреннее сопротивление цепи якоря, Ом;

2. Параметрические электрические преобразователи

Индуктивные. Работа индуктивного преобразователя основывается на изменении индуктивного сопротивления катушки с током при изменении величины магнитного потока, воздействующего на проводник с током. Изменение магнитного потока происходит при изменении величины воздушного зазора в магнитопроводе за счет приближения или удаления подвижной части сердечника (рис.14.20).

Зависимость индуктивности контура «L» от величины зазора «δ» существенно нелинейна. Линейной ее можно принять лишь при условии

$$\Delta\delta << \delta \qquad (14.17)$$

Поэтому диапазон измерения перемещений такими преобразователями невелик ±(0,1...1,0 мм), правда, порог чувствительности достигает 0,1...0,2 мкм.

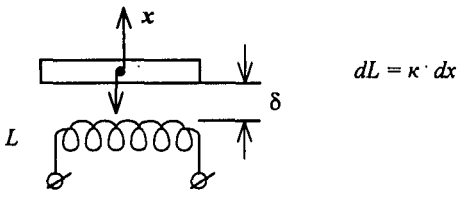


Рис.14.20. Схема индуктивного преобразователя дроссельного типа с переменным зазором

При необходимости увеличить измеряемые величины до 20...30 мм используют преобразователи соленоидного типа., у которых изменение индуктивности обмотки вызывается перемещением в катушке ферромагнитного сердечника.

Емкостные преобразователи предназначены для измерения линейных и угловых перемещений и представляют собой конденсатор, изменение емкости dC которого происходит за счет изменения площади обкладок dF (рис.14.21).

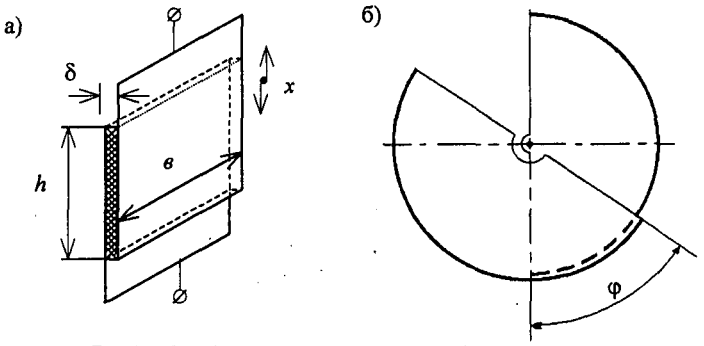


Рис.14.21. Схема емкостного преобразователя
а - линейных перемещений, *б* - угловых перемещений

Емкостные преобразователи обладают достаточной чувствительностью, малым весом и инертностью, могут быть весьма небольших размеров. Однако при их использовании трудно компенсировать влияние температуры на изменение размеров обкладок, изменение диэлектрической проницательности воздуха при колебаниях его влажности. Кроме того, для достижения высокой чувствительности преобразователя частота тока питания должна составлять сотни килогерц, что требует серьезной экранировки, применения специальных кабелей и весьма ограничивает длину соединительных линий. Эти серьезные недостатки приводят к тому, что в приборах для измерения динамических параметров конструкций емкостные преобразователи используются крайне редко.

Резисторные преобразователи применяются в основном двух типов - реостатные (реохордные) и тензорезисторные. Сопротивление реостатных преобразователей изменяется пропорционально линейному или угловому перемещению ползунка (подвижного контакта или токосъемника).

Конструктивно реостатные преобразователи выполняются намоткой на каркас тонкой изолированной проволоки и последующей шлифовкой контактного участка, по которому скользит ползунок токосъемника. Для изготовления реостатов и

реохордов применяют константановую проволоку. Поперечное сечение реохордной проволоки строго калибровано, что обеспечивает линейную зависимость между активным сопротивлением любого участка реохорда и длиной этого участка.

Однако наличие подвижного механического контакта вызывает серьезный конструктивный недостаток этих преобразователей из-за непостоянства величины переходного сопротивления в подвижном контакте, зависящей от ряда внешних факторов, а механическое сопротивление перемещению не удовлетворяет условию вязкого сопротивления, предъявляемому к демпфирующим элементам динамических приборов.

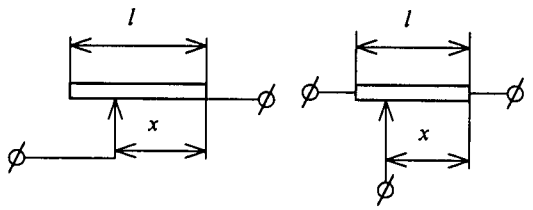


Рис.14.22. Схемы реостатных преобразователей с двумя и тремя выводами

$$R_x = \frac{R_0}{l} x \qquad (14.18)$$

где R_x - величина части сопротивления реостата или потенциометра, зависящая от положения подвижного контакта; R_0 - величина сопротивления реостата; l - длина реостата; x - величина, характеризующая положение подвижного контакта.

Тензорезисторные преобразователи являются в настоящее время наиболее распространенным и самым универсальным средством преобразования деформации твердых тел в электрический сигнал. Работа тензорезистора (тензометра сопротивления) основана на принципе изменения активного сопротивления проводника (или полупроводника) при его деформировании. Это свойство называется тензорезистивным эффектом. Простейшим чувствительным элементом тензорезистора может служить линейный проводник 1 (рис.14.23) с сопротивлением $R_т$, по всей длине закрепленный с помощью подложки 2, приклеенной к поверхности исследуемой детали. Выводные проводники 3 служат для электрического соединения чувствительного элемента с внешней измерительной цепью. Основной статической характеристикой преобразования тензорезистора является зависимость выходного сигнала от деформации.

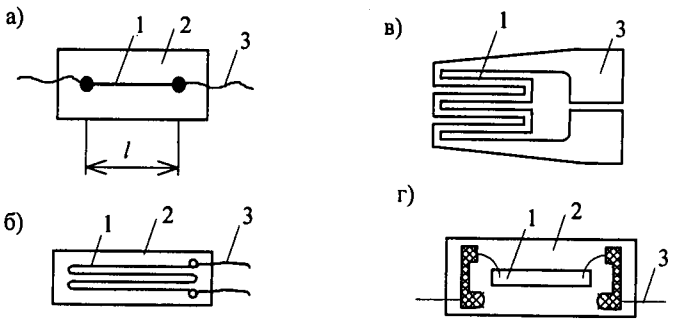


Рис.14.23. Виды тензорезисторов
а - проводниковый проволочный однонитевой; *б* - проводниковый петлевой; *в* - проводниковый фольговый; *г* - полупроводниковый; *1* - чувствительный элемент; *2* - подложка; *3* - токовывод

При выборе материала чувствительного элемента важным требованием является не только высокая чувствительность, но и малый температурный коэффициент сопротивления. Следует отметить, что температурная погрешность, т.е. изменение сопротивления тензорезистора, вызванное изменением температуры окружающей среды, может оказаться одного порядка с измеряемой деформацией. Поэтому обычно проводниковые тензорезисторы изготавливают из сплавов меди с никелем, таких, как константан, эдванс, элинвар и др. Для них характерна высокая стабильность электрических и механических свойств и очень малый температурный коэффициент сопротивления.

Чувствительность тензорезисторов зависит не только от материала тензонити, но также от свойств клея, температуры, длины активной части (базы) чувствительного элемента и его формы. Наиболее широко распространены тензорезисторы двух видов: проводниковые (проволочные, фольговые) и полупроводниковые.

Выбор необходимого сопротивления тензодатчика определяется свойствами используемой измерительной аппаратуры и размерами испытываемого образца. Сопротивление датчика в недеформируемом состоянии зависит от размеров и физических свойств материала проводника

$$R = \rho \frac{l}{S} \qquad (14.19)$$

где: ρ - удельное сопротивление материала; l - длина проводника; S - площадь поперечного сечения.

Промышленность выпускает датчики с базой от 0,5 до 150 мм, сопротивлением от 50 до 400 Ом.

Петлевой проволочный тензорезистор (рис.14.23*б*), представляет собой несколько близко расположенных петель микропровода диаметром 12...25 мкм, намотанных в плоскости и приклеенных к пленочной или бумажной подложке 2. База тензорезистора l для петлевой формы решетки обычно находится в пределах от 3 до 100 мм. Диапазон измерения очень широк. Температурный диапазон работы обычно ограничивается свойством используемого клея. При использовании клеев типа БФ, верхняя граница температурного диапазона достигает 200...250°С.

Недостатком петлевых проволочных тензорезисторов является их поперечная чувствительность, т.е. изменение выходного сигнала, вызванного деформацией петель в направлении, перпендикулярном главной оси тензорезисторов. Отрицательно сказывается и применение проволоки круглого сечения, не благоприятствующего совместной деформации тензорезистора и испытываемого образца. Отмеченные недостатки в значительной степени устранены в фольговых тензорезисторах.

Фольговые тензорезисторы изготавливаются из тонкой (2...5 мкм) константановой фольги фотолитографическим способом.

К преимуществам фольговых тензорезисторов (рис.14.23*в*) относятся: плоское прямоугольное сечение тензонитей1, уширенное сечение в зоне петель 3, обуславливающее низкую поперечную чувствительность, а также высокая технологичность изготовления и возможность получения чувствительных элементов практически любой формы. Фольговые тензорезисторы (по сравнению с проволочными петлевыми и полупроводниковыми) обладают и лучшими метрологическими характеристиками, т.е. результаты проведенных с их помощью измерений являются более достоверными.

Полупроводниковые тензорезисторы изготавливаются электронной (электроэрозионной) резкой монокристаллов кремния или германия в направлении, перпендикулярном главной кристаллической плоскости. Таким способом получают пластины, 1, толщиной 0,05...0,01 мм, шириной 0,5–1,0 мм, длиной 2–15 мм (рис.14.23*г*) Для присоединения выводных проводников, 3, на конец пластины напыляют в вакууме слой золота или сплава олова с сурьмой. Монокристаллические полупроводниковые тензорезисторы могут использоваться и без подложки, т.е. непосредственно приклеиваться к исследуемой поверхности.

Главным достоинством полупроводниковых тензорезисторов является их высокая чувствительность, примерно в 60 раз превосходящая чувствительность проводниковых. Возможность получения большого выходного сигнала (более 0,1 В) делает целесообразным применение полупроводниковых тензорезисторов в тех случаях, когда необходимо использовать простую и компактную измерительную аппаратуру (обычно без усилителя).

Основным недостатком является низкий диапазон деформирования (примерно ±0,2%) из-за низкого предела усталости.

Монтаж тензорезисторов. Установка на конструкции производится либо непосредственным наклеиванием на поверхность детали, либо наклеиванием на промежуточную диафрагму из стальной фольги толщиной от 0,05 до 0,1 мм, которая после наклейки и монтажа электрической схемы тензорезистора закрепляется точечной сваркой. Этот метод позволяет сократить время на монтажные работы, и применим при одноосном напряженном состоянии конструкции.

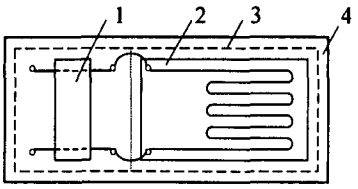


Рис.14.24. Установка тензорезистора на промежуточной диафрагме
1 – контактная колодка; *2* – тензорезистор; *3* – точечная сварка; *4* – диафрагма

Монтаж тензорезистора должен удовлетворять следующим требованиям:

1. обеспечить совместность деформаций решетки тензорезистора и поверхности конструкции во всех точках его базы;
2. независимость совместной работы от температуры и влажности воздуха;
3. отсутствие петли гистерезиса на графике зависимости сопротивления от деформации при увеличении и уменьшении деформации;
4. высокое значение сопротивления изоляции проводника решетки относительно конструкции (не ниже 30 МоМ – при динамических испытаниях и 100 МоМ при статических).

Крепление датчика производится клеем, рекомендованным для данного типа тензорезисторов, методом, рекомендованным в заводской инструкции по наклейке.

Подготовка поверхности перед наклеиванием состоит в зачистке с помощью шлифовального круга и наждачной шкурки до чистоты соответствующей шлифованной поверхности. $R_a = 1,6$. Риски от обработки должны быть направлены поперек продольной оси тензорезистора. Затем поверхность обезжиривается с помощью ацетона и обезвоживается спиртом. Для ускорения сушки может использоваться местный нагрев до температуры 100°С. Клей наносится на тензорезистор дважды,

второй раз через 2...3 минуты, после частичного подсыхания клея тензорезистор накладывается на деталь и прижимается с помощью резинового ролика прокатыванием через бумагу. Датчик готов к проверке качества наклеивания через 2...4 часа. Проверка производится после подключения тензорезисторов к осциллографу путем прокатывания по тензорезистору резинового ролика. Сигналы осциллографа, регистрирующие величину сопротивления тензорезистора и изоляции не должны колебаться.

Гидроизоляция. Повышенная влажность воздуха может снизить величину сопротивления изоляции тензорезистора, вызвать шунтирование решетки сопротивлением утечки, привести к неконтролируемому уменьшению чувствительности измерения.

Влага отрицательно влияет и на работу тензокабеля, нарушая электрическую симметрию, что ведет к опасности высокочастотных наводок; нарушаются механические свойства клеевой пленки ВФ-2.

Для защиты используют лаки и мастики, способные защищать участки измерительной цепи. Простым и эффективным средством гидроизоляции при температурах от -50° С до +20°С может служить пластилин, который перед нанесением на обезвоженную поверхность разогревается. В этих условиях клей БФ-2 применять не рекомендуется. Он должен быть заменен клеем на эпоксидной основе.

Импульсные преобразователи. Применимы для линейных и угловых макроперемещений и скоростей. Последние получаются расчетом. Принцип действия основан на преобразовании величин перемещения в последовательность электрических импульсов, возникающих периодически при замыкании электрических контактов измерительной цепи. Импульсы могут возникать и при использовании соленоида помещенного в магнитное поле постоянного магнита, периодически возмущаемого внешним ферромагнитным телом. Вместо соленоида с магнитом можно использовать поляризованное реле без контактной схемы.

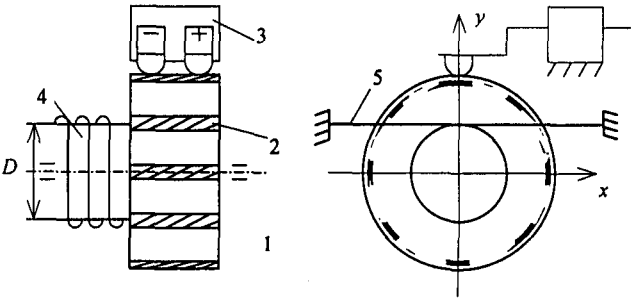


Рис.14.25. Схема импульсного преобразователя
1 - диск из изоляционного материала; 2 - токопроводящие пластины; 3 - контакты; 4 - шкив; 5 - тросик

Основным достоинством импульсных датчиков является независимость точности преобразования от колебаний напряжения питания измерительной цепи.

Без тросика, представленное устройство способно измерить угловые перемещения от 0 до 360°. Статическая характеристика импульсного датчика перемещений:

$$z_x = \frac{z_п}{\pi Д} \cdot x; \quad z_\varphi = \frac{z_п}{360°} \cdot \varphi, \tag{14.20}$$

где z_x, z_φ - число импульсов, зафиксированных счетчиком или измеренное по осциллограмме; $z_п$ - число контактных пластин диска; x, φ - измеряемые линейное и угловое перемещения, м, град; $Д$ - диаметр шкива, м.

Измерительные цепи. Предназначены для измерения величины и знака электрического сигнала или его преобразования. В зависимости от вида применяемого электрического промежуточного преобразователя и характера измеряемого процесса изменяется набор электрического оборудования, необходимого для передачи сигнала на регистрирующее устройство.

1. Измерительные цепи импульсных датчиков.

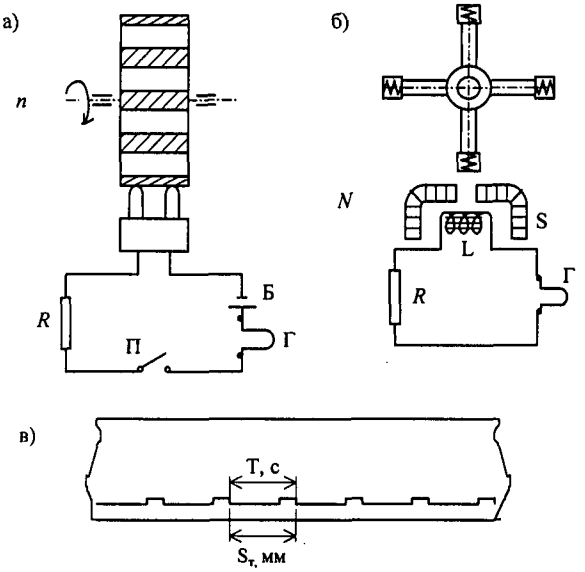
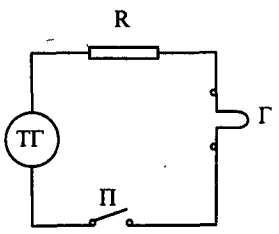


Рис.14.26. Измерительная схема цепи импульсных преобразователей *а* - контактного; *б* - индуктивного; *в* - пример записи импульсов; *n* - измеряемая скорость вращения; *L* - индуктивность; *П* - электрический выключатель; *R* - дополнительное сопротивление; *Г* - магнитоэлектрический гальванометр или счетчик импульсов; *Б* - батарея постоянного тока; *Т* - период импульсов; $S_т$ - расстояние пройденное за время периода



Измерительная цепь тахогенератора. Дополнительное сопротивление R ограничивает ток цепи и позволяет установить пределы размаха осциллограммы записи.

Рис.14.27. Измерительная цепь тахогенератора

Потенциометрическая измерительная цепь. Является наиболее простым средством преобразования сигнала реостатного датчика или тензодатчика сопротивления в пропорциональную величину электрического напряжения (рис.14.28).

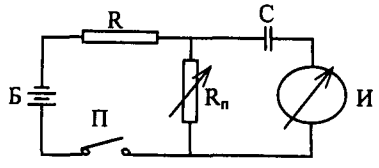


Рис.14.28. Потенциометрическая измерительная цепь

Состоит из источника напряжения Б; делителя, образованного балластным сопротивлением R и тензодатчиком - Rп: разделительного конденсатора С и измерителя И.

Разделительный конденсатор защищает измеритель от действия постоянной составляющей падения напряжения на сопротивлении датчика и пропускает переменную составляющую изменения измеряемой величины. Чем

больше емкость конденсатора и частота колебаний нагрузки датчика, тем выше амплитуда выходного напряжения.

Мостовая измерительная цепь. Мостовая измерительная цепь по сути своей является развитием идеи потенциометрической цепи и легко осуществляется параллельным соединением двух потенциометрических схем.

Наиболее простой вариант такой измерительной цепи представлен на рис.14.29*б*. Левая часть схемы составляет реостатный датчик перемещений; правая - делитель напряжения (потенциометр) на активных постоянных сопротивлениях r_3, r_4. Измеритель с внутренним сопротивлением $r_н$ включен между контактом ползунка реостатного датчика $r_п$ и потенциальной точкой делителя «в». При этом измеритель фиксирует разность потенциалов в точках «а, в» функционально связанную с положением подвижного контакта датчика $r_п$. При условии r_3=r_4, величина и знак напряжения, измеряемого между точками «а-в», будет зависеть от величины и знака отклонения подвижного контакта «х» относительно некоторого среднего положения, обозначенного на рисунке точкой.

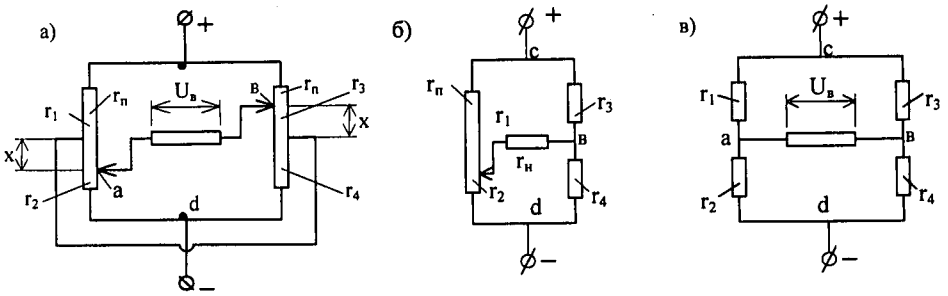


Рис.14.29. Мостовая измерительная цепь
а, б - с реостатными датчиками; *в* - с тензодатчиками

Рассмотренная схема применима в сочетании с реостатным датчиком в тех случаях, когда необходимо измерить не только величину, но и знак перемещения.

Двукратное увеличение чувствительности измерения механических перемещений достигается при использовании сдвоенного реостатного датчика (рис.14.29*а*).

В этом случае два идентичных круговых потенциометра механически блокируются на одной оси. При ее вращении ползунки потенциометров смещаются на величину «х» во взаимно противоположных направлениях. При этом выходное напряжение на участке цепи «а-в» удваивается.

Широкое применение получили мостовые измерительные схемы с тензодатчиками сопротивления (см. рис.14.29*в*) Их большим достоинством является возможность полной компенсации температурных погрешностей.

Питание мостовых цепей должно осуществляться от стабилизированных источников напряжения, так как величина выходного сигнала пропорциональна амплитуде напряжения.

Компенсация температурных погрешностей измерения. Температурное изменение сопротивления датчика, включенного в одно из плеч мостовой схемы, может нарушить ее балансировку только в том случае, когда остальные элементы схемы находятся в иных температурных условиях или температурный коэффициент сопротивлений схемы отличается от температурного коэффициента датчика.

Температурные погрешности полностью исключаются, если в смежное плечо моста включен компенсационный преобразователь с аналогичным температурным коэффициентом.

Измерительная тензометрическая аппаратура. Тензометрические приборы, предназначенные для работы с тензорезисторами, широко используются в практике инструментальных испытаний машин при измерении статических и динамических деформаций деталей и металлоконструкций, а также при измерении усилий, изгибающих и крутящих моментов, перемещений и ускорений при использовании специальных преобразователей, выполненных с применением тензорезисторов.

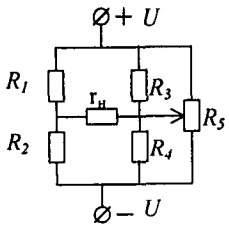


Рис.14.30. Схема балансировки моста постоянного тока

Промышленная и специально изготовленная тензометрическая аппаратура в качестве основного функционального узла включает мостовую измерительную цепь постоянного или переменного тока, работающую в сочетании с устройствами, обеспечивающими балансировку мостовой цепи, усиление электрического сигнала и преобразование его в амплитуду тока или напряжения, эквивалентную измеряемой деформации.

Способ балансировки мостовой измерительной цепи зависит от рода питающего напряжения. Мост постоянного тока балансируется переменным сопротивлением по схеме, представленной на рис.14.30.

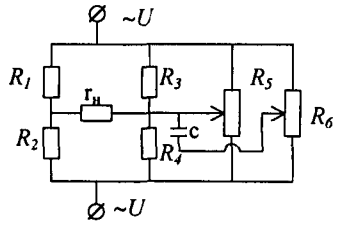


Рис.14.31. Схема балансировки моста переменного тока

Аналогичная схема с небольшими изменениями используется при питании моста от сети переменного тока промышленной частоты (50 Гц). При высокочастотном питании цепи ее балансировка усложняется, так как в этом случае необходимо считаться с влиянием реактивных сопротивлений.

Практически уравновешивание может быть достигнуто раздельной балансировкой моста по активной и реактивной составляющим по схеме, представленной на рис.14.31 с помощью потенциометров R5 и R6.

Установка на объекте измерения промежуточных и электрических первичных преобразователей. В зависимости от целей и задач инструментальных испытаний, исследуемое (испытываемое) оборудование может оснащаться следующими видами датчиков и вспомогательных приспособлений:

- тензодатчики сопротивления (тензорезисторы);
- тензометрические силоизмерительные приспособления (тензотяги, тензопальцы и т.п.);
- датчики и приспособления для измерения перемещений, скоростей и ускорений.

Техника наклейки тензорезисторов рассмотрена выше, поэтому остановимся на вопросах монтажа электрических схем включения датчиков, составляющих внешнюю часть моста измерительной цепи.

Схема внешнего полумоста с одним активным и одним компенсационным тензорезистором или с двумя активными тензорезисторами в сочетании со стандарт-

ной промышленной аппаратурой широко применяется как для измерения статических, так и динамических деформаций элементов конструкций и деталей лифтов. Конкретная монтажная схема соединения резисторов зависит от задачи измерения и характера размещения их на испытываемой конструкции. Характерные схемы установки и электрического соединения тензорезисторов сопротивления приведены на рис.14.32.

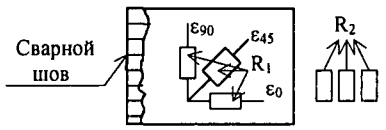
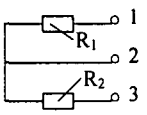
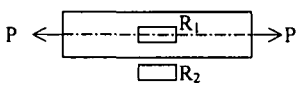
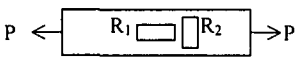
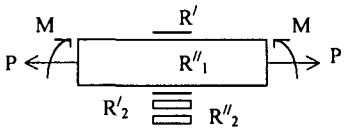
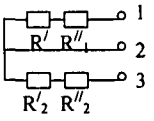
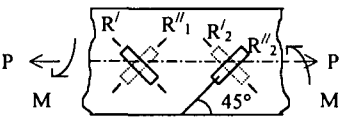
№ № п. п.	Схема установки	Электрическая схема
1		
2		—//—
3		—//—
4		
5		—//—

Рис.14.32. Схемы установки и электрического соединения тензорезисторов на объекте

Прямоугольная розетка трех тензорезисторов устанавливается на металлоконструкциях лифта при исследовании сложного напряженного состояния, когда направление главных нормальных и касательных деформаций заранее неизвестно (рис.14.32). Деформации измеряются в трех фиксированных направлениях отдельными тензорезисторами. Направление и величина главных деформаций рассчитываются по измеренным значениям ε_{90}, ε_{45}, ε_0.

При одноосном напряженном состоянии конструкций применяются схемы установки тензодатчиков, представленные на рис.14.32.2. и 14.32.3.

Измерение деформаций сжатия (растяжения) на фоне действия изгибающего момента может производиться по схеме, изображенной на рис.14.32.4.

Во всех рассмотренных случаях деформация определяется по осциллограмме и расчетной формуле

$$\varepsilon_i = \frac{2\varepsilon_т^{ф}}{\kappa \cdot n \cdot h_т} y_i , \qquad (14.21)$$

где $\varepsilon_т^{ф}$ - фактическое значение цены тарировочного импульса, полученного калибровкой, в относительных единицах для данного диапазона измерения, $h_т$ - амплитуда тарировочного импульса, мм; n - число активных плеч внешнего полумоста; κ - коэффициент тензочувствительности применяемого тензорезистора; y_i - амплитуда осциллограммы, измеренная относительно начальной нулевой линии, которая прочерчивается карандашом параллельно базовой нулевой линии, мм.

Измерение касательных деформаций и крутящих моментов производится с помощью тензорезисторов, установленных под углом 45 градусов к оси вала или соответствующего элемента конструкции (рис.14.32.5).

Наклейка датчиков производится так, что в каждом плече моста приращение величины сопротивления тензорезисторов от касательных деформаций имело одинаковый знак, а приращение сопротивления плеч полумоста знак противоположный. Составляющие изменения сопротивлений плеч от действия нормальных деформаций изгиба взаимно компенсируются.

Величина главных касательных напряжений кручения и величина крутящего момента могут быть рассчитаны по формулам.

$$\tau = \frac{\varepsilon_{45} \cdot E}{1+\mu} = \frac{2\varepsilon_т^{ф}}{\kappa \cdot n \cdot h_т (1+\mu)} y_i ; \qquad M_к = \tau W_р ; \qquad (14.22)$$

При измерении деформаций сжатия (растяжения) в конструктивных элементах лифтового оборудования, нередко, необходимо применение вспомогательных тензометрических силоизмерительных приспособлений (промежуточных преобразователей).

Конструктивно они могут быть выполнены в форме: тензотяги, кольцевого упругого элемента или тензопальца (рис.14.13*а,б*), устанавливаемых в шарнирном сочленении, например, в подвеске или башмаках кабины и противовеса.

Регистрирующие устройства. Конструкция регистрирующих приборов, вне зависимости от принципа их действия, должна обеспечивать возможность синхронной фиксации результатов измерения в темпе поступления информации.

Сущность процесса регистрации состоит в размещении поступающей от измерительных приборов информации на каком-либо материальном носителе информации в форме скрытых или видимых изображений в виде символов: геометрических, цифровых или физических.

Геометрические символы реализуются в виде непрерывного графика функции измеряемой величины от времени. Такого рода символика нашла наибольшее распространение в практике инструментальных измерений и получила название осциллограммы.

При выборе регистрирующей аппаратуры, отвечающей задачам конкретного эксперимента, учитываются следующие основные ее параметры:

- чувствительность, которая определяется отношением тока (или напряжения) на входе регистрирующего устройства к изменению его показаний, вызванному этим электрическим сигналом: чувствительность регистрирующего прибора имеет существенное значение лишь в том случае, когда возможна (или необходима) компоновка измерительного тракта без усилителя; при использовании

усилителя чувствительность регистрирующего устройства не является определяющим фактором;

- диапазон измерения, представляющий область значений регистрируемого параметра, для которой нормированы допускаемые погрешности; диапазон измерений устанавливается по амплитудной и амплитудно-частотной градуировочной характеристике; первая определяет линейность и пределы амплитудного диапазона регистратора, вторая – его рабочий диапазон частот;
- скорость перемещения носителя информации (фотобумаги, пленки, магнитной ленты);
- длительность непрерывной регистрации (определяемая емкостью кассет, магнитной памяти) при заданной верхней границе частот излучаемого процесса;
- и ряд других параметров (измерительный диапазон, возможность предварительного логического анализа информации, удобство машинной обработки).

К основным типам регистрирующей аппаратуры относятся самопишущие приборы, светолучевые и электронно-лучевые осциллографы, магнитографы (с записью информации на магнитной ленте, в ячейки магнитной памяти)

Самопишущие приборы. Они позволяют получать на движущейся диаграммной бумаге непосредственную (видимую) запись процесса чернильным, электрическим, струйным способами.

Преобразование электрического сигнала в перемещение пера осуществляется обычно магнитоэлектрической системой, конструктивно аналогичной стрелочным миллиамперметрам. Поворачивающаяся в магнитном поле рамка (прямоугольная бескаркасная катушка), которая удерживается в исходном положении спиральными пружинами, и прикрепленный к рамке пишущий рычаг представляет собой довольно инерционную колебательную систему с частотой собственных колебаний 5–20 Гц.

При работе этой системы в режиме акселерометра, диапазон регистрируемых частот у широко распространенных самописцев (например, типа Н 320) не превышает 10–12 Гц. Поэтому, несмотря на такое достоинство, как получение записи без химической обработки, применение их ограничено областью регистрации низкочастотных процессов.

У специальных быстродействующих самопишущих приборов (типа Н 327, Н 338) частотный диапазон составляет от 60 до 100 Гц, однако ширина канала записи всего 40 и 20 мм соответственно, кроме того, они отличаются низкой чувствительностью.

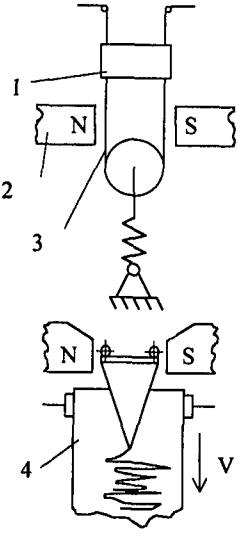


Рис.14.33. Схема устройства самопишущего прибора
1 – зеркальце или перо;
2 – постоянный магнит;
3 – петля с током;
4 – бумажная лента

Недостатком самописцев являются также криволинейные координаты записи. Вместе с тем относительная дешевизна бумажной ленты, значительный ее запас в катушке (50 м) и при необходимости весьма малая скорость движения (0,02 мм/с) позволяют использовать самописцы при регистрации достаточно длительных процессов. Применение самописцев целесообразно при измерениях параметров электропривода (осциллограммы тока, напряжения и мощности).

Светолучевые осциллографы. Это наиболее универсальный и распространенный в настоящее время тип регистрирующей аппаратуры. Широкая номенклатура выпускаемых гальванометров, отличающихся широким диапазоном частот (до 6000 Гц), возможность синхронной записи на одной ленте светочувствительной бумаги (или пленки) до 14–30 изучаемых процессов и другие достоинства светолучевых осциллографов позволяют использовать их при проведении большинства динамических испытаний конструкций и машин.

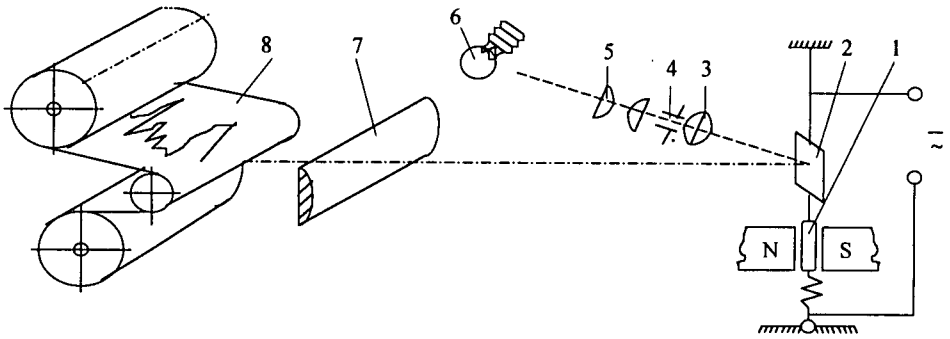


Рис.14.34. Схема светолучевого осциллографа
1 – рамка гальванометра; *2* – зеркальце; *3* – линза; *4* – щелевая диафрагма; *5* – конденсор; *6* – источник света; *7* – цилиндрическая линза; *8* – светочувствительная лента

Регистрирующим элементом осциллографа – преобразователем электрического сигнала в перемещение светового луча – служит гальванометр *Г*. Проволочная петля или многовитковая рамка *1* упруго подвешена в магнитном поле и поворачивается при прохождении по ней электрического тока. Вместе с рамкой поворачивается жестко скрепленное с ней зеркальце *2*. Свет от лампы *6* через конденсор 5 и щелевую диафрагму *4* попадает на зеркальце гальванометра, отражается от него и с помощью цилиндрической линзы *7* фокусируется на движущуюся светочувствительную ленту *8*. Расстояние от зеркальца гальванометра до фотопленки называется длиной светового указателя (светового рычага) и составляет для большинства осциллографов около 300 мм.

Светолучевые осциллографы имеют многоканальное исполнение и поэтому обеспечивают одновременную регистрацию нескольких измеряемых параметров, сопровождающих рабочий процесс машины, в достаточно широком диапазоне частот – от 0 до 15000 Гц.

Техническая характеристика этих приборов хорошо соответствует параметрам измерительных средств инструментальных испытаний, применимых при исследованиях лифтового оборудования.

В качестве носителя информации, регистрируемой световым лучом, используется фотопленка, фотобумага и специальная бумажная лента, чувствительная к ультрафиолетовым лучам, проявляющаяся на свету автоматически, без химикатов.

Магнитографы записывают электрический сигнал на движущейся магнитной ленте и воспроизводят его в аналоговой форме.

Рабочий диапазон регистрируемых частот магнитографов примерно такой, как и у светолучевых гальванометров, однако запись на магнитной ленте имеет ряд преимуществ. Это воспроизведение сигнала в виде электрического тока, т.е. в ви-

де, удобном для автоматизированного анализа, для дискретизации и преобразования в кодированную форму, а так же возможность перезаписи процесса и многократного использования магнитной ленты. Высокая плотность записи и значительный запас ленты в кассете (до 750 м) позволяет вести непрерывную регистрацию процесса в течение нескольких десятков часов. Динамический диапазон серийных магнитографов достигает 47 дБ, что существенно превышает информативность светолучевой фотозаписи.

Магнитограф состоит из лентопротяжного механизма, каналов записи и воспроизведения. Схема электронных блоков одного из каналов приведена на рис.14.35. Лентопротяжный механизм (ЛПМ) обеспечивает перемещение магнитной ленты (с определенной скоростью) вблизи рабочего зазора магнитных головок – стирающей (СГ), записывающей (ЗГ) и воспроизводящей (ВГ). При подключении к обмоткам записывающей головки переменного электрического тока в зазоре между полюсами сердечника возникает магнитное поле, вызывающее в ферромагнитном слое пленки остаточную намагниченность. Число импульсов (или периодов гармонических колебаний), записанных на 1 мм ленты, может достигать 110–130. При движении магнитной ленты с полученной таким образом записью вблизи зазора в сердечнике воспроизводящей головки происходит обратный процесс: в ее обмотках наводится ЭДС, пропорциональная скорости изменения магнитного потока. Для повторного использования магнитной ленты запись может быть стерта, т.е. перемагничена стирающей головкой, питаемой от генератора высокой частоты ГВЧ (порядка 100 кГц).

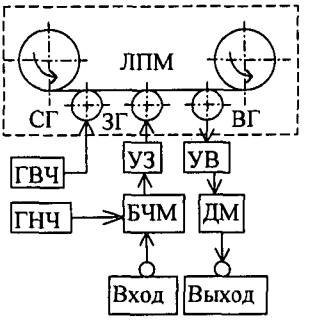


Рис.14.35

Рассмотренный способ магнитной записи называется прямой записью (ПЗ); этот способ широко используется в звукозаписи, однако практически не пригоден для регистрации низкочастотных и квазистатических процессов. Поскольку наводимая в воспроизводящей головке ЭДС пропорциональна скорости изменения магнитного потока, чувствительность канала воспроизведения резко снижается в области низких частот. Помимо существенной неравномерности частотной характеристики причинами погрешности при прямой записи являются внешние магнитные поля, неравномерность движения магнитной ленты и другие факторы.

Для более точной магнитной записи обычно применяется частотная или частотно-импульсная модуляция (ЧИМ) исходного электрического сигнала.

В блок частотной модуляции БЧМ (рис.14.35) поступает параллельно сигнал измерительной информации (СИИ) и напряжение (синусоидальное или прямоугольной формы) от генератора несущей частоты (ГНЧ), вырабатывающего сигнал превышающий границу спектра изучаемого процесса в 5–7 раз. При этом пропорционально параметрам исходного (изучаемого) сигнала происходит изменение не амплитуды (как в случае амплитудной модуляции), а периода несущей частоты. Частотно-модулированный сигнал усиливается усилителем записи (УЗ) и поступает на записывающую головку (ЗГ). При воспроизведении модулированный сигнал с головки (ВГ) поступает на усилитель (УВ), после чего в демодуляторе (ДМ) восстанавливается исходный электрический сигнал.

По сравнению со светолучевыми осциллографами магнитографам присущи определенные недостатки. Так, по чувствительности входа они существенно уступают магнитоэлектрическим гальванометрам и требуют применения предварительного усилителя. Магнитографы не позволяют визуально воспринимать регистрируемую информацию; кроме того, они значительно тяжелее осциллографов.

Таким образом, магнитографы целесообразно применять для длительной регистрации случайных процессов с последующей обработкой информации с помощью специализированных статических анализаторов.

В заключение материала по основам инструментальных испытаний приведем функциональную электрическую схему включения тензоаппаратуры, изображенную на рис.14.36, позволяющую проиллюстрировать рассмотренные выше вопросы основ теории инструментальных испытаний.

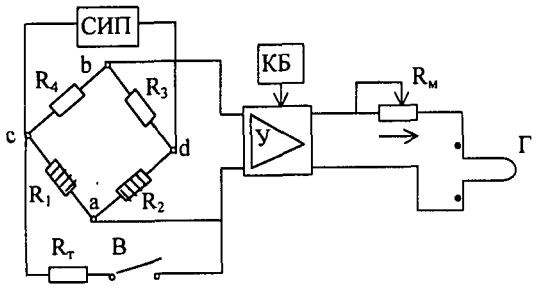


Рис.14.36. Функциональная электрическая схема использования тензоаппаратуры

В качестве электрического первичного преобразователя выступают два тензорезистора R1 и R2, наклеенные на деформируемом элементе механического устройства, являющегося промежуточным преобразователем (ПП) и вместе с ним, составляющие датчик.

К измерительной цепи (ИЦ) относятся: источник стабилизированного питания (СИП), два сопротивления R3 и R4, составившие вместе с тензорезисторами датчика R1 и R2, измерительный мост, сопротивление тарировки Rт, выключатель (В), дифференциальный усилитель постоянного тока «топаз» (У), компенсатор разбаланса (КБ), масштабное сопротивление Rм.

В качестве регистрирующего устройства (РУ) использован магнитоэлектрический гальванометр (Г), являющийся основным чувствительным элементом измерительной аппаратуры, будь то самописцы, или светолучевые осциллографы.

Перечень практических задач, решаемых средствами инструментальных испытаний на лифтах.

1. Измерение деформаций и напряжений в элементах конструкций каркасов кабины и противовеса (верхняя и нижняя балки, стояки, рама пола), раме лебедки, элементах подвески.
2. Определение величин нагрузок, воспринимаемых башмаками кабины и противовеса.
3. Запись характеристики скорости вращения канатоведущего шкива.
4. Регистрация параметров вибрации кабины, противовеса и лебедки лифта.
5. Измерение интенсивности колебательных процессов в звуковом диапазоне частот:
   а) звуковой мощности источника шума (лебедки, шкафа управления, трансформаторов, привода дверей);
   б) измерение звукоизолирующей способности строительных конструкций, амортизационных устройств.
6. Измерение массы кабины и противовеса с помощью динамометров растяжения и сжатия.

7. Измерение величин ускорений пуска, торможения, посадки кабины на буфер и ловители с использованием акселерометров с автономным питанием.
8. Измерение параметров, характеризующих кинематику червячного редуктора лебедки (зазоры в зацеплении, в подшипниках, циклические накопленные погрешности).
9. Измерение прямолинейности направляющих с помощью специальных приборов, устанавливаемых на кабине, включая одновременную регистрацию величин отклонения от вертикальности каждой направляющей в двух плоскостях и качество стыков, в процессе движения кабины.
10. Измерение количества включений лифта в единицу времени, времени загрузки и выгрузки кабины, времени открытия и закрытия автоматических дверей.

1. Функциональные (заводские) испытания лифтов

Техника измерения параметров функционирования испытываемого оборудования, как правило, базируется на методах, рассмотренных в разделе инструментальных испытаний.

Перечень характеристик, определяемых в процессе функциональных испытаний лифта, может достигать несколько десятков пунктов.

Испытания организуются и проводятся на основе документов, оформляемых перед началом испытаний.

Программа испытаний – организационно-методический документ, устанавливающий объект и цели испытания, виды, последовательность и объем экспериментов, порядок, условия, место и сроки проведения испытаний, обеспечение и отчетность по ним, а также ответственность за обеспечение и проведение испытаний.

Методика испытаний – организационно-методический документ, содержащий правила применения технических средств и определенных принципов испытаний; алгоритмы выполнения необходимых функций со стороны персонала; оценка точности и достоверности результатов; требования техники безопасности при проведении испытаний.

Оценкой технического уровня испытаний кроме прочего могут служить: *точность результатов,* характеризуемая их близостью действительным значениям характеристик объекта в определенных условиях испытаний; *воспроизводимость результатов*, определяемая близостью результатов повторных испытаний объекта, проведенных в тех же условиях.

Функциональные испытания подразделяются по ряду признаков:

- *По этапам разработки* лифта – приемочные, квалификационные, инспекционные, периодические, сертификационные.
- *По условиям и месту* проведения испытаний: натурные и стендовые.
- *По продолжительности*: нормальные и ускоренные.
- *По определяемым характеристикам* – функциональные и ресурсные.

Для определения показателей качества лифтов и их технических характеристик в соответствии с требованиями ГОСТ 16504-81 используется программа государственных испытаний, разработанная в ЦПКБ по лифтам.

В основу программы положен перечень характеристик, позволяющих произвести общую интеграционную оценку качества функционирования лифта в процессе выполнения основных функций.

В программе изложены общие требования к проведению испытаний, детально изложен порядок проведения, а также требования, которым должны соответствовать объект испытаний и средства измерения.

Программа государственных испытаний обеспечивает возможность оценки соответствия испытываемого лифта требованиям отечественных нормативно-технических документов.

Для этой цели программа испытаний содержит большой перечень характеристик, по которым составляется заключение, отражающее следующие показатели:

1. Соответствие лифта требованиям технического задания (ТЗ), технических условий (ТУ), рабочей технической документации, информационной технической документации, нормативно-технической документации (НТД).
2. Соответствие показателей назначения лифта требованиям рабочей технической документации и НТД.
3. Соответствие показателей надежности лифта и его составных частей требованиям НТД.
4. Удобство монтажа, эксплуатации и ремонта.
5. Пригодность рабочей технологической документации для производства;
6. Технический уровень лифта.

По совокупности, полученных при испытаниях, параметров, осуществляется оценка технического уровня лифта, включающая функциональную работоспособность, безопасность, надежность и комфортабельность.

Важное место при проведении испытаний уделяется достижению достоверности результатов. Исходя из этого, результаты испытаний могут быть признаны достоверными, при условии их проведения аттестованным коллективом специалистов, использующих поверенные средства измерений и аттестованное испытательное оборудование.

Условием успешной работы коллектива испытателей является наличие метрологического обеспечения включающего:

- отечественные и международные стандарты, технические условия и рекомендации, регламентирующие технические требования к испытуемой продукции и методы ее испытаний;
- программы и аттестованные методики испытаний;
- проверенные и аттестованные средства измерений и испытательное оборудование.

Результаты испытаний оформляются протоколом, в котором содержатся краткие сведения об испытанном лифте, результаты проверки соответствия состава и комплектности технической документации на лифт, а также о соответствии лифта технической документации. Протокол испытаний содержит результаты измерений, позволяющие произвести сравнение характеристик лифта, заданных в нормативно-технических документах, с характеристиками, полученными при испытаниях. В протоколе указывается общая оценка качества лифта, выводы и предложения по результатам проведенных испытаний.

2. Испытания узлов. Производятся лифтостроительными заводами, являясь частью программы повышения технического уровня лифтов.

Испытания позволяют проводить совершенствование отдельных узлов лифта по программе составленной с учетом решения конкретной задачи. Например, снише-

ния массы узла, замена материала, повышение надежности, долговечности механизма, совершенствование технологии изготовления, снижение стоимости, совершенствование системы управления и т.п.

Для проведения таких испытаний используются обычно стенды, обеспечивающие работу узла в требуемых режимах и позволяющие размещать вспомогательное оборудование и измерительные средства.

Обычно этим испытаниям подвергаются основные узлы лифтового оборудования: лебедка лифта в сборе, редуктор лебедки, привод автоматических дверей, механизмы ловителей и подвижного пола, канатоведущий шкив, ограничитель скорости, буферные устройства.

По результатам испытаний также оформляется протокол испытаний и отчет об испытаниях, содержащий описание мероприятий и выводы

3. Статистические испытания проводятся в основном на действующих лифтах, с целью накопления или уточнения статистических характеристик интенсивности нагружения, отказов, готовности лифта к работе, ресурса основных узлов и т.п.

Результаты испытаний используются для определения показателей долговечности и надежности.

4. Диагностические испытания проводятся с целью диагностики технического состояния и определения остаточного ресурса работы узла или лифта в целом и необходимости проведения ремонтов и замены отдельных узлов или лифта в целом.

Более подробно материал о диагностировании лифтового оборудования изложен в следующем разделе.

14.7. Сертификационные испытания

Работы по сертификации промышленной продукции получили развитие в нашей стране с начала 90-х годов. Это совпало с внедрением рыночного хозяйственного механизма в отечественную экономику. Переход на прямые связи изготовителей лифтов с потребителями, вынудил изготовителей заботиться о сбыте продукции в условиях жесткой конкуренции. В оценке лифтов задействованы специалисты высокого уровня, способные квалифицированно и обоснованно сделать заключение об уровне их качества. При соответствии лифта требованиям стандартов и технических условий по уровню безопасности, работоспособности и надежности, выдается сертификат соответствия, без которого невозможна его продажа.

Большую роль в этой работе занимают сертификационные испытания, способные обеспечить объективную оценку требуемых характеристик. Они относятся к функциональным испытаниям, проводимым обычно в стендовых условиях, обеспечивающих имитацию эксплуатационных режимов работы лифтов.

Объективность результатов сертификационных испытаний основывается на использовании новейших достижений техники инструментальных испытаний и согласованных программ и методик проведения испытаний.

Программа испытаний включает в себя большой перечень характеристик, допускаемые величины их отклонения или предельные значения.

В таблице 14.4 приведена форма изложения характеристик определяемых или измеряемых при сертификационных испытаниях, содержащая и ссылки на нормативно-технические документы, в том числе стран Европы и США, нормирующие характеристики пассажирских лифтов.

Таблица 14.4

Характеристика, определяемая и измеряемая при сертификационных испытаниях	Допускаемые отклонения или предельные значения храктеристик	Нормативно-технические документы, в которых нормированы характеристики пассажирских лифтов		
		В России	В странах Европы	В США
1	2	3	4	5

В номенклатуру основных входят в первую очередь характеристики, определяющие безопасность лифта. Они регламентированы в НТД, действующих в Российской Федерации (РФ); в «Правилах безопасности при изготовлении и монтаже пассажирских и грузовых лифтов» европейского стандарта EN81-1; в «Своде правил по технике безопасности для лифтов и эскалаторов» Американского национального стандарта ANSI/ASME 17.1.

Помимо основных характеристик лифта при проведении сертификационных испытаний определяют дополнительные характеристики, номенклатура которых должна быть указана в соглашениях о сертификации.

Данные результаты испытания, полученные при выполнении измерений и проверок характеристик лифта, должны удовлетворять требованиям, указанным в соответствующих НТД, и должны быть отражены в протоколе сертификационных испытаний. В случае, если характеристики лифта соответствуют характеристикам, указанным в НТД, лифт следует считать выдержавшим испытания, и в протоколе должно быть указано, что лифту может быть выдан сертификат соответствия.

По своей значимости сертификационные испытания стоят на первом месте среди функциональных испытаний лифтов, т.к. предназначены для обоснования, важного для судьбы изделия, заключения комиссии. Это заключение состоит, с одной стороны, в оценке технического уровня машины по сравнению с аналогами, а с другой, в оценке ее соответствия требованиям нормативно-технической документации наиболее развитых в техническом отношении стран, определяющих мировой уровень в данной области техники.

Обоснованность таких решений не должна вызывать сомнение у специалистов разных стран, поэтому уровень требований к сертификационным испытаниям очень высок. Он обосновывается необходимостью:

- устранения недопустимых расхождений в результатах повторных испытаний у изготовителя и потребителя;
- создания условий для взаимного признания результатов испытаний у изготовителя и потребителя в кооперированном производстве, внутреннем и международном товарообмене национальной и международной сертификации продукции;
- сокращения объема повторных испытаний.

Технической основой обеспечения единства испытаний являются аттестованное испытательное оборудование и поверенные средства измерений. Нормативно-методической основой единства испытаний являются: программы и аттестованные методики испытаний; технические условия на продукцию; стандарты «Государственной системы обеспечения единства измерений (ГСИ)».

Обеспечение технической и нормативно-методической основ единства испытаний связано с наличием коллектива испытателей достаточно высокого уровня компетенции, обеспеченного всеми необходимыми средствами для осуществления сформулированных выше требований. Этой цели отвечают испытательные центры (ИЦ), прошедшие аккредитацию в соответствии с «Положением об аккредитованном испытательном центре лифтов», утвержденным Госстандартом в 1991году.

Техническая компетентность аккредитованного ИЦ лифтов в части требований к персоналу, нормативно-техническому и методическому обеспечению, испытательному оборудованию и средствам измерений, материально-технической базе и организации работ по проведению испытаний должна соответствовать «Положению об аккредитации испытательных лабораторий» и руководствам ИСО/МЭК 25-1982 «Общие требования к оценке технической компетенции испытательных лабораторий», ИСО/МЭК 38-1983 «Общие требования к приемке испытательных лабораторий», ИСО/МЭК 49 «Руководящие положения по разработке руководства по качеству для испытательных лабораторий».

Первым испытательным центром лифтов, прошедшим аккредитацию в 1990г., явился отдел государственных испытаний и метрологии ЦПКБ по лифтам. Он осуществляет все виды испытаний лифтов отечественного и зарубежного производства, в том числе сертификационные и стендовые испытания составных частей лифтов, включая испытания на надежность; разрабатывает программы всех видов испытаний лифтового оборудования, а также выполняет разработку и аттестацию испытательного оборудования, методик испытаний и методик выполнения измерений.

В соответствии с требованиями, предъявляемыми к испытательным центрам, ИЦ лифтов должен иметь в своем распоряжении:

1. испытательную башню, содержащую шахты для одновременного проведения испытаний нескольких различных лифтов;
2. комплекс испытательных стендов для проведения испытаний узлов (составных частей) лифта;
3. испытательную шахту для проведения испытаний на надежность лебедок лифта;
4. необходимые помещения для размещения испытательных стендов, а также для приемки, хранения и отправки образцов, представленных на испытания;
5. измерительные приборы, оснастку и приспособления, обеспеченные обслуживанием, проверкой, аттестацией и возможностью ремонта.

К обязанностям аккредитованного испытательного центра лифтов относятся:

1. обеспечение достоверности, объективности и точности результатов испытаний;
2. поддержание в надлежащем состоянии испытательного оборудования и средств измерений, обеспечение их своевременной поверки и аттестации;
3. соблюдение установленных и (или) согласованных сроков проведения испытаний;
4. ежегодно представлять в Госстандарт отчет о результатах своей деятельности;
5. информировать орган по сертификации, территориальные органы Госстандарта по месту расположения изготовителей об отрицательных результатах испытаний сертифицированной, серийно выпускаемой продукции;
6. представлять заказчикам возможность ознакомления с условиями проведения испытаний и организационной структурой ИЦ лифтов. На рис.14.37 приведена структурная схема ИЦ лифтов.

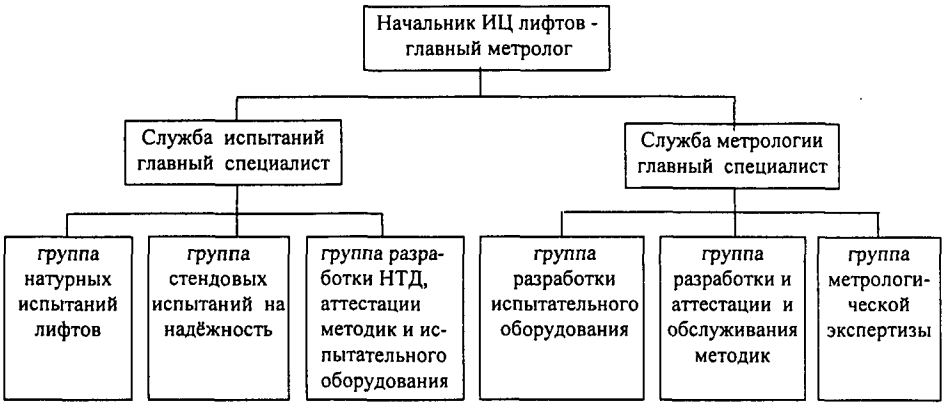


Рис 14.37

Ниже приведена номенклатура продукции и перечень нормативно-технических документов, на соответствие с которыми проводят испытания лифтов (в том числе *для целей сертификации*).

Таблица 14.5

Наименование продукции	Код ОКП	Документы, в которых изложены требования безопасности, на соответствие с которыми проводятся испытания
1. Лифты пассажирские, ГОСТ 5746-83 2. Лифты грузовые, ГОСТ 8823-85	483611 483621	1. ГОСТ 22011-95 «Лифты пассажирские и грузовые. Технические условия». 2. «Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов» Госгортехнадзора. 3. Правила безопасности при изготовлении и монтаже пассажирских и грузовых лифтов» Европейский стандарт EN 81-1 4. «Свод правил по технике безопасности для лифтов и эскалаторов» Американский стандарт ANSI/ASME 17.1

Результаты сертификационных испытаний лифтов, состоящие в оценке уровня соответствия требованиям безопасности и качества, содержащимся в отечественных и зарубежных нормативно-технических документах оформляются протоколом.

Протокол включает: таблицу результатов испытаний, которая подписывается измерителями и испытателями, и заключение, содержащее выводы о возможности выдачи сертификата соответствия.

Протокол подписывается руководителем аккредитованного испытательного центра лифтов и представителем Органа по сертификации.

В случаях поставки в Россию лифтов зарубежными фирмами, они обязаны получить сертификат соответствия требованиям от Российских сертификационных центров.

Диагностирование лифтов. Техническая диагностика [7, 37, 39] занимается решением вопросов, связанных с определением состояния технических объектов и характера его изменения с течением времени.

В реальных условиях эксплуатации необходимо знать техническое состояние каждого конкретного лифта. Его отказ возникает внезапно, но подготовка отказа происходит в течение определенного времени, так как изнашивание деталей, усталостные явления, старение, изменение свойств смазочных материалов и другие подобные процессы являются функциями условий времени и эксплуатации оборудования.

Основной целью технического диагностирования является установление фактического технического состояния каждого конкретного лифта, что позволяет планировать проведение работ по поддержанию его работоспособности на требуемом уровне надежности.

Для достижения этих целей необходимо иметь информацию о динамике изменения технического уровня с момента сдачи лифта в эксплуатацию. Однако, основная трудность заключается в том, что процессы снижающие работоспособность лифта имеют вероятностный характер, затрудняющий прогнозирование отказов. В то же время, периодически проводимые операции технического диагностирования позволяют оценить вероятность момента превышения допустимого уровня потока отказов.

Иными словами техническая диагностика, базирующаяся на инструментальных средствах оценки, контролируя характеристики объекта, рассматривает возможность нахождения его в одном их двух характерных состояний P_1 и P_2. Состояние P_1 охватывает диапазон возможных состояний объекта контроля, при которых он все еще сохраняет работоспособность на достаточно высоком уровне. Это состояние изменяется во времени в связи с возникновением неисправностей различного характера. не приводящих, однако, к снижению уровня за пределы допустимого.

Состоянию P_2 соответствуют все виды состояний, связанных с наличием неисправностей переводящих объект в неработоспособное состояние.

Контроль работоспособности во времени позволяет проследить динамику изменения работоспособности и на этой основе определить вероятность возникновения момента появления потока отказов переводящего объект в неработоспособное состояние.

Применение термина *поток отказов* обосновывается реальной практикой работы лифтовой техники, изготовленной отечественными заводами, при которой, для типовой модели пассажирского лифта, наличие одного-двух отказов в месяц признано нормой. Поэтому оценивать динамику уровня технического состояния лифта следует с учетом этого обстоятельства.

Оценим начальный уровень технического состояния лифта в точности соответствующий замыслу конструктора как *идеальный лифт,* а понятием *состояние лифта* оценим его реальный технический уровень, отличающийся от идеального, например, в момент начала эксплуатации. Оценка состояния лифта может быть произведена на основании анализа *функций его состояния,* под которыми будем понимать параметры, изменяющиеся в процессе работы лифтового оборудования.

Различаются следующие виды функций состояния лифта: технико-экономические (грузоподъемность, скорость. точность остановки, время ожидания, расход энергии и т.п.); расчетные (показатели надежности, величина машинного времени работы и т.п.).

Каждая функция состояния лифта определяется некоторыми *диагностическими признаками* (параметрами), полная совокупность которых дает диагностический симптом.

Структурно эту зависимость можно выразить так: объект технического диагностирования (лифт) – диагностируемые узлы и системы (сборочные единицы) – диагностируемые элементы сборочных единиц (детали и их сопряжения) – параметры состояния диагностируемых элементов – выходные процессы – диагностические признаки (параметры) выходных процессов – диагностические сигналы (симптомы).

Так, например, неточность изготовления или износ деталей редуктора (параметры состояния диагностируемых элементов) можно определить не путем его разборки и их замеров, а анализом их зависимости от уровня шума, издаваемого редуктором, и величины его вибрации (диагностические сигналы).

Не всегда диагностический признак выходного сигнала однозначно может служить диагностическим сигналом. Это происходит, если признак выходного сигнала отвечает следующим условиям: однозначности, когда имеется определенная связь между конкретным значением параметров технического состояния диагностируемого элемента и значением признака выходного сигнала; достаточности – обеспечению подачи, необходимой для уверенного диагностирования информации при любом изменении параметров технического состояния; проводимости – способности диагностического сигнала без существенных искажений достигнуть датчиков; измеряемости – обеспечению простоты и надежности его оценки.

Процесс технического диагностирования может быть функциональным и тестовым. Функциональное техническое диагностирование осуществляется во время функционирования объекта диагностирования, на который поступают только рабочие воздействия. Тестовое техническое диагностирование предполагает наведение на объект диагностирования специальных тестовых воздействий.

По охвату объекта техническое диагностирование подразделяется на общее и локальное. При общем устанавливается техническое состояние всего объекта в целом, при локальном производится оценка технического состояния отдельных частей объекта диагностирования.

По используемым средствам диагностирования системы диагностики подразделяются на универсальные, специализированные, встроенные и внешние. Специализированные средства предназначены для использования на однотипных машинах. Средство диагностирования, выполненное в общей конструкции с объектом диагностирования, называется встроенным, а выполненное отдельно от конструкции объекта диагностирования – внешним.

В зависимости от уровня автоматизации системы диагностирования бывают ручные, автоматизированные и автоматические.

К основным задачам, решаемым при диагностировании относятся: проверка исправности машины, оценка ее работоспособности и функционирования, поиск дефектов.

Дополнительной задачей диагностирования применительно к лифтовой технике может явиться необходимость оценки возможности продления нормативного ресурса работоспособности и установление продолжительности дополнительного срока работы.

Сам процесс технического диагностирования состоит из элементарных действий, от точного проведения которых зависит постановка диагноза. Этими элементами являются, с одной стороны, точность оценки параметров выходных процессов и с другой – степень обоснованности логического вывода при их оценке. Это может быть достигнуто путем повышения объективности диагностического про-

цесса введением автоматически действующих датчиков, регистрирующих диагностические параметры, а также механизацией и автоматизацией процесса обработки полученной информации на основе применения микропроцессорной техники.

Информация от системы датчиков передается на расстояние сигналами с использованием электромагнитных и световых волн.

Полученная информация может быть изучена или спектральным, или временным методом. При спектральном методе изучения, сигнал разлагается на синусоидальные составляющие (спектральный анализ) специальными приборами - спектральными анализаторами. Изучение полученного спектра переданного процесса позволяет оценить по частоте и интенсивности составляющих сигнала характер причин, его вызывающих. Спектр процесса можно графически изобразить в виде отдельных вертикальных линий, соответствующих каждая своей синусоидальной составляющей, причем ее положение указывает на частоту колебаний, а высота на величину амплитуды. Временным методом оценки сигналов изучается развитие процесса во времени, что позволяет уточнять изменение амплитуд процесса, а это, в свою очередь, позволяет изучать весь ход процесса.

При диагностировании чаще используется спектральный анализ, так как он позволяет разложить сигнал на составляющие его элементы для последующего анализа.

Передача сигналов осуществляется по так называемым *каналам связи*, т.е. по системам, служащим для передачи информации и состоящим из источника сообщения, кодирующего устройства и потребителя информации.

При необходимости защиты каналов связи от помех, системы оборудуются помехозащитными устройствами и т.п. Техника передачи сигналов непрерывно совершенствуется и является предметом специального рассмотрения.

Прогнозирование остаточного ресурса. Как отмечалось выше, задачей технического диагностирования может являться предсказание процессов изнашивания, на основании которых возможно установление вероятного времени отказа лифтового оборудования. Прогнозирующее диагностирование позволяет планировать виды и сроки технических мероприятий, корректирующих уровень технического состояния лифта. Оно также дополняет выводы общей и локальной системы диагностирования, позволяя более полно использовать ресурс работоспособности конкретного лифта.

Прогнозирующее диагностирование базируется на трех основных методах: статистическом, ускоренном испытании и инструментальном.

При статистическом методе прогнозирование потока отказов производится на основе обработки результатов достаточно полноценной и математически обоснованной информации об отказах как узлов или деталей, так и самого лифта. На основании собранной информации строится кривая распределения отказов, основываясь на которой (при заданном уровне надежности и нормальном законе распределения отказов), определяется наработка машины, после которой необходимо принять соответствующие меры для повышения уровня технического состояния (регулировка, ремонт, замена).

Метод ускоренных испытаний, основанный на определении прогнозируемых параметров машины или ее элементов, позволяет с достаточной точностью и быстротой устанавливать слабые места и характерные дефекты, существенно дополняя данные статистического метода.

Инструментальный метод, базирующийся на применении диагностирующей аппаратуры, обеспечивает необходимую корректировку данных, полученных первыми двумя методами, за счет установления реального технического состояния оборудования и его изменения в конкретных условиях эксплуатации.

Статистические исследования [13] потока отказов массовой модели пассажирского лифта позволили оценить распределение отказов в процентах между основными узлами машины.

1. Лебедка лифта - 5,9.
2. Станция управления - 29,1.
3. Кабина и автоматический привод дверей - 32,1.
4. Двери шахты - 32,1.
5. Прочие узлы - 0,8.

Рассмотрим перечень параметров, содержащих информацию об уровне технического состояния оборудования типового лифта с электроприводом.

Червячный редуктор: боковой зазор в зацеплении; осевой и радиальный люфты червяка и червячного колеса; циклическая и накопленная кинематические погрешности; величина и расположение пятна контакта; величина КПД; температура корпуса редуктора и масла в редукторе; наличие в масле продуктов износа; уровень шума, излучаемый редуктором; величина вибрации корпуса редуктора; течь масла.

Канатоведущий шкив: величина коэффициента тяговой способности; глубина износа рабочих канавок; величина разности диаметров окружностей рабочих канавок на ободе шкива; твердость материала канатоведущего шкива на рабочих поверхностях канавок.

Тормоз лебедки: величина тормозного момента; точность остановки кабины; величина ускорений кабины при наложении тормоза; время торможения при движении системы под тормозом; усилие, создаваемое тормозными пружинами; толщина фрикционных накладок; величина коэффициента трения между тормозным шкивом и тормозными колодками; величина начального зазора в магнитопроводе; величина тока в катушке электромагнита; сопротивление изоляции обмотки электромагнита; реакция обмотки на испытательное напряжение.

Втулочно-пальцевая муфта: степень износа пальцев; крепление пальцев.

Лифтовой асинхронный двигатель: величины осевого и радиального смещений ротора электродвигателя; величина сопротивления изоляции обмоток статора; тангенс угла диэлектрических потерь; реакция изоляции на испытательное напряжение.

Амортизация лебедки: состояние крепления амортизаторов; состояние резиновых упругих элементов.

При проведении общей диагностики лебедки контролируются следующие параметры: точность остановки кабины; величина ускорений в переходных режимах работы; величина коэффициента тяговой способности; величина шума в машинном помещении; величина вибраций кабины.

Ограничитель скорости: надежность крепления, целостность деталей, состояние шкивов, подвижного упора, центробежного механизма и каната включения ловителей.

Станция управления: состояние узлов крепления станции; надежность крепления аппаратов станции; величина переходного сопротивления электрических контактов; величины растворов и провалов контактов; состояние якоря и деталей шарнирного крепления у реле и контакторов; состояние электропроводки, ее крепления, подключения, наличия маркировки, состояние клеммных реек; состояние

автоматических выключателей, величина тока срабатывания защитного устройства; состояние реле времени и его возможности по регулировке диапазона выдержки времени; состояние кнопочного аппарата, световой сигнализации, переключателей режимов работы, предохранителей защиты цепей управления и выпрямительного устройства.

Вводное устройство: надежность крепления корпуса вводного устройства; наличие крышки и уплотняющей прокладки; надежность механической связи рукоятки включения с механизмом электроконтактов; состояние ножей и пинцетов электроконтактов; наличие, надежность крепления и работоспособность цепи заземления; состояние и работоспособность проходных конденсаторов фильтра защиты от радиопомех.

По аналогии с этим составляется перечень параметров, оценивающих уровень технического состояния и других узлов лифта.

Состав комплекта приборов контроля зависит от типа объекта диагностирования. (см. табл.14.1).

Классификация методов и средств контроля технического состояния различных узлов лифтов.

Таблица 14.6

Метод диагностирования	Измеряемый параметр	Средства измерения	Определяемый параметр	Область применения
1	2	3	4	5
Механический	Линейные размеры	Линейки, штангенциркули, щупы, зубомеры, шаблоны и т.д.	Линейный износ деталей	Зубчатые и червячные передачи, валы, оси, подшипники, детали
	Усилия	Динамометрические ключи, динамометры	Усилие затяжки резьбовых соединений, определение массы кабины и противовеса, усилия включения ловителей, коэффициент тяговой способности	Болтовые соединения, тормоз, механизм включения ловителей, двери кабины, канатоведущий шкив привода лифта
	Скорость	Тахометры	Скорость вращения	Привод лифта и дверей кабины
Электрический	Сила и напряжение тока, мощность, сопротивление	Амперметры, вольтметры, омметры, измерительные мосты	Величины сопротивления изоляции, переходного сопротивления контактов. Режимы работы электрооборудования	Электродвигатели, электротормоза, трансформаторы, автоматические выключатели, электроаппараты, электропроводка
	Сопротивление, индуктивность, емкость	Потенциометрические, тензометрические, индуктивные и емкостные датчики	Угловые и линейные зазоры, сила, крутящие моменты, деформация, напряжение	Валы червячной передачи, элементы каркасов и тормоза

Продолжение табл. 14.6

1	2	3	4	5
Электрический	Напряжение, частота	Тахогенераторы, импульсные датчики угловых перемещений, акселерометры	Скорость, ускорение	Элементы привода и кабины в динамике
	Температура	Термопара, термометры, терморезисторы	Температура	Двигатель, редуктор, тормоз
Электромагнитный	Магнитная проницаемость	Датчики магнитной анизотропии	Напряженное состояние и ресурс по усталости	Металлоконструкции, детали подвески кабины и противовеса, направляющие
Акустический	Уровень шума	Шумомеры	Износ и неисправность деталей	Узлы механизмов, электродвигатели
	Частотный спектр	Спектрометры звукового и ультразвукового диапазона частот	Уточняющее определение износов и неисправностей деталей	Узлы приводов
Ультразвуковой	Наличие дефекта и его положение	Ультразвуковые дефектоскопы	Трещины и внутренние дефекты	Сварные соединения, металлоконструкции
Вибрационный	Уровень и спектр вибрации	Виброметры	Износ и нарушение регулировки	Элементы приводов и оборудования кабины
Спектрографический	Содержание различных металлов в смазочных материалах	Спектрометры	Количественное соотношение продуктов износа в смазочном материале	Редуктор привода лифта

ГЛАВА 15

КАЧЕСТВО И СЕРТИФИКАЦИЯ ЛИФТОВ

Качество – это всеобъемлющее философское понятие. Оно является политической, экономической и нравственной категорией.

Качество любой продукции и услуг, в том числе и лифтов, немыслимо без *качества заложенного в них труда*, а последнее не мыслимо без *качества образования и воспитания человека*. Эти качества, наряду со *здоровьем человека* в широком смысле этого слова, определяют **качество человека.** Создание лифтов высокого качества, а также высокого качества систем их технического обслуживания и ремонта – это прямая задача *улучшения качества среды обитания человека* и *качества его жизни.*

15.1. Показатели качества

Качество лифтов – совокупность всех их свойств, удовлетворяющих потребность в соответствии с назначением.

В соответствии с основными свойствами качество лифтов на различных уровнях их создания и эксплуатации можно оценивать различными показателями: *единичными,* характеризующими одно качество, *комплексными*, характеризующими несколько качеств, *определяющими*, основными для оценки качества, *обобщенными*, (комплексными и определяющими) и *интегральными* (наиболее общими).

Основными (определяющими) показателями качества для лифтов являются: *экономичность, социальная приспособленность* и *надежность.* Именно эти основные качества предопределяют конкурентоспособность лифтов на мировом рынке.

В качестве единичных показателей, характеризующих качество лифтов в процессе их создания и оптимизации конструкции, часто используются:

1. *Удельная материалоемкость*: $M_{уд} = M/П \rightarrow \min$, где M и $П$ – соответственно масса лифта и его производительность.

2. *Удельная энергоемкость*: $Э_{уд}/П \rightarrow \min$, где $Э$ – энергия, затрачиваемая лифтом на обеспечение определенной производительности $П$.

3. *Срок окупаемости* лифта в годах: $t_{ок} = K/C \rightarrow \min$, где K – капитальные вложения на покупку или создание лифта; C – годовая экономия от использования лифта.

В качестве комплексных показателей могут служить, например, произведение двух или трех таких показателей как $M_{уд} \cdot Э_{уд} \rightarrow \min$; $M_{уд} \cdot Э_{уд} \cdot t_{ок} \rightarrow \min$.

Экономичность – один из наиболее определяющих и интегральных показателей качества лифтов. Он характеризуется, в конечном счете, стоимостью перевозки людей или грузов в конкретных условиях эксплуатации лифта, при обеспечении всех требований (норм) безопасности, комфортности и других требований по социальной приспособленности, а также надежности. Экономичность определяется в первую очередь эксплуатационной производительностью, надежностью, затратами ресурсов на покупку и эксплуатацию лифта за весь срок службы.

Социальная приспособленность для лифтов, определяется возможностью обеспечения ими безопасных и благоприятных (комфортных для пассажирских лифтов) условий для перевозимых людей и труда работников, занятых их обслуживанием, а также людей, находящихся в зданиях и сооружениях, где установлены лифты.

Социальная приспособленность лифтов может быть представлена в виде совокупности более простых свойств: *эксплуатационной безопасности*, *эргономических*, *эстетических* и *экологических*.

Безопасность эксплуатации лифтов, особенно пассажирских, является одним из основных показателей их качества и характеризуется способностью лифта предотвращать возможность появления аварийных ситуаций. Она определяется: динамическими и тормозными качествами привода; обеспеченностью лифта необходимой сигнализацией, надежными приборами и автоматическими устройствами безопасности и блокировки, предупреждающими и предотвращающими возможность появления аварийных ситуаций; надежностью элементов конструкции, разрушение которых или отказ могут привести к аварийной ситуации; наличием автоматической или другой системы сигнализации и связи с диспетчером или лифтером в случаях отказов в работе лифта.

Эргономические свойства лифта должны соответствовать гигиеническим условиям жизнедеятельности людей перевозимых и обслуживающих лифт, а также людей находящихся в зданиях, где они установлены. Это определяется в первую очередь выполнением условий по обеспечению допустимых уровней: ускорений при пуске и торможении лифта; уровней вибрации и шума в кабине лифта, в машинном помещении, где установлен привод и станции управления, а также в соседних с лифтами помещениях; освещенности кабины и пультов управления.

В соответствии с правилами ПУБЭЛ среднее ускорение кабины при эксплуатационных режимах (без учета колебаний) должно быть не более 1,0 м/с^2 для больничных лифтов и не более 2,0 м/с^2 для всех остальных.

ГОСТ 220011-95 нормирует также вибрационные и шумовые показатели при работе лифта, а именно: виброскорость пола кабины при установившемся движении не должна превышать $0{,}06 \cdot 10^{-2}$ м/с; уровень звука в кабине при установившемся движении для жилых зданий должен быть не более 55дБА, а при открывании и закрывании дверей не более 60 дБА; корректированный уровень звуковой мощности от привода лебедки в машинном помещении, например для лифтов грузоподъемностью 320 - 630 кгс при скоростях до 1 м/с не более 73 дБА, а при скоростях 1,4 - 1,6 м/с не более 78 дБА.

Приведенные нормы нельзя признать хорошо обоснованными. Они скорее показывают пока достигнутые отечественной практикой лифтостроения результаты. Например, нормированные средние ускорения кабины не учитывают дополнительные ускорения ее за счет колебаний, которые зависят от привода лифта и динамической системы лифта и могут существенно их увеличивать особенно в неустановившихся режимах. Приведенное в ГОСТе предельное значение виброскорости кабины также не учитывает ее увеличения в неустановившихся режимах работы и никак не связаны с частотой вибрации.

В приведенных нормах совершенно отсутствуют показатели допустимого вибрационного воздействия от привода лифта на конструкцию шахты, а соответственно и на соседние с ней помещения.

Воздействие вибрации, передающееся на людей в основном через пол кабины лифта, может вызывать функциональные расстройства внутренних органов человека, ухудшать его зрение и самочувствие. Организм человека в разной степени реагирует на такие параметры колебаний как амплитуда, скорость, ускорение и скорость нарастания ускорений при различных частотах. На рис.15.1 показано восприятие человеком вертикальных ускорений при различных частотах воздействий [16].

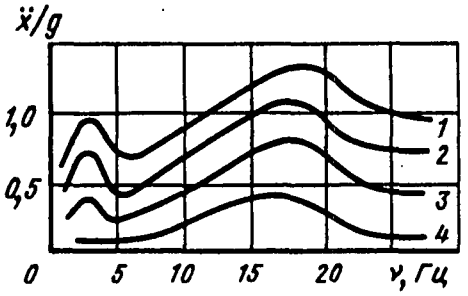


Рис.15.1. Восприятие человеком вертикальных ускорений при различных частотах воздействия (ν в Гц):
1 - опасны для здоровья;
2 - сильно беспокоящие;
3 - беспокоящие;
4 - ощущаемые;
g - ускорение силы тяжести

Из рис.15.1 видно, что наиболее опасными для здоровья человека являются вертикальные колебания в области частот 4 - 8 Гц, когда в его теле возможно возникновение резонансных колебаний по его низкой собственной частоте. При этом коэффициент динамичности внешнего воздействия на человека от пола кабины может достигать $K_д = 3{,}0$. Вторая собственная частота колебаний человека в вертикальной плоскости обычно лежит в пределах 20 - 30 Гц и коэффициент динамичности воздействия на человека уменьшается до $K_д = 1{,}5$.

Вибрации же от пола с частотой 40 Гц уже слабо воспринимаются телом человека. Длительное воздействие на человека вибраций более высоких - звуковых частот, т.е. шума кроме неприятных ощущений может проводить к появлению у человека спазм и невритов.

Следует отметить, что в последние годы большинство крупных лифтостроительных фирм особенно много работают над обеспечением снижения уровня вибрационного и шумового воздействия на пассажиров, создавая комфортные условия их перевозки и обеспечивая тем самым конкурентоспособность своих лифтов.

Эстетические свойства лифта определяются в основном дизайном купе кабины - ее отделкой, окраской, освещением, оформлением пульта управления, а также оформлением дверей кабины и шахты. В последнее время этим вопросам также уделяется большое внимание всеми производителями лифтов. Большинство фирм обычно предлагают покупателю для каждой модели лифта на выбор несколько вариантов оформления и отделки купе кабины и соответственно их стоимости.

Экологические свойства лифта в основном определяются степенью их вредного воздействия на пассажиров и людей, проживающих или работающих в здании, где установлены лифты. Кроме указанных выше вредных воздействий от вибрации и шума экологические свойства лифта определяются также загрязненностью, влажностью, скоростью движения и температурой воздуха в кабине лифта и в его машинном помещении.

Эти показатели пока не регламентированы для лифтов, однако им также уделяют серьезное внимание создатели лифтов, стремясь обеспечить комфортные условия для пассажиров и обслуживающего лифты персонала.

Обычно стремятся, чтобы температура в кабине лифта и в машинном помещении была в пределах 16 - 25°С, влажность воздуха 40 - 60%, скорость движения воздуха 0,2 - 0,5 м/с.

Надежность лифтов - одно из важнейших свойств их качества, характеризующее способность лифта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих задан-

ным режимам и условиям их использования, технического обслуживания, ремонтов и сохранности. Надежность обуславливается такими важными свойствами качества как *безотказность, долговечность, ремонтопригодность* и *сохраняемость*.

Под *безотказностью* понимается свойство лифта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки (объема перевозок). *Отказом* называют такое состояние лифта, при котором он полностью или частично теряет свою работоспособность и не может выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации (ПУБЭЛ, Стандартами, техническими условиями и др.).

Признаки (критерии) отказов должны устанавливаться нормативно-технической документацией на данный лифт или его отдельные узлы и агрегаты. Все виды отказов обычно подразделяются на две группы:

1. Из-за разрушения элементов лифта (поломки), недопустимые деформации, недопустимый износ, обрыв канатов, проводников, короткие замыкания, расплавление и сгорание элементов схем и т.п.

2. Вследствие нарушения качества функционирования (нарушение регулировок тормозов и систем управления и блокировок; загрязнение трущихся поверхностей, ослабление контактов электропроводок, креплений элементов конструкций и т.п.; засорения и утечки в гидросистемах и др.).

Безотказность лифтов может характеризоваться следующими основными показателями: вероятностью безотказной работы за определенный отрезок времени в % или в долях от единицы; средней (вероятность 50% или 0,5) наработкой лифта на отказ за определенное время работы или объем выполняемых перевозок; интенсивностью отказов, выражаемой количеством отказов в единицу времени.

В ГОСТ 220011-95 безотказность лифтов регламентируется только средней наработкой его на отказ. Например для лифтов, устанавливаемых в жилых зданиях при скоростях движения кабины до 1,6 м/с средняя наработка на отказ должна составлять не менее 440 час. При вероятности же безотказной работы, например в 99% (0,99), что желательно иметь в нормах, наработка таких лифтов на отказ будет в несколько раз ниже указанной средней. К сожалению в ГОСТ 220011-95 не указывается также за какое время работы лифта при его испытаниях приведенные значения наработки на отказ должны быть получены.

Под *долговечностью* понимается свойство лифта сохранять работоспособность до наступления *предельного состояния* при определенной установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Предельные состояния лифта характеризуются невозможностью его дальнейшей эксплуатации из-за нарушения требований безопасности или из-за неустранимого выхода его заданных параметров за установленные пределы, нарушения рабочих функций, необходимости проведения определенного нерегламентированного ремонта. Критерии предельных состояний определяются нормативно-технической документацией.

В составе лифта можно различать три группы объектов, отличающихся характеристиками предельных состояний: 1) невосстанавливаемые элементы; 2) восстанавливаемые элементы и простые узлы с конечным временем восстановления; 3) сложные узлы и системы, состоящие из элементов и узлов с конечным временем восстановления.

К первой группе относятся детали, которые не восстанавливаются после первого отказа: изношенные фрикционные накладки тормозов, колодки направляю-

щих башмаков скольжения, пружины, подшипники, сгоревшие контакты или проводники в системах привода и управления и др. К этой же группе объектов относятся также и несложные узлы, которые нецелесообразно ремонтировать по экономическим или другим причинам.

Ко второй группе объектов относятся детали, узлы или системы лифта, которые могут иметь в процессе его эксплуатации более одного отказа. Работоспособность объектов этой группы до возникновения предельного состояния поддерживается в основном в процессе технического обслуживания лифтов - их регулировкой, очисткой, смазкой, заменой отдельных элементов и другими операциями. Предельное состояние объектов этой группе наступает при возникновении отказа, вызывающего необходимость в восстановительном или капитальном ремонте лифта.

К объектам третьей группы относится лифт в целом. Работоспособность лифта в целом до возникновения предельного состояния поддерживается путем проведения технического обслуживания и текущих восстановительных ремонтов.

Предельное состояние лифта в целом определяется необходимостью его капитального ремонта или списания.

Наработка лифта от начала эксплуатации или возобновления после определенного вида восстановительного ремонта *до наступления предельного состояния называется техническим ресурсом.*

Календарная продолжительность эксплуатации лифта от начала или возобновления эксплуатации после определенного вида ремонта до *наступления предельного состояния называется сроком службы.*

Долговечность лифта (или его отдельных систем, узлов и элементов)может характеризоваться следующими основными показателями:

Гаммапроцентным ресурсом, показывающим величину наработки объекта до предельного состояния с заданной вероятностью γ в процентах; средним ресурсом ($\gamma = 50\%$); *назначенным ресурсом* ; средним ресурсом между ремонтами и до списания; гаммапроцентными и средними сроками службы до определенного вида ремонта и до списания.

В ГОСТ 220011-95 *долговечность* всех типов *лифтов регламентируется* только *назначенным сроком службы*, равным 25 годам.

Следует признать, однако, что вряд ли можно обосновать теоретически или экспериментально целесообразность назначения такого единого срока службы для всех типов лифтов и разнообразных условий их эксплуатации. Можно считать, что очень важные вопросы связанные с нормированием безотказности и долговечности лифтов требуют дополнительных глубоких исследований.

Под *ремонтопригодностью* лифта понимаются свойства его конструкции, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения ее отказов, повреждений и устранению их последствий путем проведения технического обслуживания и ремонта. Количественно ремонтопригодность определяется затратами времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонт.

К числу простейших средств, определяющих ремонтопригодность лифтов относятся: доступность, конролепригодность, включающая наличие встроенных в конструкцию лифта и возможность использования переносных диагностических средств; легкосъемность; взаимозаменяемость, блочность и агрегатирование, степень унификации элементов, количество смазываемых и зачищаемых точек и элементов.

Под *сохраняемостью* подразумевается способность лифта сохранять свои и эксплуатационные свойства в течение срока хранения или транспортирования его к месту установки, а также в периоды, когда по каким либо причинам установленный лифт не используется. Машинное помещение и шахта лифта должны быть надежно защищены от проникновения в них посторонний людей. Учитывая, что большинство пассажирских лифтов управляются непосредственно пассажирами, среди которых большое количество детей различного возраста, вопросам сохраняемости купе лифтов, их пультов управления уделяется обычно особое внимание.

Кроме указанных выше показателей, для оценки надежности лифтов в целом могут использоваться ряд таких комплексных показателей как: *коэффициент готовности*; *коэффициент технического использования*, *средние* и *удельные трудоемкости* и *стоимости технического обслуживания и ремонтов*.

Коэффициент готовности лифта к работе определяется как

$$K_{\text{г}} = \frac{T}{T + \Sigma T_{\text{вн}}} \tag{15.1}$$

где: T – суммарное время пребывания лифта в работоспособном состоянии; $\Sigma T_{\text{вн}}$ – суммарное время на внеплановые ремонты.

Коэффициент технического использования лифта определяется как

$$K_{\text{и}} = \frac{T}{T + \Sigma(T_{\text{р}} + T_{\text{то}})} \tag{15.2}$$

где $T_{\text{р}}$ и $T_{\text{то}}$ – соответственно время на все виды ремонта и технического обслуживания.

15.2. Динамика, вибрации и шум лифтов

Ниже в главе 3 были рассмотрены некоторые вопросы динамики лифтов при неустановившихся режимах работы в представлении всех движущихся элементов как абсолютно жестких систем.

В действительности лифт представляет собой в целом достаточно сложную многомассовую упругую динамическую систему, в элементах которой в процессе работы возникают и поддерживаются колебания различных частот.

Возникающие вибрации и шум как уже показано ниже влияют на все основные качественные показатели лифта. Поэтому необходимо знать основные причины возникновения вибраций и шума, уметь оценивать их основные частоты и амплитуды и знать пути уменьшения их вредного воздействия.

При представлении лифтов в виде упругих динамических систем необходимо проанализировать его основные инерционные массы и наиболее упругие элементы.

Рассматривая, например, наиболее распространенный привод кабины лифтов с КВШ по различным схемам (рис.1.1), можно выделить его основные инерционные массы и упругие элементы.

Основными инерционными массами являются: вращающиеся массы привода (якорь двигателя, тормозной шкив и муфта (если имеется), маховичок ручного привода, червяк и червячное колесо, и КВШ); поступательно движущиеся массы кабины с грузом (или пассажирами) противовеса и уравновешивающих канатов или цепей. В процессе работы лифта в колебания приходит также масса всей лебедки с рамой. Основными упругими элементами лифта, обладающими наимень-

шей жесткостью являются канаты подвески кабины и противовеса, дополнительные амортизаторы на подвеске противовеса, а также амортизаторы опор рамы лебедки на конструкцию шахты. При рассмотрении собственных колебаний, возникающих в редукторе привода, следует учитывать также влияние жесткости опор червячного вала и вала колеса и крутильную жесткость валов привода и муфты.

Таким образом в общем виде анализ колебаний лифта требует рассмотрения его как многомассовой упругой динамической системы, имеющей большое количество степеней свободы, находящейся под воздействием движущих или тормозных сил со стороны привода, сил тяжести от кабины, противовеса и других уравновешивающих элементов, а также сил сопротивлений на башмаках направляющих кабины и противовеса. Учитывая также, что масса лебедки, установленная на амортизаторах может совершать в общем виде не только вертикальные, но и угловые перемещения, то общее описание такой динамической системы потребует составления достаточно большого количества дифференциальных уравнений движения второго порядка в том числе нелинейных за счет, например, переменных величин жесткостей канатов подвески кабины и противовеса, меняющих свою длину в процессе работы и других факторов. Анализ решения задач динамики таких систем в общем виде даже с привлечением достаточно мощных вычислительных машин обычно представляет существенные трудности.

Однако, решение задач по выявлению основных частот колебаний, наблюдающихся в лифтах и по оценке возможных предельных амплитуд этих колебаний с достаточной для практических целей точностью возможно проводить на упрощенных динамических моделях.

Оценка основных частот колебаний

Учитывая, что приведенные значения моментов инерции поступательно движущихся масс кабины и противовеса по сравнению с суммарным приведенным моментом инерции всех вращающихся масс привода лебедки малы (не превышают 5 - 15%), А суммарная жесткость амортизаторов установки рамы лебедки обычно существенно выше жесткости канатов подвески кабины и противовеса, то с погрешностью примерно в пределах до 10 - 12% наиболее низкие (основные) частоты собственных колебаний кабины и противовеса на канатах в Гц для определенных положений могут быть определены по простейшей схеме их колебания как одномассовых систем:

$$\omega = (1/2\pi)\sqrt{c/m}\,, \qquad (15.3)$$

где c - жесткость канатов подвески кабины или соответственно суммарная жесткость канатов и амортизаторов подвески противовеса; m - масса кабины (с грузом) или соответственная масса противовеса; $\pi = 3{,}14$.

Несколько точнее эти частоты в Гц могут быть определены по зависимости, учитывающий влияние колебаний инерционной массы привода, как

$$\omega = (1/2\pi)\sqrt{c(m_1 + m_2)/(m_1 \cdot m_2)}\,, \qquad (15.4)$$

где в данном случае: m_1 - соответственно масса кабины (с грузом) или противовеса; m_2 - приведенная к канатам инерционная масса привода.

Более точно частоты колебаний система кабина-привод-противовес могут быть определены как для трехмассовой упругой динамической системы из зависимости:

$$\omega_{1,2}^2 = \left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 \left\{ \left[\frac{m_1(m_2+m_3)}{c_1} + \frac{m_1(m_2+m_3)}{c_2} \right] \pm \right.$$

$$\left. \pm \sqrt{\left[\frac{m_1(m_2+m_3)}{c_1} - \frac{m_3(m_1+m_2)}{c_2} \right]^2 + \frac{4m_1m_2}{c_1c_2}} \Big/ \left(\frac{2m_1m_2m_3}{c_1c_2} \right) \right\}, \qquad (15.5)$$

где: m_1, m_2, m_3 – соответственно приведенные к канатам инерционные массы кабины (с грузом), привода и противовеса; c_1 и c_2 – соответственно жесткости канатов подвески кабины и суммарной жесткости канатов и амортизаторов подвески противовеса. В зависимостях (15.4 и 15.5) приведенная к канатам масса привода определяется как

$$m_2 = I \cdot u^2 / r^2 , \qquad (15.6)$$

где I – приведенный к валу двигателя суммарный момент инерции всех вращающихся масс привода лебедки; u – передаточное отношение редуктора привода КВШ (или барабана); r – радиус КВШ или барабана лебедки.

Жесткость канатов подвески кабины или противовеса определяется как:

$$c = E_к \cdot F_к / L , \qquad (15.7)$$

где $E_к$ – модуль упругости канатов подвески кабины и противовеса ($E_к = (1{,}15 \div 1{,}35) \cdot 10^5$ МПа, большие значения для уже вытянутых канатов); $F_к$ – суммарная площадь проволок всех канатов подвески кабины или противовеса; L – длина канатов подвески кабины или противовеса.

Суммарная жесткость канатов (c) и пружин амортизаторов подвески ($c_п$) противовеса определяется как для двух последовательно расположенных пружин

$$c_\Sigma = c \cdot c_п / (c + c_п) \qquad (15.8)$$

Жесткость канатов подвески кабины и противовеса вследствие изменения их длины L при подъеме или опускании кабины и противовеса в процессе работы лифта постоянно меняется. Пределы изменения жесткости канатов подвески зависят от рабочей высоты подъема кабины, т.е. от этажности обслуживаемого здания. Так, например, при изменении этажности зданий от 10 до 25 этажей, жесткость канатов подвески кабины и противовеса будет изменяться примерно в 10 и 25 раз.

Соответственно собственные частоты колебания кабины и противовеса в процессе работы лифта будут изменяться примерно в 3,2 или 5 раз.

Проведенный по зависимостям (15.3 – 15.8) анализ собственных частот колебаний кабины лифта и противовеса и данные экспериментов показывают, что они например для лифтов, установленных в 10-этажных жилых зданиях изменяются в процессе работы примерно в пределах от 3 – 3,5 до 10 – 12 Гц, а в зданиях в 25 этажей примерно от 2 – 2,5 до 10 – 11 Гц. Это показывает, что возникающие (особенно при неустановившихся режимах работы) от воздействия привода низкочастотные колебания лежат, как сказано было выше (см. рис.15.1), в пределах основной собственной частоты вертикальных колебаний человека и при значительных амплитудах и длительном воздействии они могут быть недопустимы.

Далее при работе лифта проявляются также собственные колебания всей лебедки на амортизаторах, которые в основном предназначаются для уменьшения степени передачи более высокочастотного спектра звуковых вибраций, возникающих

в приводе лебедки, на шахту и элементы конструкции здания, прилегающие к лифту. Основная собственная частота парциальных колебаний лебедки на амортизаторах в вертикальной плоскости может быть определена по формуле (15.3), где в данном случае будет: m – масса лебедки с рамой; c – суммарная жесткость амортизаторов в вертикальной плоскости. Собственная частота этих колебаний лебедок лифтов обычно лежит в пределах 20 – 40 Гц.

Основная частота собственных крутильных колебаний в механизме привода КВШ или барабана лебедки зависит также от крутильной жесткости привода и инерции КВШ или барабана. Она, как правило, также существенно выше основной собственной частоты колебаний кабины и противовеса на канатах.

Определить основную парциальную частоту собственных крутильных колебаний привода в Гц можно по формуле (15.4), где в данном случае должны быть подставлены значения: C – приведенная суммарная крутильная жесткость элементов привода; вместо m_1 и m_2 приведенные моменты инерции I_1 – всех вращающихся масс на валу двигателя и I_2 – КВШ (или барабана).

Основными источниками высокочастотных звуковых вибраций – шума при работе лифтов являются его привод, панель управления, ограничитель скорости, трансформаторы. Наиболее сложным из этих источников является привод, где вибрации возбуждаются работой подшипников, червячной передачей, воздушным потоком, охлаждающим электродвигатель, электромагнитными силами в электродвигателе привода.

При работе тормозов возникает шум от ударов якоря электромагнита о корпус, а также от трения колодок по тормозному шкиву. Пассажир в кабине воспринимает также шум от движения кабины и противовеса по направляющим и шум, при открывании и закрывании дверей.

Вынужденные колебания

Вынужденные колебания элементов лифта могут возникать как в периоды неустановившегося движения в процессе пуска и торможения привода, так и при установившемся движении.

Неустановившееся движение привода кабины лифта при его пуске или торможении в зависимости от плавности нарастания и характера изменения крутящего момента от двигателя или тормоза во времени практически всегда приводит к возникновению колебания кабины с той или иной интенсивностью, которые в дальнейшем при установившемся движении, если не наблюдается возникновений явлений резонансного характера колебаний кабины и противовеса, должны затухать.

Известно [15, 16], что в случае мгновенного приложения постоянного крутящего момента при пуске или тормозного момента к КВШ (или барабану), если время разгона или торможения $t_{р(т)}$ будет больше 1/2 периода собственных колебаний кабины Т на канатах подвески, то максимальное динамическое усилие в канатах с учетом колебаний может быть определено по формуле

$$P_{д\max} = P_с + m_1 a + \sqrt{(P_с + m_1 a)^2 - \frac{m_2}{m_1 + m_2} \cdot P_с^2}\,, \qquad (15.9)$$

где $P_с$ – статистическое усилие в канатах подвески кабины от веса кабины с грузом и уравновешивающих цепей или канатов; m_1 и m_2 – соответственно масса кабины с грузом и уравновешивающих канатов или цепей и приведенная к канатам инерционная масса привода; a – среднее ускорение разгона (или торможения) кабины без

учета колебаний, определяемое через скорость движения кабины V и время разгона или торможения $t_{р(т)}$, как $a = V/t_{р(т)}$.

При этом $t_{р(т)}$ определяется исходя из предположения, что величина максимального момента двигателя или тормоза постоянна за время $t_{р(т)}$.

Амплитуда возникающих при этом колебаний усилия в канатах может быть определена как

$$P_a \cong P_{д\,max} - P_c. \qquad (15.10)$$

Соответственно амплитуда колебаний кабины будет: $A \approx P_a/c$, где c - жесткость канатов подвески кабины.

Отсюда видно, что при работе лифта на нижнем этаже, где длина подвески кабины максимальная, а жесткость минимальная, амплитуда ее виброперемещений будет максимальная, а частота минимальная.

Следует отметить, что характер изменения избыточного ($M_и$) движущего и тормозного моментов асинхронных короткозамкнутых двигателей, широко применяемых в приводе лифтов со скоростью движения до 1 м/с в процессе разгона и торможения ближе подчиняются закону не $M_{и\,max} = const$, а полуволне синусоиды, т.е. $M_и = M_{и\,max} \cdot \sin \pi t/t_{р(т)}$, где $M_{и\,max}$ - максимальный избыточный момент при пуске или торможении.

В этом случае для определения коэффициента динамичности можно воспользоваться графиком (рис.15.2) [15, 16], определяющим его изменение в зависимости от соотношения $t_{р(т)}/T$, где T - период колебания кабины на канатах подвески. Время $t_{р(т)}$ при этом также должно определяться исходя из изменения избыточного момента по закону полуволны синусоиды, т.е. в этом случае оно увеличивается в 1,57 раза по сравнению с рассчитанным по закону изменения $M_{и\,max} = const$, характерном для механических тормозов. В этом случае максимальные динамические нагрузки в канатах от сил инерции с учетом колебаний кабины можно определить как

$$P_{д\,max} \cong P_c + K_д \cdot m_1 a \qquad (15.11)$$

Амплитуда колебаний кабины определится аналогично предыдущему случаю.

Анализ показывает, что в этом случае имеем, обычно, значения $K_д \cong 1{,}5 \div 1{,}77$, т.е. близкие $K_{д\,max}$ по графику (рис.15.2).

Время торможения кабины механическим тормозом с малой скорости, равной для двухскоростных асинхронных двигателей 1/3 или 1/4 номинальной, может иметь длительность импульса менее 0,25 периода собственных колебаний кабины на нижних этажах. В этом случае по закону (рис.15.2) и коэффициент динамичности может быть меньше единицы. Следует отметить, что в случаях совпадения или даже сближения парциальных частот собственных колебаний кабины и противовеса на канатах подвески, что вполне реально при работе лифтов, амплитуды возникших в переходных режи-

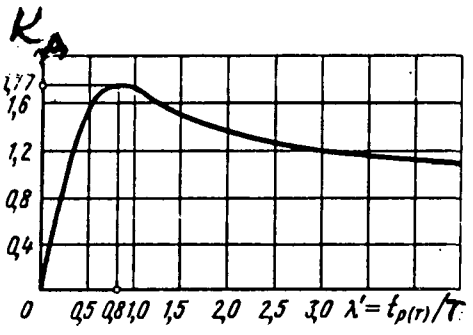


Рис.15.2. График изменения коэффициента динамичности от колебаний кабины при разгоне асинхронного двигателя

мах вынужденных колебаний не будут быстро затухать, а будут поддерживаться достаточно длительное время вследствие возможной перекачки энергии колебаний между кабиной и противовесом.

Существенного снижения коэффициента динамичности за счет уменьшения амплитуд колебаний при разгоне и торможении кабины можно добиться путем обеспечения плавного нарастания движущего и тормозного моментов от 0 до max путем регулирования управления двигателем и тормозом.

На рис.15.3 [15] показана кривая изменения коэффициента динамичности за счет возникающих колебаний в зависимости от соотношения $\lambda = t_0/T$, где t_0 – время нарастания движущего или тормозного моментов от 0 до max в процессе пуска или торможения. Это кривая описывается уравнением [15]:

$$K_д = 1 + 1/\pi\lambda \qquad (15.12)$$

Она показывает, что уже при значении $\lambda > 2$, $K_д < 1{,}3$, т.е. в этом случае возникающие динамические колебания несущественны.

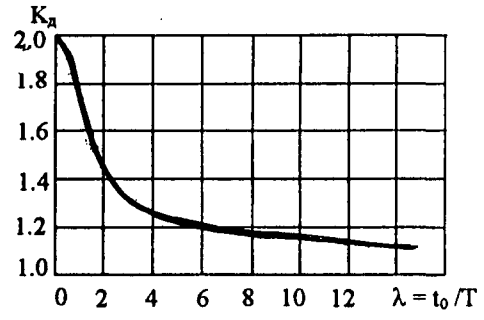


Рис.15.3. График изменения коэффициента динамичности в зависимости от плавности нарастания момента $\lambda = t_0/T$

Так, например для лифтов, имеющих высоту подъема до 75 м наибольший период колебаний $T \approx 0{,}5$ с, достаточно обеспечить время нарастания движущего или тормозного момента $t_0 \geq 1{,}0$ с, чтобы возникающие амплитуды колебаний кабины при пуске и торможении были не существенны. Такое время нарастания момента t_0 при необходимости достаточно просто обеспечивается в приводе лифтов от двигателей постоянного тока, а также при применении тиристорных преобразователей для двигателей переменного тока.

Существенное увеличение времени нарастания t_0 против величин, обеспечивающих $\lambda = t_0/T = 2$, ведет к затягиванию процессов пуска и торможения лифта и снижению его производительности без существенного влияния на плавность их работы и динамические нагрузки, возникающие за счет колебаний.

При *установившемся* движении кабины с определенной скоростью могут также возбуждаться в его элементах дополнительные колебания. Эти колебания могут вызываться в основном инерционными нагрузками от неуравновешенности вращающихся масс, кинематическими погрешностями, связанными с изготовлением, монтажом и деформативностью элементов привода лифта и др. Возбуждаемые колебания при установившихся режимах работы носят, как правило, гармонический характер в основном с частотами, равными или кратными частотам вращения валов привода. Возбуждаемые при этом частоты колебаний в Гц определятся как $\omega_i = n_i m/60$, где n_i – частота вращения i вала привода лебедки в $^1/_{мин}$; m – значения равные, меньшие или большие единицы, но кратные ей.

Например, как показывают результаты исследования виброактивности наиболее широко используемых приводов лифтов с червячными редукторами, возбуждаемые ими колебания в наибольшей степени связаны с частотой вращения вала двигателя (червяка) и кратными частотами.

Основная частота возбуждения гармонических колебаний, соответствующая частоте вращения вала двигателя (и червяка) n_1 для наиболее часто употребляемых асинхронных двигателей обычно составляет $\omega \cong n_1/60 \cong 960/60 \cong 16$ Гц. В выпускавшихся например ранее лебедках с глобоидными червячными передачами вал двигателя и соединенный с ним муфтой вал червяка с маховиком вследствие недостаточной точности изготовления, монтажа и отсутствия надлежащей балансировки деталей имели существенные дисбалансы, вследствие чего при его вращении возбуждались значительные инерционные силы с частотой 16 Гц, а также с кратной частотой 32 Гц, которые проявлялись в виде колебаний как непосредственно всей лебедки с рамой, так и кабины и противовеса. Эти колебания вследствие их сравнительно низкой частоты трудно гасить с помощью амортизаторов установки лебедки, и они передавались на пол кабины, элементы конструкции шахты и прилегающих помещений. Поэтому основным способом уменьшения их вредного воздействия следует признать необходимость высокой точности изготовления, монтажа и динамической балансировки вала двигателя совместно с быстроходным валом редуктора.

Важной причиной возникновения вынужденных установившихся колебаний в приводе указанных, а также более высоких и низких частот являются кинематические возмущения. Эти возмущения связаны обычно: с кинематической точностью червячной передачи, погрешностью ее изготовления и монтажа; погрешностью изготовления и монтажа других деталей привода; влиянием деформаций элементов привода.

Трудности с обеспечением низкой виброактивности глобоидных передач послужили одной из основных причин отказа от их применения в приводах лифтов последних поколений, и перехода на применение червячной передачи с цилиндрическим червяком. Одновременное изготовление вала червяка заодно с валом двигателя и повышение точности изготовления позволило существенно снизить виброактивность червячных редукторов, как на низких, так и звуковых частотах.

Циклические кинематические возмущения, приводящие к колебаниям низких частот, могут быть связаны также с неточностью изготовления, монтажа и деформацией вала привода КВШ с частотой $\omega_2 = n_2/60$ Гц, где n_2 – частота вращения КВШ в $^1/_{мин}$ и кратными ей $2\omega_2$, $3\omega_2$.

В современных приводах лифтов частота вращения КВШ обычно лежит в пределах $n_2 = 16 \div 32$ $^1/_{мин}$ соответственно первые две низкие частоты возбуждения колебаний от вращения КВШ могут составлять $\cong$ (0,25 – 0,5) Гц при $n_2 = 16$ $^1/_{мин}$ и (0,5 – 1,0) Гц при $n_2 = 32$ $^1/_{мин}$. Наиболее низкие из частот возмущения могут быть связаны с неточностью совпадения центра вала и КВШ, а кратные им частоты могут быть связаны, например, с неточностью изготовления КВШ – его овальностью.

Однако, кинематические возмущения по этим частотам при достаточной точности изготовления и жесткости как правило не велики и существенного влияния на виброактивность привода не оказывают. Кроме того, низкая частота этих возмущений не может приводить к сколько-нибудь существенному усилению их воздействия в элементах лифта.

Кроме указанных выше путей и средств для уменьшения амплитуд колебаний следует отметить также, что для уменьшения вредного воздействия на человека вибрации звуковых частот (шума) широко применяют также звукоизоляцию купе кабины, используя специальные звукопоглощающие материалы.

Большинство передовых фирм для уменьшения вредного воздействия вибрации и шума от лифтов на пассажиров и людей, работающих и проживающих в помещениях вблизи лифтов, в создаваемых ими конструкциях обеспечивают сущест-

венно более низкие их уровни вибрации и шума в сравнении с требованиями ГОСТ 220011-95, что увеличивает их конкурентоспособность.

15.3. Оценка долговечности и сроков службы лифтов

Основными причинами потери работоспособности лифтов являются, обычно, *износ*, *поломки* и *деформации* вследствие недостаточной прочности и жесткости, выход из строя проводов обмоток и других элементов электропривода и систем автоматики вследствие *перегрева* и *старения*. Для оценки долговечности и сроков службы по указанным критериям элементов и лифта в целом в первую очередь необходимо знать режимы их работы и нагружения.

Режимы работы и нагружения лифтов

Все лифты относятся к циклическим машинам. Основной рабочий цикл лифта с позиций работы его привода, как правило, состоит из разгона кабины, установившегося ее движения и торможения при каждом ее подъеме, хотя бы на один этаж. Количество таких циклов и пробег кабины для пассажирских лифтов зависит от многих факторов: от этажности здания и заселенности подъезда, в котором он установлен, количества лифтов в подъезде и т.д. В общественных и других зданиях также зависит от его назначения, этажности и общего количества людей, которое лифт обслуживает. Эти данные обычно предопределяют такие показатели как общее машинное время работы лифта и количество включений (циклов) в сутки (в год), а также соответствующий пробег кабины.

По данным исследований [12] эти показатели режимов работы, например, для пассажирских лифтов в среднем изменяются в пределах:

Этажность дома	Пробег, км		Машинное время, ч		Число включений	
	сутки	год	сутки	год	сутки	год
4 - 6	5	1690	2,5 - 3	900 - 960	350 - 370	112000 - 118400
7 - 9	7,5	2535	3 - 4	960 - 1280	371 - 550	118720 - 176000
10 - 15	10,5	3515	4 - 5	1285 - 1760	551 - 860	176320 - 275200
16 - 24	17	5746	5,5 - 7	1765 - 2240	861 - 3000	275520 - 990000

Режимы нагружения также характеризуются количеством пассажиров, одновременно, перевозимых лифтом в каждом из циклов его работы. Как правило с увеличением этажности для однотипных лифтов и одинаковых условий их работы среднее количество человек перевозимых лифтом к каждом цикле растет.

Так, например, по статистическим данным [12] в 5 - 9 этажных домах наиболее часто одновременно едут 1 - 2 пассажира, а в многоэтажных (14 - 24 этажа) 2 - 4.

Средняя загруженность и коэффициент загруженности кабины лифта по времени могут быть оценены как

$$q_{ср} = \sum \frac{q_i t_i}{t}; \quad K_з = \frac{q_i}{q}, \tag{15.13}$$

где q_i, q - соответственно загруженность кабины в течение времени t_i и номинальная загрузка; t - полное время работы лифта.

Необходимо также иметь в виду, что кроме статической нагрузки, определяемой весом кабины и пассажиров (или груза) и уравновешивающими элементами в

каждом цикле работы лифта, как показано было выше в 15.2, возникают динамические нагрузки, которые с учетом колебаний могут определяющим образом влиять на долговечность элементов лифта по критериям износа и усталостной прочности.

Температурные режимы работы привода определяются в основном режимом изменения нагрузки кабины лифта, машинным временем работы в течение нескольких часов, пока не наступает установившийся максимальный нагрев элементов привода и количеством циклов работы за это время. Допускаемые температурные режимы проводов обмоток двигателя предопределяют его работоспособность, необходимую мощность и возможность появления отказов. Чрезмерный нагрев шкива и фрикционных накладок тормоза могут существенно влиять не только на интенсивность их износа, но и на величину тормозного момента. Перегрев масла в редукторе может привести к заеданию червячной пары, резкому снижению КПД и быстрому выходу из строя.

Перегрев контактов и других элементов системы управления лифтов, также нередко является причиной их отказа и снижения долговечности. Достаточно точная расчетная оценка температур нагрева элементов привода обычно представляет большие трудности. Поэтому наиболее часто температуры нагрева определяются путем стендовых испытаний приводов с имитацией их эксплуатационных режимов нагружения.

Оценка долговечности элементов лифта по износу

Под *изнашиванием* понимается процесс постепенного изменения размеров и формы трущихся поверхностей деталей. *Износ* деталей – результат их изнашивания.

Наиболее часто износ характеризуется изменением размера детали в направлении, перпендикулярном к поверхности трения – *линейный износ* $И_л$. Используются также показатели изменения объема – *объемный износ* $И_{об}$ или *массы* детали – $И_м$.

Одним из основных показателей, характеризующих долговечность по износу является *скорость изнашивания* $V_и = И/t$, где t – время в течение которого получен износ $И$.

Важным показателем износа является также *интенсивность изнашивания* $I_и$, определяемая как отношение величины износа к пути, на котором происходило изнашивание или к объему выполненной работы.

Под *износостойкостью* материала детали понимается его свойство оказывать сопротивление изнашиванию, и оценивается она величиной, обратной скорости или интенсивности изнашивания.

Предельным износом $И_{пр}$ или *предельным зазором сопряжения* $З_{пр}$ называют такое состояние, при котором дальнейшая эксплуатация детали (сопряжения) недопустима по причинам безопасности или недопустимого ухудшения технических или экономических характеристик лифта.

Виды изнашивания. При работе трущихся пар в конструкциях различных типов лифтов в зависимости от условий их работы могут наблюдаться следующие основные виды изнашивания: *абразивное*, *усталостное*, *коррозийно-механическое*, при *фретинг-коррозии*, при *заедании*.

Абразивное изнашивание чаще всего наблюдается в элементах трущихся пар лифтов в основном вследствие попадания на них твердых абразивных частиц пыли (направляющие и башмаки кабины и противовеса, канаты и КВШ, шкивы и фрикционные накладки тормозов, элементы редуктора и др.)

При взаимодействии трущихся поверхностей с твердыми частицами пыли (SiO_2) остаются риски, канавки, царапины как результат микрорезания, снятия стружки и их пластического деформирования.

М. М. Хрущевым [29] была предложена следующая зависимость для приближенной оценки объемного износа в зависимости от нормальной нагрузки N, пути трения S, начальной твердости металла H и размера абразивного зерна a: $И_{об} = cNSa/H$, где c - коэффициент, зависящий от абразивных свойств абразивных частиц, условий взаимодействия и кинематики движения контактирующих тел, закрепления абразива в контакте и остроты его ребер.

Износостойкость трущихся пар в значительной мере зависит от соотношения твердостей абразивных частиц H_a и изнашиваемых поверхностей деталей Н. Обычно незначительный износ достигается при условии, когда $H_a < (0{,}7 - 1{,}0)H$.

Усталостное изнашивание возникает в результате многократного повторного деформирования микрообъемов материала трущихся деталей, вызывающего появление микротрещин на поверхностях трения и последующего отделения частиц материала. Усталостное изнашивание в основном может наблюдаться в элементах редукторов привода лифтов (подшипники качения, червячные и зубчатые пары и т.п.). Скорость развития усталостного изнашивания зависит: от величины контактных нагрузок, физико-механических свойств поверхностей деталей и качества их обработки; остаточных напряжений в поверхностных слоях и концентрации в них напряжений; частоты изменения напряжений, уровня температуры, качества смазки и др. факторов.

Число циклов нагружения $N_ц$ при наступлении усталостного контактного разрушения поверхностей связано с величиной контактных напряжений $\sigma_к$ по Г. Герцу зависимость $\sigma_к = A/N_ц^x$, где A - величина, зависящая от свойств материала, качества обработки и смазки контактирующих поверхностей и др. факторов; x - показатель степени (~ 0,17 для зубчатых передач и ~ 0,1 для подшипников качения).

По фрикционно-усталостной модели изнашивания трущихся поверхностей, развитой И.В. Крагельским, интенсивность линейного изнашивания оценивается как

$$I_и = \frac{P_н K_и a\sqrt{h/R}}{P_ф n_ц},$$

где h - глубина внедрения единичной неровности, R - радиус неровности, $P_н$ и $P_ф$ - соответственно номинальное и фактическое давление, $K_и$ - коэффициент, зависящий от расположения неровностей по высоте, a - отношение номинальной площади к площади трения; $n_ц$ - число циклов, которое выдерживает деформируемый объем до разрушения.

Коррозийно-механическое изнашивание возникает на поверхностях трения, вступающих в химическое взаимодействие с окружающей средой (воздухом, смазочными материалами). Интенсивность этого вида изнашивания, которое может иметь существенное значение для пар трения канаты - КВШ, башмаки и направляющие кабин и противовесов и элементов привода, зависит в основном от коррозийной стойкости материалов трущихся пар и качества применяемых смазок.

Изнашивание при фреттинг - коррозии возникает при колебательных циклических возвратно-поступательных перемещениях поверхностей трения с малыми амплитудами. Такое явление в первую очередь в лифтах может иметь место при взаимодействии канатов привода с КВШ. Повреждения поверхностей трения при этом обычно концентрируются на небольших участках и напоминают точечную коррозию. При этом повышается шероховатость поверхностей трения, появляются микротрещины, налипания, каверны и снижается усталостная долговечность.

Изнашивание при заедании возникает в результате схватывания, глубинного вырывания материала, переноса его на другую трущуюся поверхность и разрушающего воздействия возникших неровностей. Этот вид изнашивания относится к наиболее опасным видам разрушения трущихся поверхностей, приводящим к полному выходу из строя таких узлов трения. Заедание часто наблюдается в трущихся парах тяжело нагруженных шарниров, зубчатых, цепных и червячных передач, цилиндро-поршневых групп и т.п. Оно наступает в основном при разрушении промежуточных смазочных слоев от высоких нагрузок, повышенных температур, потери свойств смазочных материалов и т.п. и последующем взаимодействии физически чистых контактирующих поверхностей.

В лифтах эти явления могут возникать, например в тяжелонагруженных червячных передачах лебедок.

Оценка долговечности деталей по износу

Учитывая многообразие факторов, влияющих на износ деталей лифтов и наличие одновременно ряда видов их изнашивания, в настоящее время не представляется пока возможным получить достаточно приемлемые расчетные зависимости для определения их характеристик изнашивания на базе физических закономерностей. Поэтому в практике в основном используются полуэмпирические и эмпирические закономерности, отражающие влияние основных факторов для конкретных видов износа с использованием общего опыта создания машин. Так к полуэмпирическим зависимостям можно отнести приведенную выше формулу для интенсивности линейного износа для деталей.

При трении скольжения без смазки (например износ тормозных шкивов и фрикционных накладок) эта зависимость при ($K_и$ = 0,15 - 0,21), $h/R \le (10^{-1} - 10^{-2})$, $P_н/P_ф = (10^{-1} - 10^{-4})$, $n_ц = (10^{-2} - 10^{-12})$, дает возможность с достаточной степенью приближения оценить линейный износ в зависимости от пути трения L, мм, как $И_л = I_и \cdot L$, мм. Подставив в эту зависимость предельный линейный износ тормозных накладок $И_{пр}$ определим общий путь трения тормозного шкива L. Определив далее средний путь трения тормозного шкива за одно включение $L_т$, определим количество включений тормоза до замены тормозных накладок $n_в = L/L_т$ и средний срок службы тормозных накладок в часах $T_с = n_в/n_{в.ч}$, где $n_{в.ч}$ - среднее количество включений тормоза в час.

Среди эмпирических формул для определения износа наиболее часто используется зависимость вида

$$И_л = I_и t^{\beta} = K_и \cdot X_1^m \cdot X_2^n \cdot X_3^n \cdot X_4^k \cdot t^{\beta}, \qquad (15.14)$$

где: t - наработка детали в часах, $I_и$ - линейная интенсивность износа $^{мм}/_{час}$. Степенные сомножители X_1, X_2, X_3, X_4, а также $K_и$ и β - учитывающие влияние основных факторов на износ поверхностей трения, получают из данных экспериментов на моделях или стендовых натурных испытаниях.

Задавшись предельным допустимым износом $И_{пр}$ из (15.14) мы определим ориентировочное значение времени наработки t детали в часах.

Используя зависимости для износа детали вида (15.14) их ресурс в общем виде запишется как

$$R = (И_{пр}/I_и)^{1/\beta}. \qquad (15.15)$$

Проведенные исследования изнашивания многих деталей машин позволяют считать коэффициент β детерминированной величиной для определенных конструктивных решений узлов трения и условий их работы. Величина его изменяется обычно в пределах [29] 0,5 - 1,5. Например, для фрикционных накладок муфт сцепления и тормозов $\beta \cong 1{,}0$.

Случайной величиной в (15.15) *является* $I_и$, *которая зависит от многих случайных* факторов, определяющих процесс износа и разброс значений ресурса, т.е. $R = f(I_и)$. При коэффициенте вариации $I_и$ в пределах $\psi = 0{,}1 - 0{,}4$ можно с достаточной точностью принимать, что она подчиняется нормальному закону распределения случайных величин, а при $\psi > 0{,}4$ - закону Вейбула.

Приближенное определение математического ожидания ресурса M_R и дисперсии ресурса D_R может быть выполнено путем разложения функции (15.15) в ряд Тейлора и применением теоремы о числовых характеристиках случайных величин.

При ограничении двумя первыми членами ряда получим [14]:

$$M_R \approx \left(\frac{И_{пр}}{M_{I_и}}\right)^{\frac{1}{\beta}} \cdot \frac{1+(\beta+1)D_{I_и}}{2\beta^2 M_{I_и}} \qquad (15.16)$$

$$D_R \approx \left(\frac{И_{пр}^{2/\beta} \cdot D_{I_и}}{\beta^2 \cdot M_{I_и}}\right)^{\frac{2}{\beta}+2} \cdot \frac{1+(\beta+1)^2 D_{I_и}}{2\beta^2 M_{I_и}^2} \qquad (15.17)$$

где $M_{I_и}$ - среднее значение $I_и$, $D_{I_и}$ - дисперсия $I_и$.

Анализируя имеющиеся сравнительно небольшие и разрозненные экспериментальные исследования по износу узлов и деталей лифтов, можно отметить, что попыток их аналитического обобщения и построения конкретных расчетных зависимостей, позволяющих на стадии проектирования оценивать долговечность узлов деталей лифтов по износу, к сожалению в литературе пока нет. Несомненно, что этому важному вопросу в ближайшие годы создатели лифтов должны уделить серьезное внимание.

Оценка долговечности деталей по прочности

Поломки или *недопустимые деформации* деталей лифтов, приводящие к их отказу, определяются критериями их *статической прочности* и *долговечности по выносливости (усталости)*. Критериями статической прочности деталей обычно является предел текучести $\sigma_{тд}$ для деталей изготовленных из малопластичных материалов (стали и т.п.) или предел прочности $\sigma_{вд}$ для деталей из хрупких материалов (чугун и т.п.). При превышении $\sigma_{тд}$ и $\sigma_{вд}$ деталь получает недопустимые деформации или разрушается. По этим критериям должны проверяться детали лифтов на максимальные редкодействующие случайные нагрузки, появляющиеся например при посадке кабины на ловители или на буфера, а также при перегрузках в процессе испытаний.

Пределы прочности и текучести для материалов и тем более для деталей, получаемые при испытаниях, имеют часто большие отклонения от среднего значения, которые обычно даются в стандартах и справочниках. Расчетные случайные максимальные нагрузки, действующие на детали также не удается определить с высокой точностью как по величине и особенно по времени их появления.

Поэтому оценка времени до появления возможного отказа деталей по критерию статической прочности расчетным путем представляет большие трудности и методика такой оценки пока для лифтов не разработана.

Оценка долговечности деталей лифтов по усталости, исходя из их пределов выносливости $\sigma_{гд}$, должна производиться с использованием теории усталостного накопления их повреждений и развития трещин под действием эксплуатационных нагрузок за весь срок службы деталей (см. например [14, 15, 29]).

Для оценки долговечности деталей машин по усталости в настоящее время наиболее широко используются кривые выносливости для материала деталей и гипотеза линейного суммирования повреждений [14, 29]. Кривая выносливости до базового числа циклов перемены напряжений N_0 при этом описывается как

$$\sigma_i^m N_i = \sigma_{гд}^m N_0 = C = \text{const}, \qquad (15.18)$$

где σ_i и N_i – соответственно текущие значения циклических напряжений и числа циклов, m – показатель степени кривой выносливости, N_0 – базовое число циклов, соответствующее пределу выносливости $\sigma_{гд}$, который обычно дается в справочных данных при вероятности 0,5. Величина N_0 обычно может колебаться от $2 \cdot 10^6$ для металлоконструкций лифтов до $25 \cdot 10^7$ для валов, зубчатых колес, подшипников лебедок привода. Величина m в зависимости от материала детали, ее размера, концентрации напряжения и др. факторов изменяется в пределах $m = 3 - 20$.

Для использования зависимости (15.18) необходимо знать характер, (график) изменения нагрузок на деталь лифта в течение срока ее службы и определить соответственно значения σ_i и N_i. При этом, как показывают исследования, напряжения $\sigma_i < 0{,}5\sigma_{гд}$ могут не учитываться в расчетах, как не приводящие к увеличению усталостных повреждений. Поэтому для деталей, в которых амплитуда колебаний нагрузок (напряжений), возникающих при пусках и торможениях (см. выше раздел 15.2) невелика ($< 0{,}5\sigma_{гд}$), цикличность их изменения можно не учитывать при расчете N_i. В этом случае число циклов N_i при каждом режиме нагрузки кабины q_i (σ_i) можно определить как $N_i = t_i \cdot n_i$, где t_i – время работы лифта в часах при нагрузке q_i, n_i – количество включений лифта в час.

Для удобства учета влияния нестационарности режимов нагружения лифтов при использовании зависимости (15.18) для оценки долговечности их деталей можно воспользоваться понятием эквивалентных (с точки зрения накопления усталостных повреждений) напряжений $\sigma_э = \sigma_н / K_р$, где $\sigma_н$ – напряжения в деталях при номинальный нагрузке кабины лифта, $K_р$ – коэффициент, учитывающий нестационарность режима нагрузки кабины. Величину $K_р$ – можно определить как [15]

$$K_р = \sqrt[m_1]{1 \Big/ \left(\sum \frac{Ni}{Np} \right) \cdot K_{нi}^{m_1}}, \qquad (15.19)$$

где $K_{нi} = P_{дi} / P_с$ – отношение максимальных динамических нагрузок на деталь с учетом колебаний при разгоне или торможении кабины при i режиме нагружения (см. выше 15.2), к статическим нагрузкам при номинальном весе груза в кабине; $N_i / N_р$ – относительное количество циклов работы лифта при i режиме нагружения за весь срок службы детали $N_р$; $m_1 = m$ – при расчете долговечности по объемным напряжениям (растяжение – сжатие, изгиб, кручение); $m_1 = m/2$ и $m/3$ при расчете долговечности детали по контактным напряжениям соответственно при линейном и точечном контактах.

Коэффициент асимметрии нагрузки (и напряжений) в каждом цикле пуска и торможения лифта определится как $r_i = (P_{ci} + P_{ai})/(P_{ci} - P_{ai})$, где P_{ai} и P_{ci} - амплитуда колебания нагрузок и статическая нагрузка в каждом цикле работы лифта определится (см. 15.10).

При оценочных расчетах долговечности деталей лифтов по зависимости 15.18 можно использовать среднее значение коэффициента асимметрии $r_c = (r_г + r_п)/2$, где $r_г$ и $r_п$, коэффициенты асимметрии, полученные при пуске и торможении лифта соответственно с номинальной нагрузкой и порожней кабиной. Если имеются данные экспериментов по средним величинам $\sigma_{гд}$ для среднего значения r_c для деталей и N_0 то определив $\sigma_н$ и $K_р$ из (15.19) по зависимости 15.18 можно ориентировочно определить среднее (вероятность 0,5) количество циклов перемен напряжений N_c, которое выдержит деталь до появления макротрещины усталости.

$$N_c = \frac{\sigma_{гд}^m \cdot N_0 \cdot K_р}{\sigma_н^m} \qquad (15.20)$$

Тогда средний срок службы например элементов металлоконструкций кабины лифта и рамы лебедки определятся в часах как $T = N_c/n_c$, где n_c - число включений лифта в час. При расчете, например, валов лебедок по напряжениям изгиба, один цикл изменения которых по симметрическому закону определяется одним оборотом вала, средний срок службы его в часах определится как $T = N_c/60n_в$, где $n_в$ - частота вращения вала в $^1/_{мин}$. При этом коэффициент асимметрии изгибных напряжений $r = -1$ и соответственно нужно принять $\sigma_{гд} = \sigma_{-1д}$. Количество циклов изменения касательных напряжений в валах от кручения также как и нагрузки, действующей на КВШ будет равно N_c. Следует отметить, что пока в литературе отсутствуют методики расчета долговечности конкретных элементов лифтов по их усталостной прочности, которые давали бы достаточно надежные результаты. Поэтому задачу разработки достаточно надежных методов оценки срока службы элементов лифтов по их статической и усталостной прочности следует считать очень важной на ближайшие годы. Без решения этих задач очень трудно определять сроки службы и замены лифтов. Анализ состояния методов расчетной оценки долговечности элементов лифтов показывает, что назначенный например в ГОСТ 220011-95 единый срок службы лифтов 25 лет нельзя принять обоснованным.

15.4. Системы качества и сертификации

Системы качества. Проблема обеспечения качества лифтов, как любой другой продукции, требует системного подхода к ее решению. Качество лифтов должно закладываться в первую очередь в процессе их проектирования, обеспечиваться в процессе изготовления и поддерживаться в период их эксплуатации. В последние десятилетия в мировой практике существовало много систем обеспечения качества производства и эксплуатации машин и оборудования.

Наиболее распространенной системой обеспечения качества продукции и услуг, ориентированной на рыночную экономику, в последние годы являются системы качества на основе серии международных стандартов ИСО-9000.

Основополагающие принципы этой системы - ориентация на *требования потребителя и рынка.* Правильное использование этой системы в первую очередь должно обеспечить предприятиям - изготовителям создание конкурентоспособных

на мировом рынке лифтов и соответственно решение их экономических и социальных проблем.

Эта система позволяет оптимизировать управление качеством с точки зрения выгод, затрат и рисков предприятия. Она начинается с маркетинга и изучения рынка сбыта продукции и заканчивается маркетингом по ее сервисному обслуживанию, утилизации и т.п.

Основными направлениями маркетинга в системе качества являются: определение рыночного спроса и сфер реализации продукции; определение требований к качеству продукции; информация руководителей и специалистов предприятия о результатах маркетинговых исследований; завоевание доверия потребителей путем создания имиджа предприятия и надлежащей рекламы.

В системе качества на этапе маркетинга должны быть предусмотрены процедуры, обеспечивающие решение таких задач, как: систематическая оценка качества изготовления продукции; анализ претензий и рекламаций от потребителей; сбор, обработка, хранение и распределение информации о качестве продукции; координация работы подразделений и служб предприятия по предупреждению дефектов; контроль эффективности принятых решений по предупреждению дефектов по оценкам потребителей.

При оценке, например, таких важных показателей качества как надежность изделия необходимо иметь в виду, что потребителя интересуют в первую очередь экономические последствия недостаточной надежности. Например для лифтов это может быть показатель увеличения затрат при эксплуатации из-за недостаточной надежности его элементов. Поэтому в системах обеспечения качества изделий большое внимание уделяют организации их сервисного обслуживания.

Главной целью комплекса работ в системе качества на этапе подготовки производства является создание *управляемых* условий для производственных процессов в строгом соответствии с утвержденной технической документацией. При этом *управляемые* условия подразумевают использование соответствующих методов контроля материалов деталей и изделий, производственного, монтажного и сервисного оборудования, документированных процедур и процессов производства и программ качества.

Системой качества предусматривается разработка процедур по: подготовке и обучению персонала по методам изготовления изделия и контролю их качества на основе минимизации последствий ошибок и максимизации эффективности; формированию рациональных технологических процессов и межцеховых технологических маршрутов; разработке требований по обеспечению точности работы технологического оборудования и процедур контроля и регулирования технологических процессов; планированию норм расхода инструмента, энергоносителей и вспомогательных материалов; разработке и регламентации требований к средствам измерений, контроля и испытаний и организации метрологической экспертизы документации, разработке требований к производственной среде и аттестации рабочих мест.

Большое внимание в системе материально-технического снабжения уделяется процедурам, обеспечивающим стабильное качество получаемых материалов, комплектующих узлов и изделий и ритмичности их поставки. Это обеспечивается: выбором квалифицированных поставщиков; разработкой взаимосогласованных требований к материалам и изделиям; систематическим входным контролем и оценкой качества поступающих материалов и изделий; формированием базы данных о качестве поставляемых материалов и изделий.

Согласно стандартов ИСО-9000 организация на предприятии работ осуществляется на основе сформированной политики и утвержденной программы работ в области качества.

При этом документально должно быть зарегистрировано следующее:

1. Четко определена общая и конкретная по видам деятельности ответственность в области качества.

2. Определены мероприятия, координация и управление различными сопряженными видами деятельности.

Руководство предприятия для проведения работ по обеспечению качества продукции выделяет соответствующие ресурсы, и назначает ответственного члена своей администрации, который должен иметь полномочия для обеспечения разработки системы качества, внедрения и поддержания ее на предприятии в соответствии с международным стандартом.

В соответствии с принципами ИСО-9000 система качества должна быть предметом постоянной проверки и оценки эффективности ее функционирования со стороны руководства предприятия с анализом затрат на обеспечение качества.

Одной из главной задач внедрения на предприятии системы управления качеством в соответствии с ИСО-9000 является обеспечение стабильности качества выпускаемой продукции, удовлетворяющей всем требованиям потребителей, оговариваемых в контрактах.

Разработанная на предприятии система управления качеством в соответствии с ИСО-9000 может быть им сертифицирована в органах, аккредитованных Госстандартом РФ по сертификации систем качества.

Сертификация

Под *сертификацией* принято понимать *действие, проводимое с целью подтверждения посредством сертификата соответствия, что изделие или услуга соответствуют определенным стандартам и техническим условиям.*

Идея сертификации уходит своими корнями во времена создания основ стандартизации, когда производитель тех или иных изделий получал *клеймо, знак, этикетку,* подтверждающие соответствие их качества стандарту. В нашей стране например, к таким процедурам, действовавшим до 1991 г., можно отнести процедуру присвоения знака качества.

Однако, с развитием международной торговли потребовалась разработка единых подходов к сертификации изделий и услуг, которые базируются на подтверждении с помощью Сертификата, полученного от *независимого* от производителя и потребителя Сертификационного органа, что изделие соответствует определенным стандартам или другим нормативным документам. Покупка сертифицированного изделия (услуг) снижает риск покупателя при его приобретении. Поэтому несомненно то, что добросовестно выполненная сертификация изделий и услуг всегда должна способствовать повышению их качества и конкурентоспособности.

В последние годы почти во всех странах действуют два основных вида сертификации - *обязательная* и *добровольная*.

В задачу обязательной сертификации в основном входят проверка продукции или услуг на соответствие законодательным актам, стандартам или другим нормативным документам, гарантирующим *требования их безопасности*, которые направлены на обеспечение жизни, здоровья потребителей и охраны окружающей среды, предотвращение вреда имуществу потребителей.

Обязательная сертификация товаров и услуг на этой основе, в том числе и лифтов, в нашей стране введена с 1992 г. и проводится в соответствие с системой сертификации ГОСТ-Р-92. Проведение такой сертификации для лифтов осуществляется *органом по сертификации*, который получает аккредитацию от Госстандарта и Госгортехнадзора РФ. Орган по сертификации проводит сам необходимые испытания и контроль за испытаниями или осуществляет надзор за этой деятельностью, проводимой по его поручению специальными аккредитованными лабораториями или техническими центрами (см. выше раздел 14.7).

При положительных результатах оценки качества лифта требованиям, Орган по сертификации выдает *«Сертификат соответствия»*, который позволяет заводу-изготовителю продавать лифты.

В требованиях, которым должен удовлетворять лифт при обязательной его сертификации, обычно входят в первую очередь требования по безопасной его эксплуатации, изложенные в ПУБЭЛ и в ГОСТе.

Необходимо отметить, что большинство передовых зарубежных фирм, производящих лифты, не ограничиваются получением на свою продукцию обязательных *сертификатов соответствия*, а широко используют добровольную сертификацию систем управления качеством своих предприятий в режимах вышеописанной системы по ИСО-9000. Наличие таких сертификатов, гарантирующих стабильность качества производства лифтов, позволяет им выигрывать в конкурентной борьбе на большом мировом рынке лифтов. К сожалению, отечественные производители лифтового оборудования и лифтов в целом, также как и организации, занимающиеся их сервисным обслуживанием, пока еще не используют такой мощный рычаг как создание сертифицированных систем управления качеством на своих предприятиях в повышении качества лифтов и сервисных услуг и тем самым в конкурентной борьбе.

Учитывая, что безопасность и многие другие качества работы лифтов, в большой степени зависят от качества их сервисного обслуживания, которым в последнее время занимаются часто недостаточно подготовленные и не оснащенные необходимым оборудованием малые предприятия, следует считать необходимым разработку в ближайшее время необходимых требований и введение обязательных сертификатов или лицензий на проведение таких услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Архангельский Г.Г. Техника инструментальных испытаний строительных машин. М.: МИСИ, 1977, 131 с.
2. Архангельский Г.Г., Вайнсон А.А., Ионов А.А. Эксплуатация и расчет лифтовых установок. М.: МИСИ, 1980, 128 с.
3. Архангельский Г.Г., Ионов А.А. Основы расчета и проектирования лифтов. М.: МИСИ, 1985, 73 с.
4. Архангельский Г.Г., Ионов А.А. Расчет лифтов на микро-ЭВМ. М.: МИСИ, 1989, 105 с.
5. Архангельский Г.Г. Расчет ловителей резкого торможения кабины лифта с учетом пластической деформации поверхности направляющей. Исследование строительных машин. Сборник научных трудов. М.: МИСИ, 1993, 5 с.
6. Архангельский Г.Г. Динамика канатной подвески противовеса лифта. Строительные и дорожные машины. М.: Машиностроение, № 9. 1996, 3 с.
7. Алферов А.К. Централизованное техническое обслуживание парков строительных машин в дорожных строительных организациях. М.: Транспорт, 1968, 235 с.
8. Богородицкий М.Д. и др. Привод раздвижных дверей кабины лифта. Авторское свидетельство № 1648877. Заявка № 4694818. Приоритет изобретения 5 апреля 1989 г.
9. Бродский М.Г., Вишневецкий И.М., Грейман Ю.В. Безопасная эксплуатация лифтов. М.: Недра, 1975, 124 с.
10. Васильев М.И., Бродский М.Г. Монтаж лифтов. М.: Стройиздат, 1975, 223 с.
11. Волков Д.П., Ионов А.А., Чутчиков П.И. Атлас конструкций лифтов. М.: Машиностроение, 1984, 60 с.
12. Волков Д.П., Чутчиков П.И. Надежность лифтов и технология их ремонта. М.: Стройиздат, 1985, 130 с.
13. Волков Д.П., Чутчиков П.И., Прокофьев А.К. Диагностирование узлов и подсистем лифтов. М.: Стройиздат, 1981, 128 с.
14. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высшая школа, 1979, 400 с.
15. Волков Д.П. Динамика и прочность одноковшовых экскаваторов. М.: Машиностроение, 1965, 464 с.
16. Волков Д.П. Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1992, 448 с.
17. ГОСТ 2201195 Лифты пассажирские и грузовые (Технические условия). Минск, 1995.
18. ГОСТР системы сертификации. Москва, 1992.
19. Добронравов С.С., Дронов В.Г. Машины для городского строительства. М.: Высшая школа, 1985, 325 с.
20. Ермишкин В.Г. Техническое обслуживание лифтов. М.: Недра, 1977, 326 с.
21. Егоров К.А. Системы управления пассажирскими лифтами. М.: Стройиздат. 1977, 250 с.
22. Злочевский А.Б. Измерение динамических параметров конструкций и воздействий. Часть 1. М.: МИСИ, 1977, 91 с.
23. Злочевский А.Б. Методы регистрации и обработки результатов динамических испытаний конструкций. Часть 2. М.: МИСИ, 1977, 84 с.
24. Ивашков И.И., Бовин Г.М. и др. Подъемники. Машгиз, М.: 1957, 312 с.
25. Инструкция по монтажу лифтов. АО Союзлифтмонтаж. М.: ЦБНТИ, 1992, 80 с.
26. Инструкция по монтажу лифтов. ВСН 210-80 ММСС СССР. М.: ЦБНТИ Минмонтажспецстроя, 1983, 113 с.
27. Инструкция по монтажу лифтов. 4П.933.ИМ., М.: Гипротехмонтаж, 1989, 84 с.
28. Инструкция для проведения работ при замене лифтов в эксплуатируемых зданиях с использованием кабины. 4П.929.ИМ.М, М.: Гипротехмонтаж, 1989, 87 с.

29. Корнеев Г.К., Коротов М.Г. и др. Лифты. М.: Машгиз, 1958, 567 с.
30. Крагельский И.В., Виноградова И.Э. Коэффициенты трения. М.: Машгиз, 1955, 186 с.
31. Крайнев А.Ф. и др. Конструирование машин. Справочник. Том 2. Под редакцией Фролова К.В. М.: Машиностроение, 1994, 830 с.
32. Лифт пассажирский. Инструкция по эксплуатации 0411К.00.00.000.ИЭ. КМЗ, М.: 1991, 117 с.
33. Лифт пассажирский. Инструкция по эксплуатации 062103.00.00.000. ИЭ. КМЗ, М.: 1991, 115 с.
34. Лифт грузопассажирский грузоподъемностью 500 кг ПГП-366. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ПГП-366.ТО. КМЗ, М.: 1985, 120 с.
35. Лифт пассажирский грузоподъемностью 320 кг ПП-402А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ПП-402А ТО. КМЗ, Москва, 1990 г, 117 с.
36. Макаров А.Г., Ломакин Т.К. Автоматика скоростных лифтов. М.: Стройиздат. 1989, 175 с.
37. Мозгалевский А.В., Гаскаров Д.В. Техническая диагностика. М.: Высшая школа, 1975, 220 с.
38. Обухов А.И., Рубинштейн Д.А., Склярский Н.М. Монтаж лифтов. М.: Стройиздат, 1977, 192 с.
39. Петров И.В. Диагностирование дорожно-строительных машин. М.: Транспорт, 1980, 144 с.
40. Петров И.В. Ремонт строительных машин на строительной площадке. М.: Высшая школа, 1979, 155 с.
41. Петров И.В. Смазка и заправка строительных машин. М.: Стройиздат, 1973, 166 с.
42. Полковников В.С., Лобов Н.А., Грузинов Е.В. Монтаж лифтов. М.: Высшая школа, 1976, 304 с.
43. Полковников В.С., Грузинов Е.В., Лобов Н.А. Монтаж лифтов. М.: Высшая школа, 1981, 335 с.
44. Правила устройства и безопасной эксплуатации лифтов. М.: Госгортехнадзор, 1992, 176 с.
45. Райков Е.И., Грузинов Е.В. Справочник молодого монтажника лифтов. М.: Высшая школа, 1990, 240 с.
46. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. М.: 1969, 550 с.
47. Ткаченко В.Я. Электропривод лифтов. М.: МИСИ, 1982, 180 с.
48. Технологическая инструкция по монтажу, наладке и эксплуатации узлов и оборудования, применяемых при модернизации лифтов г.п. 350 кг, V=0,65 м/с и г.п. 320 кг, V=0,71 м/с. 1006.00.000.ИЭ. М.: МГП Мослифт, 1995, 87 с.
49. Ушаков П.Н., Бродский М.Г. Краны и лифты промышленных предприятий. Справочник. М.: Металлургия, 1974, 352 с.
50. Федосеев В.И., Гончаров Г.К Безопасная эксплуатация лифтов. Справочное пособие. М.: Стройиздат, 1987, 256 с.
51. Чутчиков П.И. Пассажирские лифты. М.: Машиностроение, 1978, 142 с.
52. Штремель Г.Х. Грузоподъемные машины. М.: Высшая школа, 1980, 304 с.

МОСКОВСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «М О С Л И Ф Т»

125040, Москва, Ленинградский пр-т, д. 26
тел (095)214-52-98, факс (095) 214-60-25

Предприятие «Мослифт», созданное в 1953 г., является крупнейшей в стране специализированной организацией и обслуживает около 60000 лифтов, установленных в жилых и общественных зданиях, офисах, гостиницах, больницах, заводах и т.п.

МГПУ «Мослифт» выполняет полный комплекс работ по монтажу, замене, модернизации, ремонту и техническому обслуживанию лифтов и объединеных диспетчерских систем, а также проводит научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по внедрению в лифтовое хозяйство достижений современной техники.

Предприятие в своей структуре имеет Ремонтно-строительные управления по монтажу и реконструкции лифтов и объединенных диспетчерских систем (ОДС), Специализированные управления по техническому обслуживанию лифтов и ОДС, Автохозяйство, Сервисный Центр, аварийно-диспетчерские службы и другие подразделения, обеспечивающие качественное выполнение работ.

МГПУ «Мослифт» имеет многолетние прочные связи и долгосрочные договора на поставку лифтового оборудования и запасных частей с Карачаровским и Могилеским механическими заводами, Могилеским лифтостроительным заводом, заводами МЭЛ, МЗРТА и рядом ведущих лифтостроительных зарубежных фирм.

С целью продления срока эксплуатации морально и физически устаревших лифтов специалистами предприятия была разработана и внедряется система модернизации лифтов, что позволяет вместо

лифта сделать практически новый вандалозащищенный лифт, в котором широко использованы микропроцессорная техника, современные отделочные материалы, оборудование, электроаппаратура и т.д. Стоимость работ по модернизации лифтов вдвое ниже стоимости его замены.

Выпускаемая продукция Сервисного центра «Мослифта» обеспечивает потребность структурных подразделений в запасных частях для лифтов и ОДС Внедрена технология восстановления оборудования лифтов лебедки главного привода, купе кабины с отделкой декоративным алюминиевым листом, ограничителей скорости, натяжных устройств, электродвигателей и др.

Большая работа проведена по разработке и внедрению частотно-регулируемых электроприводов лифтов с малогабаритными односкоростными электродвигателями и выбором оптимальных режимов работы Это снижает расход электроэнергии на 40% - 60%, повышает комфортность лифта и долговечность оборудования.

При реконструкции ОДС внедряется автоматизированная АУСД-248 нового поколения. Выполненная на базе персонального компьютера Система АУСД-248 имеет расширенные функциональные возможности и предназначена для контроля за работой инженерного оборудования зданий, включая лифты, центральные тепловые пункты, устройства включения и отключения освещения, переговорные устройства, а также позволяет организовать учет энергоресурсов (газ, тепло, электроэнергия, вода) и передачу информации в районные диспетчерские службы. Система обеспечивает двустороннюю связь диспетчера с кабиной лифта, подъездом и техническими помещениями, а также автоматизированный по-адресный учет всех неисправностей инженерного оборудования, времени их возникновения и устранения Модернизация существующих систем ОДС на АСУД-248 позволяет снизить затраты на проведение работ.

АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА
«РУСЬЛИФТ»

**105203, г. Москва, ул. 15-я Парковая, д. 10 А,
тел/факс (095) 965-72-91, 965-04 -57,165-65-62.
Генеральный директор Тишин Виктор Андреевич**

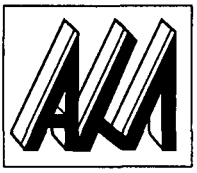
На момент создания в 1967 году в трест «Рослифтремонт» вошли 7 специализированных управлений, на техническое обслуживание принято 1017 лифтов. В 1975 году в составе треста насчитывалось 15 специализированных управлений. 1989 год - количество структурных подразделений выросло до 19, а рост объемов по сравнению с 1967 годом - 50 раз. 1990 год - решением трудового коллектива предприятие было преобразовано в Производственное объединение коллективной собственности «Рослифт». 1993 год - решением Учредительной конференции представителей акционеров в процессе реорганизации создано акционерное общество закрытого типа «РУСЬЛИФТ». В составе общества 6 филиалов:

- филиал «Мособллифт-3», 140012, г. Люберцы, Московской области, ул. Электрофикации, дом 5. Директор - Топорков Алексей Николаевич.
- филиал «Тулалифт», 300002, г. Тула, ул. Арсенальная, дом 63/28. Директор - Минаев Вячеслав Иванович.
- филиал «Белгородлифт», 308600, г. Белгород, просп. Ленина, дом 87. Директор - Тысячный Виктор Петрович
- филиал «Рязаньлифт», 390010, г. Рязань, ул. Дачная, дом 16 - А. Директор - Беспалов Юрий Викторович.
- филиал «Смоленсклифт», 214000, г. Смоленск, ул. Дохтурова, дом 3. Директор - Валдаев Анатолий Михайлович.
- филиал «Люберецкое специализированное монтажно-наладочное управление», 111621, г. Москва, ул. Оренбургская, дом 15. Директор - Пузин Юрий Дмитриевич.

Общество «РУСЬЛИФТ» осуществляет монтаж, ремонт, замену, модернизацию, наладку и техническое обслуживание около 20.000 лифтов различного назначения и других систем инженерного оборудования зданий и сооружений.

Основной вид услуг - техническое обслуживание лифтов в зданиях жилого фонда, обеспечивает свыше 80 % дохода, но в планы АОЗТ «РУСЬЛИФТ» входит:

- расширение сферы деятельности
- сотрудничество со смежными предприятиями на основе прямых договоров
- координация деятельности лифторемонтных организаций: разработка нормативных документов, материально-техническое снабжение (предоставление скидок, товарных кредитов), обеспечение прямых поставок лифтов.



ЗАО Акционерная компания

«Л И Ф Т»

105203, Россия, Москва
12-я Паркавая ул., 5
Тел/факс: (095) 461-1111
Тел.: (095) 461-7174
E-mail: akl@cityline.ru
http://www.user.cityline.ru/~akl

УЧРЕЖДЕНА 16 крупнейшими лифтовыми организациями России и СНГ в мае 1991 г.

В числе учредителей

ЛИФТОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ЗАВОДЫ
КМЗ МЛЗ ЩЛЗ СамЛЗ

ЛИФТОВЫЕ МОНТАЖНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ
"СОЮЗЛИФТМОНТАЖ" "МОСЛИФТМОНТАЖ"
"ЛИФТМОНТАЖНАЛАДКА"

ЛИФТОВЫЕ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИЕ ОРГАНИЗАЦИИ
МГП "МОСЛИФТ" "РУСЬЛИФТ"

ЛИФТОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ
ЦПКБ по ЛИФТАМ "ЛИФТПРОЕКТ"

ПОСТАВЩИКИ ЛИФТОВОЙ КОМПЛЕКТАЦИИ
Завод "МЭЛ" "ИДАЛ" НПО "ЛИФТМАШ" "Сибирский лифт"

АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ "ЛИФТ"

ОСУЩЕСТВЛЯЕТ

✓ Комплексное обслуживание заказчиков по методу:

"ЕДИНЫЙ ЗАКАЗ-НАРЯД"

Проектирование — *Изготовление* — *Монтаж* — *Сдача "под ключ"*

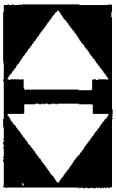
✓ Изготовление и поставку приборов безопасности для лифтов

✓ Поставка запасных частей, комплектующих изделий и материалов для всех типов лифтов и в любых объемах

✓ Эксклюзивная поставка и монтаж пассажирских лифтов европейских фирм

✓ Организация технической учебы и информационное обеспечение

✓ Организация посещений специализированных лифтовых выставок и семинаров



ГОЛОВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО ЛИФТАМ
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЦЕНТРАЛЬНОЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ПО ЛИФТАМ»

Мы являемся одной из старейших фирм в области лифтостроения в России и СНГ:

- по нашим проектам изготовлено свыше 90% действующего парка лифтов в России и странах СНГ;
- в активе наших сотрудников свыше 300 авторских свидетельств и патентов на изобретения по лифтостроению;
- мы располагаем богатым научно-техническим и производственным потенциалом, накопленным десятилетиями, а также нормативной и патентной информацией по лифтостроению и смежным отраслям производства.

ИМЕЕМ ЛИЦЕНЗИИ И ВЫПОЛНЯЕМ:

☑ Проекты лифтов любого назначения и строительных подъемников

☑ Поставку лифтов и комплектующих

☑ Монтаж и пусконаладочные работы

☑ Ремонт, модернизацию электрооборудования и систем управления

☑ Обследование лифтов отработавших нормативный срок

☑ Разработку нормативно-технической документации по лифтам

☑ Сертификацию, испытания и экспертизу лифтов и подъемников

☑ Изготовление оборудования для лифтов и подъемников

☑ Подготовку кадров для обслуживания лифтов и подъемников

109391, Москва, Рязанский просп, 2.
Тел./факс 170-1010, 174-4989

Открытое акционерное общество
Карачаровский механический завод

Карачаровский механический завод был основан в 1950 г. Трудовой путь начался с поставки металлоконструкций для зданий МГУ. Было отлито и смонтировано архитектурно-художественное оформление шлюзов Волго-Донского канала.

Почти сразу завод становится одним из крупнейших предприятий по производству оборудования для строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Его основная специализация-производство лифтов, башенных кранов, нестандартного технологического оборудования для домостроительных комбинатов, а также различных строительных металлоконструкций. Завод принимал участие в строительстве Останкинского телецентра, университета Дружбы народов, гостиниц «Националь» и «Минск». Лифты с маркой «КМЗ» успешно работают в типовых жилых и административных зданиях, а также на таких уникальных объектах, как Дом Правительства России, гостиница «Россия».

За последние годы завод изготовил лифты для банка "Балчуг", центрального банка РФ, Новой Олимпийской Деревни. Завод отмечен свидетельством за лифты для Храма Христа Спасителя.

Высокая надежность лифтов подтверждена опытом многолетней эксплуатации более 160 тысяч лифтов в 26 странах мира.

Большая работа ведется по модернизации лифтового оборудования, находящегося в эксплуатации более 25 лет.

В ближайшем будущем компания предложит самостоятельный монтаж и обслуживание производимых лифтов.

109391, г. Москва, Рязанский проспект, 2

Договорной отдел: ***171-19-11, 171-09-28, 171-64-95, 171-38-06, 171-98-34, 174-42-78***
Отдел сбыта: ***171-33-18***
Отдел главного конструктора: ***171-35-45***

Общая номенклатура продукции, выпускаемая ОАО "Карачаровским механическим заводом":

- пассажирские лифты для жилых и административных зданий и лечебно-профилактических учреждений, г/п от 240 до 1000 кг, скоростью передвижения от 0,71 до 4 м/с;
- лифты для перевозки пожарных подразделений, оснащенные огнестойкими дверями шахты;
- малые грузовые лифты, г/п 100 кг, V=0,5 м/с, с высотой подъема до 45 м;
- грузовые лифты, г/п 500,1000, 2000кг, V=0,5 м/с, с высотой подъема до 75 м;
- электрогидравлические лифты, г/п 630 и 1000 кг, V=0,125 м/с, с высотой подъема 3,5 и 4,5 м;
- лифты специальные;
- запчасти к лифтам;
- краны башенные КБ-504А, КБ-411, КБ-404.4, КБ-414;
- краны стреловые поворотные СПКШ-1 г/п 1000кг, СПКШ-2 г/п 2000 кг;
- подъемники строительные ПГПМ-4272, г/п 1000 кг с высотой подъема до 150 м;
- технологическая оснастка для ДСК;
- алюминиевые конструкции;
- трубчатые леса;
- обрамления дверных проемов для лифтов;
- строительный инструмент.

Общая номенклатура выпускаемой продукции свыше 100 наименований

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО

«ЩЕРБИНСКИЙ ЛИФТОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

142002, г. Щербинка, Московская область, ул. Первомайская, 6.
Телеграф - Щербинка Моск. Лифт. **Телетайп**: 205578 - Лифт.
Дирекция - (095) 712-66-66. **Маркетинг** - (095) 7112-62-81, 712-80-54, 712065-19, 712-66-41, 712-76-09, 712-88-72, факс - (095) 712-6990

ОАО «ЩЛЗ» признан как высококлассный изготовитель лифтового оборудования на территории России и за рубежом.

Специалисты завода постоянно работают над совершенствованием и разработкой новых моделей лифтов, доводя их до современного уровня. Предлагаемое зааводом лифтовое оборудование с успехом работает на всей территории России, в странах СНГ и за его пределами.

В настоящее время заводом освоена вся гамма лифтов, способных удовлетворить любые потребности Заказчиков:

- пассажирские лифты для жилых и административных зданий
- пассажирские лифты для офисов, коттеджей
- пассажирские лифты для лечебно-профилактических учреждений
- грузовые лифты производственного назначения
- малые грузовые лифты
- подъемники для пассажиров в инвалидных колясках
- пассажирские лифты для перевозки пожарных подразделений
- гидравлические лифты

Все лифтовое оборудование изготавливается по передовой технологии с использованием современной элементной базы и материалов.

ОАО «ЩЛЗ» в настоящее время готов поставить Вам Любые современные лифты, в том числе и самые сложные: высокоэтажные (до 27 остановок), с пожаростойкими дверями для перевозки пожарных подразделений. Нашим заводом освоена вся гамма грузовых и пассажирских лифтов от 100 кг до 5000 кг, подъемники для инвалидов, гидравлические лифты. Завод готов изготовить в сжатые сроки любые нестандартные лифты и подъемники, произвести модернизацию или полную замену устаревших лифтов.

Благодаря импортной порошковой окрасочной линии, мы имеем возможность предложить Вам на выбор любой дизайн окраски купе кабин, дверей и оригинальных обрамлений дверей шахты.

Также Вы свободны в выборе систем управления (релейная, микроэлектроника, микропроцессорная), лебедок (в том числе OTIS). Основные узлы в комплектации лифта, например: лебедка, станция управления, привод дверей кабины - в настоящий момент могут конкурировать по качеству с аналогами ведущих мировых фирм-производителей лифтов. Нашим заводом разработаны эксклюзивные дизайны лифтов с применением импортных пластиков и нержавеющих полированных сталей. Все, выпускаемые нашим заводом типовые лифты, комплектуются антивандальными кнопками, из нержавеющей стали, металлическими купе кабины, окрашенными порошковыми красками, поручнями.

АКЦИОНЕРНАЯ КОМПАНИЯ «МОСЛИФТМОНТАЖ»

Наша компания смонтировала более 100000 отечественных и зарубежных лифтов различных конструкций. В настоящее время ОАО «АК Мослифтмонтаж» осуществляет следующие лицензированные виды деятельности: заказ, поставка, монтаж и пусконаладочные работы лифтов отечественного и зарубежного производства. Замена устаревших и вышедших из строя лифтов. Модернизация лифтов. Ремонт и техническая эксплуатация лифтов и систем диспетчерского контроля, инженерная диагностика технического состояния лифтов и ОДС. Посреднические услуги. Подготовка производственных процессов. Производственно-технологическая комплектация. Организация подготовки кадров. Разработка конструкторской документации на оснастку, ее изготовление. Разработка технологических процессов, приемов, способов. Инженерная диагностика технического состояния внутренних систем электроснабжения, их техническое обслуживание и ремонт.

Компания «Мослифтмонтаж» имеет большую производственную базу и структурно состоит из пяти специализированных управлений СУ-145, СУ-162, СУ-165, СУ-177, СУ-190 и управления производственно-технологической комплектации. Компания поддерживает прямые контакты с отечественными и зарубежными производителями лифтов.

Лифты современных моделей смонтированы АК «Мослифтмонтаж» в «Президент Отеле», Международном комплексе на Красной Пресне, в жилых комплексах «Краснопролетарская улица», «Зоологическая улица», гостинице «Университетская», в «Новой олимпийской деревне» и других престижных объектах.

Предлагаем Вам свои услуги по любому из вышеперечисленных видов работ на любой период времени. Мы надеемся, что наши предложения отвечают Вашим требованиям, с удовольствием готовы сотрудничать с Вами и обсудить любые Ваши предложения.

103009, Москва, ул.Большая Никитская, 21/18.
тел 291-21-61, факс 291-21-10
E-mail oit_mlm@cityline.ru

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
ООО ПРЕДПРИЯТИЕ ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР «КОЛИС»

Предприятие Инженерный Центр «КОЛИС» имеет лицензии от Госгортехнадзора России на право проведения следующих видов деятельности:

- проведение экспертизы промышленной безопасности в части идентификации опасных производственных объектов с целью страхования гражданской ответственности организаций, эксплуатирующих опасные производственные объекты;
- проведение экспертизы (с выдачей заключения) организационно-технической готовности предприятий к осуществлению лицензируемого вида деятельности; технического диагностирования и экспертного обследования с выдачей заключения о возможности дальнейшей эксплуатации отработавших нормативный срок службы лифтов;
- проведение технического освидетельствования лифтов;
- проведение обучения и проверки знаний правил, норм и инструкций по безопасному ведению работ у руководящих работников, специалистов, подготовке лифтеров;
- разработка проектов по реконструкции и модернизации лифтов, разработка эксплуатационных документов (дубликатов) по ГОСТ 2.601-68 для находящихся в эксплуатации лифтов;
- заказ и поставку лифтов с заводов - изготовителей;
- обеспечение запасными частями и материалами для ремонта лифтов.

Оплата заказа лифтов, поставки запасных частей и материалов предусматривает гибкую систему скидок, оптимальный выбор лифтов по заводам-изготовителям, в зависимости от их назначения и стоимости.

ООО ПИЦ «КОЛИС» также имеет лицензию от Главгосэнергонадзора Минтопэнерго России № 437-Ц от 24.03.97г. на осуществление монтажа, наладки и ремонта энергообъектов, электроэнергетического оборудования и энергоустановок потребителей.

Для сотрудничества обращаться по адресу:

105203, Москва, ул.15-я Парковая, д.10 А,
тел/факс (095) 965-72-91, 965-04-57,165-65-62

Электронная почта ruslift@asvt.ru

Банк: МБ АК СБ РФ Лефортовское ОСБ 6901/1174, ИНН 7719043743, р/с 40702810938120102410, к/с 30101810600000000342, БИК 044525342

Директор инженерного центра «КОЛИС»

Тишин Виктор Андреевич

г. Москва, Российская Федерация

ЗАО «Предприятие ТОР»

Выполняет

Проектирование и возведение строительной части лифтов с приставными и внутренними шахтами, проектирование установки механического оборудования лифтов, его поставку, монтаж, пусконаладку, сдачу лифтов в эксплуатацию -

Полный цикл работ по установке серийных и индивидуальных, импортных и отечественных лифтов для любых зданий, в том числе для загородных домов и коттеджей.

Одновременно мы являемся соучредителями эксклюзивного поставщика гидравлических и электрических лифтов фирм Европы и официально представляем ОАО «Щербинский лифтостроительный завод»

Работаем с мая 1992 года

На все перечисленные виды деятельности мы имеем лицензии Госстроя России и Госгортехнадзора России

Мы находимся по адресу:
Варшавскому шоссе, дом 42, к. 517,
тел.: 111 93 59, тел.- факс.: 967 12 79

Контактный адрес: 115580, Москва, Кустанайская, 2-1-164, А.Шкрябко.

Н Е Т Э Э Л

ИНЖЕНЕРНЫЙ ЦЕНТР ПО НЕЗАВИСИМОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ ЭСКАЛАТОРОВ И ЛИФТОВ

г.Москва, Ленинградский пр-т,26, тел.(095)214-3637, факс(095)251-6538

Наш Инженерный центр по независимой технической экспертизе эскалаторов и лифтов имеет лицензии Госгортехнадзора России и оказывает следующие услуги:

Экспертиза

- *проведение экспертизы (выдача заключений) по организационно-технической готовности предприятий к осуществлению лицензируемого вида деятельности: консультирование и оказание методической помощи по подготовке документации и технической оснащенности предприятий;*
- *техническое диагностирование и экспертное обслуживание лифтов, отработавших нормативный срок службы, с выдачей заключений о возможности и условии их дальнейшей эксплуатации;*
- *проведение экспертизы (с выдачей заключения), программ, методик испытаний и контроля состояния подъемных сооружений;*
- *исследование лифтов иностранного производства и составление правил безопасности страны-поставщика с правилами, действующими в России;*
- *проведение технического обследования, пуско-наладочных и элетроизмерительных работ на лифтах и эскалаторах.*

Проектирование

- *проектирование лифтов (реконструкция и модернизация действующих лифтов, разработка нестадартезированных лифтов, изготовление дубликатов паспартов и документации для заказа новых лифтов);*
- *разработка эксплуатационных документов.*

Подготовка кадров

- *проектирование обучения и проверки знаний правил безопасности у руководящих работников и специалистов;*
- *подготовка кадров в том числе;*
- *ответственных за организацию работ по техническому обслуживанию лифтов;*
- *ответственных за организацию эксплуатации лифтов;*
- *ответственных за содержание эскалаторов в исправном состоянии и безопасную эксплуатацию;*
- *ответственных по надзору за эскалаторами;*
- *членов квалификационной комиссии предприятий;*
- *специалистов по монтажу лифтов;*
- *лифтеров, операторов;*
- *подготовка специалистов инженерных центров и специализированных организаций для проведения технического освидетельствования; обследования лифтов, отработавших нормативный срок службы.*

Обучение проводится под руководством и при участии представителей Госгортехнадзора России. После обучения присваивается квалификация «специалист-эксперт II уровня».

Мы всегда готовы к оказанию помощи и сотрудничеству с заинтересованными организациями и лицами.

Наши телефоны: 214-3637 Генеральный директор Николаева Е.А.
251-8361 Технический директор Полюдов П.А.

Предприятие «ПОДЪЕМ»
P O D Y O M

ЗАО «Специализированное предприятие Подъем» более чем за 6-ти летний период своей деятельности заняло прочные позиции на лифтовом рынке Москвы и Московской области, являясь одним из самых крупных и стабильных в регионе.

Мы предлагаем полный комплекс услуг по поставке, монтажу, техническому обслуживанию лифтов и эскалаторов как отечественного производства, так и иностранного производства:

- *разработка проектов установки и компоновки лифтов и эскалаторов;*
- *монтаж и пусконаладочные работы на лифтах и эскалаторах;*
- *эксплуатация и ремонт подземных лифтов;*
- *эксплуатация лифтов и эскалаторов.*

Мы сотрудничаем с мировыми лидерами по производству подъемных механизмов, такими как: «THYSSEN», «SCHINDLER», «MGTI», «CIBES», «PARAVIA» и др.

Специалисты нашей фирмы прошли комплексное обучение в учебных центрах Швейцарии, Германии, Франции, что подтверждено сертификатами этих центров.

Предприятие «Подъем» является надежным партнером в сфере подъемно-транспортного оборудования.

Мы обеспечим Вам «Подъем» на новые высоты.

Контактные телефоны: 916-0669
367-7863
700-0069

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА «ЛИФТМОНТАЖ»

123371 г.Москва, Волоколамское шоссе, 114, тел/факс 371-7511

НПФ «Лифтмонтаж» образована в 1991 году. При организации фирмы использован комплексный подход, позволяющий осуществлять научные исследования, проектирование, изготовление, монтаж, эксплуатацию, диспетчеризацию, техническое освидетельствование, диагностирование и экспертизу гидравлических и электрических лифтов включая скоростные.

Фирме предоставлено лицензионное право на все вышеуказанные виды деятельности в пределах РФ. Комплексный подход в организации работ позволил НПФ «Лифтмонтаж» успешно конкурировать на внутреннем рынке РФ с такими фирмами как «ОТИС», «Коне», Карачаровский и Щербинский заводы, а также превзойти их в развитии систем управления электроприводами и автоматикой электрических и гидравлических лифтов.

Успешная работа предприятия была отмечена в 1997 году Международной Академией менеджмента (МАМ) награждением дипломом «Менеджер года» генерального директора НПФ «Лифтмонтаж» Макарова А.Г.

Стратегическим направлением развития НПФ «Лифтмонтаж» в 1998 году была выбрана концепция использования научного и технического потенциала оборонной промышленности при создании новых образцов техники в лифтостроении. Данная концепция позволила НПФ «Лифтмонтаж» выйти на более качественный уровень создания лифтов и решить конверсионные проблемы ряда оборонных предприятий.

Прямое использование продукции оборонных предприятий или использование ее после доработок позволило НПФ «Лифтмонтаж» только в 1998 году создать:

- двухскоростные гидравлические лифты с системой управления;
- малые электрические лифты грузоподъемностью от 100 до 200 кг с системой управления на частотном преобразователе
- новую систему управления скоростным лифтом со скоростью 2-4 м/с с использованием ЭВМ;
- народный лифт с использованием лебедки «Уралтрансмаша» г/п до 400 кг со скоростью 1 м/с.

Многие технические решения защищены Патентами.

Качество выпускаемых лифтов по достоинству оценено заказчиками.

Генеральный директор НПФ «Лифтмонтаж»
Макаров Анатолий Григорьевич

Адрес:109542г.Москва, Рязанский пр-т,98,НПФ «Лифтмонтаж»,
тел/факс 371-7511

Народная фирма «Электропровод»

Завод основан в 1785 году.
С 1905 года началось производство кабелей и проводов.

Крупнейший в России производитель лифтовых кабелей:

- кабели лифтовые круглые марки КПВЛ с количеством жил 6, 12, 18 и 24.
- осваивается производство плоских лифтовых кабелей, соответствующих международным стандартам.

Номенклатура выпускаемых кабелей: волоконно-оптические, радиочастотные, лифтовые, силовые, контрольные, осветительные, теплостойкие, телефонные, малогабаритные, нагревательные, монтажные, авиационные и др.

Сертификаты соответствия Госстандарта РФ, Госкомсвязи РФ, сертификаты пожарной безопасности МВД РФ.

Аккредитованный испытательный центр кабельных изделий.

Современное технологическое и испытательное оборудование, высококвалифицированный персонал, эффективная система качества - гарантии высокого качества выпускаемой продукции.

Наш адрес: 109004, Москва, Таганка,
ул. Малая Коммунистическая, 21
Тел: (095)915-25-19, (095)915-21-52, (095)915-09-10
Факс: (095) 915-08-63, (095) 915-29-18

АОЗТ "ЛИФТМОНТАЖ"

АОЗТ "Лифтмонтаж" имеет многолетний опыт работ по монтажу и наладке лифтов всех типов и соответствующие лицензии Госгортехнадзора РФ. Длительное время мы являлись постоянным партнером Главмособлстроя, выполняя монтаж лифтов на различных промышленных предприятиях и стройках соцкультбыта.

Мы располагаем квалифицированными специалистами и лабораторией входного контроля микроэлектронных станций управления. Многие организации, связанные с монтажом и эксплуатацией лифтов, являются нашими постоянными клиентами в части диагностики и восстановления работоспособности станций управления в гарантийный и постгарантийный периоды.

У нас хорошо налажены связи с заводами изготовителями лифтового оборудования и разработчиками лифтов.

АОЗТ "Лифтмонтаж" считает себя партнером, работающим на перспективу и открытым к взаимовыгодному сотрудничеству.

107076 г.Москва, ул.Стромынка, дом15

☎/факс 268-7858, 268-7819

☎ 268-7961 (лаборатория)

Руководитель: Березин Михаил Иосифович

ИНЖЕНЕРНО-КОНСУЛЬТАТИВНЫЙ ЦЕНТР
ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИФТОВ И ДРУГИХ ПОДЪЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ИКЦ «ИНЖТЕХЛИФТ»

*Лицензия Госгортехнадзора России № **120-00/5612 от 01.04.97***

В соответствии с Положением, согласованным Госгортехнадзором России, за ИКЦ «ИНЖТЕХЛИФТ» закреплен статус Головного инженерно-консультативного центра по лифтам. ИКЦ «ИНЖТЕХЛИФТ» предлагает свои услуги по проведению на договорной основе следующих видов работ:

1. **Экспертиза**
   - организационной и технической готовности предприятий к осуществлению лицензируемых видов деятельности;
   - технических решений по обеспечению безопасности промышленных производств (работ), предусмотренных проектно-конструкторской документацией на лифты;
   - программ, методик контроля и испытаний оборудования производств повышенной опасности (лифты);
   - лифтов на соответствие требованиям Правил Устройства и Безопасной Эксплуатации Лифтов (ПУБЭЛ), ГОСТов и нормативно-технической документации;
2. **Техническое освидетельствование, испытание лифтов и его элементов**
3. **Диагностика лифтов, отработавших нормативный срок службы**
4. **Оказание помощи в организации обслуживания и надзора за безопасной эксплуатацией лифтов**
5. **Подготовка кадров для обслуживания, контроля и технического надзора за лифтами**
6. **Обучение и проверка знаний правил, норм и инструкций у руководящих работников и специалистов, связанных с проектированием, монтажом и эксплуатацией лифтов**
7. **Оказание методической и технической помощи предприятиям, осуществляющим деятельность в области лифтов**
8. **Проведение консультаций по нормативным документам (НД), действующим в России, СНГ и зарубежных странах**
9. **Обеспечение НД в соответствии с закрепленными за предприятиями видами деятельности ГОСТ, ОСТ, РД, ИСО, МЭК**
10. **Разработка НД по оценке технического состояния лифтов и его составных частей (ОСТ, РД, Инструкций)**
11. **Обеспечение нормативно-технической документацией и справочными материалами по следующим направлениям:**
    - техническое освидетельствование, диагностика, испытания лифтов и его элементов;
    - ремонт, эксплуатация, обслуживание лифтов, надзор за безопасной эксплуатацией;
    - лицензирование видов деятельности по лифтам;
    - модернизация лифтов;
    - подготовка кадров, обучение и проверка знаний.
12. **Сертификация продукции строительно-дорожного и коммунального машиностроения.**

ПРИ НАЛИЧИИ ЗАИНТЕРЕСОВАННОСТИ В ПОЛУЧЕНИИ УСЛУГ ПО ДРУГИМ ВИДАМ РАБОТ И НАПРАВЛЕНИЯМ ЛИФТОВОЙ ТЕМАТИКЕ ПРОСИМ НАПРАВИТЬ В ИКЦ «ИНЖГЕХЛИФТ» ВАШИ ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

109240. г.Москва, ул. В. Радищевская, д. 4, стр. 2, тел 915-5277, факс (095) 915-5884

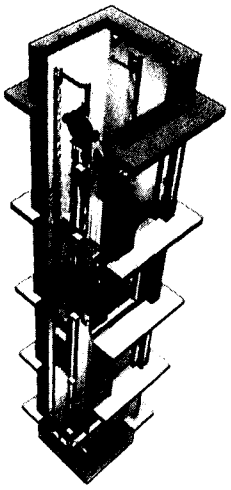
**ДИРЕКТОР ИКЦ «ИНЖТЕХЛИФТ»
ТЕЛ. (095)915- 5277** — **САРВИН ГЕННАДИЙ ПЕТРОВИЧ**

**НАЧАЛЬНИК
ИНФОРМАЦИОННО- АНАЛИТИЧЕСКОГО
ЦЕНТРА** — **ПОРТНОВ ВАЛЕРИЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**

KONE

ПЕРЕДОВАЯ ЛИФТОВАЯ ТЕХНИКА ИЗ ФИНЛЯНДИИ

ФИНСКАЯ ФИРМА КОНЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОДНИМ ИЗ ВЕДУЩИХ МИРОВЫХ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ ЛИФТОВ И ПРЕДЛАГАЕТ ПЕРЕДОВУЮ ЛИФТОВУЮ ТЕХНИКУ С САМЫМИ СОВЕРШЕННЫМИ В МИРЕ СИСТЕМАМИ УПРАВЛЕНИЯ И ПРИВОДА



ЛИФТ *MonoSpase*TM НАЗВАН САМЫМ ИННОВАЦИОННЫМ ИЗДЕЛИЕМ СТРОИТЕЛЬНОГО СЕКТОРА 1997 ГОДА В ЕВРОПЕ И НАГРАЖДЕН ГЛАВНЫМ ПРИЗОМ *«Золотая Пирамида»*

ФИРМА КОНЕ НА ПРОТЯЖЕНИИ ДЕСЯТИЛЕТИЙ ПРЕДЛАГАЕТ И ПОСТАВЛЯЕТ В РОССИЮ ЛИФТЫ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ЗАКАЗЧИКА:

- ПАССАЖИРСКИЕ ЛИФТЫ В ЛЮБЫЕ ВИДЫ ЗДАНИЙ
- БОЛЬНИЧНЫЕ ЛИФТЫ В ГОСПИТАЛИ И КЛИНИКИ
- ГРУЗОВЫЕ ЛИФТЫ СЕРВИСНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
- ЗАПАСНЫЕ ЧАСТИ К ЛИФТАМ
- МОДЕРНИЗАЦИЮ ЛИФТОВ

НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ НАЗОДЯТСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ СВЫШЕ 7000 ЛИФТОВ ПРОИЗВОДСТВА КОНЕ.

ООО КОНЕ ЛИФТ
Чистый пер., 11/7
Москва, 119034
Тел. 241-05-06
Телекс 413003 kone su
Факс 230-24-22

KONE Corporation
00331 Helsinki
Finland
Phone (90) 4751
Telex 124506 kone sf
Fax (90) 475-43-75

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. Общие сведения о лифтах 5

1.1. История развития лифтостроения 5
1.2. Современное состояние, тенденции и перспективы развития лифтостроения 8
1.3. Классификация, кинематические схемы и техническая характеристика лифтов 9
1.4. Общие требования к конструкции и параметрам лифтов 13
1.5. Устройство, компоновка и взаимодействие узлов лифта 15

Глава 2. Основы проектирования вертикального транспорта зданий и сооружений 19

2.1. Расчет производительности и необходимого числа лифтов 19
2.2. Размещение лифтов в зданиях и сооружениях 22

Глава 3. Механизмы подъема лифтов 24

3.1. Требования, предъявляемые к конструкции, и общая характеристика механизмов подъема 24
3.2. Сравнительная характеристика лифтовых лебедок различного конструктивного исполнения 25
3.3. Конструкция и особенности расчетного обоснования параметров канатов и канатоведущих органов лебедок лифтов 31
3.4. Редукторы лифтовых лебедок 48
3.5. Тормоза 53
3.6. Определение массы и уравновешивание подвижных частей механизма подъема 59
3.7. Расчет механизма подъема лифта 62

Глава 4. Кабины 79

4.1. Назначение и устройство кабины лифта 79
4.2. Каркас кабины 82
4.3. Конструкция пола и устройств контроля загрузки кабины 89
4.4. Канатные подвески 94
4.5. Направляющие башмаки 97

Глава 5. Противовесы 101

5.1. Назначение, конструкция и устройство 101
5.2. Динамика нагрузки металлоконструкций каркаса в режимах «подскока» и «затягивания» противовеса 103
5.3. Расчет металлоконструкций каркаса противовеса 109

Глава 6. Двери кабины и шахты 111

6.1. Назначение, классификация и конструкция дверей кабины и шахты 111
6.2. Конструкция и работа механизма привода автоматических дверей 114
6.3. Кинематика и расчет механизма привода автоматических раздвижных дверей 119

Глава 7. Направляющие 128

7.1. Конструкция и установка направляющих в шахте 128
7.2. Расчет направляющих 132

Глава 8. Ловители 137
8.1. Улавливающие устройства и их основные характеристики 138
8.2. Механизм привода ловителей 141
8.3. Конструкция, устройство и принцип действия ловителей 148
8.4. Расчет ловителей 152

Глава 9. Ограничители скорости 162
9.1. Назначение, классификация и общие требования 162
9.2. Конструкция и расчет ограничителя скорости центробежного типа с горизонтальной осью вращения 164
9.3. Конструкция и расчет ограничителя скорости с инерционным роликом 167
9.4. Конструкция и расчет ограничителя скорости с вертикальной осью вращения 170

Глава 10. Упоры и буферы 174
10.1. Назначение, классификация и общие требования 174
10.2. Конструкция и расчет пружинного буфера 174
10.3. Конструкция и расчет гидравлического буфера 178

Глава 11. Шахты, машинные и блочные помещения 182
11.1. Шахты 182
11.2. Машинные и блочные помещения 184
11.3. Определение размеров и нагрузки шахт, блочных и машинных помещений 187

Глава 12. Электропривод и автоматика лифтов 188
12.1. Общие вопросы электропривода лифтов 188
12.1.1. Требования к электроприводам лифтов 188
12.1.2. Оптимальная диаграмма движения кабины лифта 192
12.1.3. Силы и моменты нагрузки электроприводов 197
12.1.4. Режим точной остановки кабины лифта 207
12.1.5. Динамические режимы электроприводов лифтов 220
12.2. Нерегулируемый привод с односкоростным и двухскоростным двигателем переменного тока 252
12.3. Регулируемый привод переменного трехфазного тока 256
12.4. Регулируемый привод постоянного тока 261
12.5. Автоматика лифтов 265
12.5.1. Общая характеристика систем управления 265
12.5.2. Системы управления с контактной логикой 270
12.5.3. Системы управления с бесконтактной логикой 272
12.5.4. Системы управления на базе микропроцессорной техники 273

Глава 13. Монтаж лифтов 278
13.1. Индустриальные методы монтажа лифтов 278
13.2. Подготовка и организация монтажных работ 280
13.3. Оборудование и механизированный инструмент, применяемый на монтаже лифтов 291
13.4. Монтаж лифтовой шахты 294
13.5. Монтаж узлов и деталей механического оборудования лифта 398
13.6. Монтаж электроаппаратуры, кабелей, электропроводки и цепей заземления 336
13.7. Наладка и сдача лифта в эксплуатацию 350
13.8. Техника безопасности при монтаже лифтов 358

Глава 14. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт лифтов 360
14.1. Общая характеристика и организация службы эксплуатации и ремонта лифтов 360
14.2. Приемка лифтового оборудования в эксплуатацию 368
14.3. Система мониторинга технического состояния лифтов на основе диспетчеризации 379
14.4. Периодичность и содержание технического обслуживания и ремонтно-профилактических работ 381
14.5. Смазочные материалы и смазка деталей и узлов 390
14.6. Инструментальные испытания лифтового оборудования 399
14.7. Сертификационные испытания 425
Глава 15. Качество и сертификация лифтов 435
15.1. Показатели качества 435
15.2. Динамика, вибрация и шум лифтов 440
15.3. Оценка долговечности и срока службы лифтов 447
15.4. Системы качества и сертификации 453
Литература 457
Приложения:
Информация о лифтовых организациях 459

Учебное издание

Архангельский Геннадий Глебович
Волков Дмитрий Павлович
Горбунов Эраст Александрович
Ионов Августин Алексеевич
Ткаченко Валерий Яковлевич
Чутчиков Петр Иванович

Лифты

Научный редактор *Волков Д.П.*
Компьютерный набор *Варна М.А.*
Верстка *Радченко И.А.*

Лицензия ЛР № 071618 от 01.04.98
Сдано в набор 20.12.98. Подписано к печати 22.03.99. Формат $70\times100/16$. Гарнитура таймс. Бумага офс.№1. Печать офсетная. Усл.печ.л. 30. Тираж 3500. Заказ № 571

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26
Отпечатано в типографии «Наука», Москва, Шубинский пер., д.6.