

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.

624.4

3-12

К. А. ЗАБЕЛА, Ю. Г. КУШНИРЮК

ПОСОБИЕ
ПО ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИМ
РАБОТАМ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ



ИЗДАТЕЛЬСТВО «БУДІВЕЛЬНИК»
КИЕВ — 1975

42031

Пособие по подводно-техническим работам в строительстве. К. А. Забела, Ю. Г. Кушнирюк. Киев, «Будівельник», 1975, стр. 256.

В справочном пособии содержатся материалы по организации и технологии подводных работ при строительстве причальных, оградительных, мостовых, водозаборных и других видов сооружений, а также трубопроводных и кабельных переходов. Даны сведения о подводных земляных и буровзрывных работах, устройстве каменных постелей и отсыпок, резке и сварке металла, бетонировании, а также строительстве инженерных сооружений (массивы, молы, опоры на сваях и оболочках, колодцы, шпунтовые стенки, слипы и эллинги, подводные тоннели, дюкеры и кабельные переходы). Описаны особенности производства работ в зимнее время. Приведены сведения об оборудовании, применяемом для подводного строительства (краны, плавсредства и др.). Приведены данные, необходимые для расчетов в процессе строительства. Рассчитано на инженерно-технических работников, занятых организацией и производством подводных строительных работ. Рисунков 50, таблиц 155, библиография из 39 позиций.

Рецензент канд. техн. наук И. П. Сафронов

Редакция литературы по специальным и монтажным работам в строительстве
Заведующий редакцией З. Н. Конеева

ПРЕДИСЛОВИЕ

Освоение новых перспективных в экономическом отношении районов, намеченное решениями XXIV съезда КПСС, неразрывно связано с расширением транспортной сети. Благодаря комплексному транспортному строительству в нашей стране коренным образом реконструированы внутренние водные пути, заканчивается создание единой глубоководной сети европейской части и ставится задача о создании единой транспортной системы СССР.

Построены морские порты в Ильичевске, Находке, Петропавловске-Камчатском; речные — в Ленинграде, Рыбинске, Ярославле, Горьком, Казани, Саратове, Куйбышеве и других городах. Выполнены берего-укрепительные работы на Крымском и Кавказском побережьях, а также в городах, размещенных на побережье водохранилищ. Только за восьмую пятилетку построено около 42 тыс. новых механизированных причалов для водного транспорта, что способствовало увеличению грузооборота морского транспорта в 1970 г. по сравнению с 1940 г. в 27,7 раза, перевозки пассажиров — в 3,5 раза, речного транспорта — соответственно в 4,8 и 2 раза.

За годы девятой пятилетки вступят в строй Сургутский, Тобольский, Иркутский и другие порты. Интенсивными темпами развивается железнодорожный и автомобильный транспорт, строятся мосты через Обь и Юганскую Обь на магистрали Тюмень — Сургут, через Амур в Комсомольске-на-Амуре, Днепр — в Киеве, Ангара — в Иркутске, Иртыш — в Омске, на Байкало-Амурской магистрали. Развивается трубопроводное строительство. Только за девятую пятилетку в полтора раза вырастет протяженность нефтегазопроводов в основном при освоении месторождений Западной и Северо-Западной Сибири.

Строительство гидротехнических, мостовых, трубопроводных, дозоборных и других сооружений связано с проведением подводно-технических работ, технология производства которых меняется по мере внедрения новых совершенных конструкций. С помощью подводных телевизионных установок с приемным и передающими устройствами, электронных трассоискателей и службы легких водолазов-аквалангистов производят по-новому монтаж сооружений из массивовой кладки, осуществляют контроль за качеством укладки подводного бетона, подводных трубопроводов и кабелей.

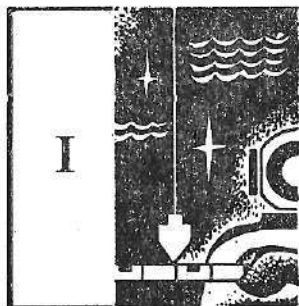
При строительстве глубоководных портовых сооружений возводят набережные из оболочек диаметром 6,5 и 10,5 м, сборных железобетонных элементов большой массы, что возможно благодаря применению новых отечественных плавучих кранов типа «Черноморец» и «Богатырь» грузоподъемностью свыше 100 т.

В результате внедрения новых конструкций, прогрессивной технологии и комплексной механизации работ только в портостроении за последнее десятилетие производительность труда выросла более чем в два раза.

Условия строительства на открытом морском побережье, а также на внутренних водоемах при постоянном волнении воды крайне неблагоприятны, так как вызывают значительные простои кранов, буксиров, понтонов, водолазных станций и рабочих. Поэтому поиск новых, более совершенных материалов, конструкций и технологии производства является важным резервом в снижении трудоемкости работ и стоимости подводного строительства.

Материал, изложенный в настоящем пособии, разработан с учетом современных конструкций и передовой отечественной технологии, что позволит специалистам выбрать наиболее рациональные методы производства подводно-технических работ для различных видов строительства.

Главы I—VIII, X и XI написал К. А. Забела, главу IX — Ю. Г. Кушнирюк. Авторы выражают благодарность рецензенту канд. техн. наук И. П. Сафронову за помощь в работе над книгой.



ПОДВОДНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ

1. Виды обследования

Обследование производится на всех этапах подводных строительных работ: перед началом, в процессе и после завершения строительства объекта. В зависимости от назначения и вида применяемых средств различают обследование с поверхности воды (льда) или водолазное, выполняемое визуально непосредственно под водой.

Подводное обследование с поверхности производят с помощью технических средств (эхолоты, телевизионные установки, трассоискатели и др.), которые позволяют определить глубину водоема, выявить положение и состояние подводных объектов без использования водолазного труда. Целью водолазного обследования является осмотр дна или объекта при помощи различных приборов и приспособлений, которые облегчают проведение работ и качественное их выполнение.

Водолазное обследование производится обычно в условиях пониженной видимости и температуры, а также повышенного давления, что существенно влияет на производительность труда. На глубинах от 12 до 40 м коэффициент полезного времени работы водолаза колеблется в пределах от 1 до 0,2, а на глубинах свыше 40 м этот коэффициент резко падает с увеличением глубины в пределах от 0,2 до 0,02.

Водолазное обследование может выполняться водолазами в вентилируемом снаряжении и водолазами-аквалангистами. Вооруженный аквалангом водолаз имеет значительно большую свободу действий, быстро передвигается во всех направлениях, не касаясь дна и не взмучивая верхний слой грунта, проникает в стесненные места и на значительные глубины (до 40 м). Лучше всего производить обследование в легководолазном снаряжении с аквалангом АВМ-1М или «Украина-2». Это снаряжение позволяет рационально использовать энергию водолаза и производить работы с небольших судов и даже лодок. Кроме того, из двух схем осмотра (горизонтальная и вертикальная) легководолазы производят осмотры по горизонтали, в то время как водолазам в вентилируемом снаряжении легче перемещаться по вертикали за счет заполнения скафандра воздухом или травления его.

В зависимости от технических возможностей, вида и величины объекта устанавливается способ обследования. При выборе способа обследования необходимо учитывать:

точное определение местонахождения объекта;
минимальный объем подводных работ (время пребывания под водой и трудовые затраты водолаза);

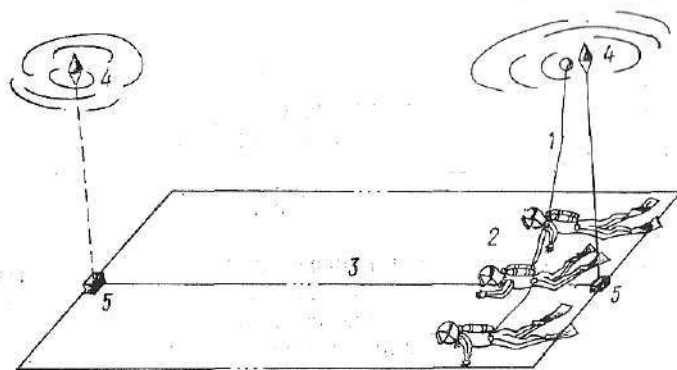


Рис. 1. Схема обследования дна линейным способом:

1 — конец с сигнальным буйком; 2 — соединительные линии; 3 — ходовой конец; 4 — ориентировочные буй; 5 — балластины.

точное обозначение местонахождения объекта на водной поверхности.

Различают обследование дна акватории и подводных сооружений. Есть два способа обследования: линейный и радиальный. Линей-

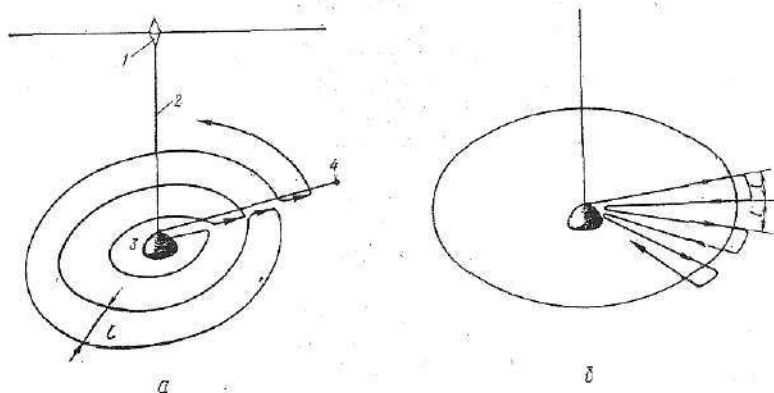


Рис. 2. Схемы обследования дна радиальным способом:

а — кругами; б — лучами; 1 — буй; 2 — спусковой конец; 3 — балластина; 4 — ходовая оттяжка; l — расстояние, равное видимости под водой.

ный применяют при больших, а радиальный при малых площадях обследования.

При линейном способе участок ограждают буйми и балластнами и делят на полосы обследования. Ширина полосы определяется в зависимости от числа водолазов, участвующих в обследовании. При

обследовании полосы тремя водолазами средний движется вдоль ходового конца, а крайние, соединенные с ним линиями, перемещаются параллельно на расстоянии, равном двойной видимости (рис. 1).

При радиальном способе обследование ведется с помощью ходовой оттяжки, закрепленной к спусковому концу, и разбитой узлами на отрезки длиной, равной двойной видимости (рис. 2, а). Разновидностью радиального способа является обследование лучами (рис. 2, б). Расстояния между центрами обследуемых площадей при радиальном способе назначают равным 1,75 радиуса круга.

Обследование сооружений отличается от обследования дна прежде всего положением сооружений. Поэтому оно ведется горизонтальными ходами сверху вниз, если обследуются плоскостные элементы (стенки, опоры мостов, волноломы), и вертикальными, если обследуются сваи, оболочки и т. п. В отличие от обследования дна акваторий обследование сооружений требует определенных знаний их конструкций.

Точность измерений при обследованиях следует принимать в соответствии с допусками [19, 30, 35]:

Размеры поврежденных мест бетонных и железобетонных конструкций, см	±1
Измерение углов наклона вертикальных стенок, мин.	±2
Измерение глубины при отсутствии течения, см	±5
То же, при наличии течения, см	±20
Измерение швов и зазоров в элементах бетонных и железобетонных конструкций, см	±0,3
Точность определения оси трассы подводного трубопровода при слое грунта над ним до 3 м, см	±20÷30
То же, на размытых участках трубопровода, см	±1
Точность определения оси трассы подводного кабеля при глубине слоя грунта над ним до 3 м, см	±10÷15
Определение размеров повреждений каменных постелей и набросок, см	±20

2. Приборы и приспособления

Универсальный водолазный измеритель (рис. 3). Прибор, заменяющий целый набор водолазных инструментов (мерные угольники, Т-образные и Г-образные линейки), снабженный уровнем и планшетом из гетинакса для производства записей под водой обычным карандашом. Предназначен для проведения линейных измерений.

Пузырьковый уровень служит для приведения линейки в горизонтальное положение. Щелемер устроен в виде клина с углом, равным 45°. Катет клина, расположенный на линейке, имеет деления с ценой 1 мм. Если лицевые грани элементов лежат в одной плоскости, то вставив клин между ними, читают ширину шва по отметкам на большей линейке. Если лицевые грани смещены относительно друг друга, то с помощью клина можно одновременно измерять ширину шва и величину выступа (разность отметок у выступающей

и втопленной граней). Замеры бетонных конструкций надо производить в местах, не имеющих сколов. Точность измерения швов щелемером до ± 3 мм. Линейки и рамку для крепления планшета изготавливают из дюралюминия.

Ручной лот. Прибор предназначен для промеров глубин. Для промеров глубин на реках шириной 200—300 м между берегами

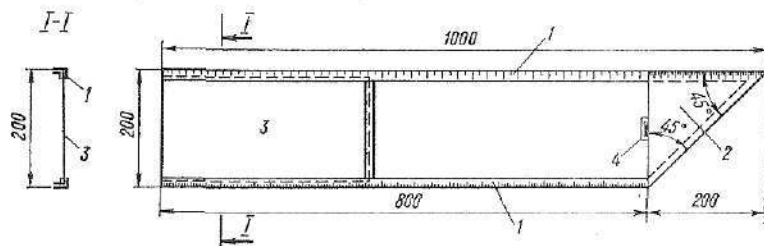


Рис. 3. Схема универсального водолазного измерителя:

1 — линейка с делениями; 2 — щелемер; 3 — планшет; 4 — пузырьковый уровень (размеры даны в мм).

натягивают стальной трос диаметром 3—5 мм. Трос размечают марками через равные промежутки, обычно 1—5 м, на одном берегу крепят к столбу, установленному на промерной магистрали, а на другом — к вороту или лебедке. Затем трос натягивают. Лодка передвигается вдоль троса, а против соответствующих марок измеряется глубина. В промерную книжку записывают номера точек, расстояние до уреза воды и глубину. Обязательно фиксируют горизонт воды на день промера.

Если течение воды отклоняет лот от вертикального положения на угол более 10° , в измеренную глубину вводится поправка в зависимости от угла отклонения. Значение исправленной глубины может быть приближенно вычислено по формуле

$$H = l \cos \alpha - b,$$

где l — длина вытравленного троса, м;

α — угол отклонения троса от вертикали, град.;

b — расстояние от точки подвеса до поверхности воды, м.

Эхолоты. Для промерных работ на реках шириной более 300 м применяют эхолоты. Наиболее удобными в проведении этих работ в процессе строительства являются эхолоты типа ИРЭЛ, ПЭЛ-3 и «Язь» (табл. 1).

Подводный электротензометр (рис. 4). Для измерения напряженного состояния отдельных стальных элементов применяется подводный электротензометр системы А. И. Дунаева.

Прибор устанавливают ножками на исследуемый элемент и закрепляют с помощью струбицы. При деформации элемента база прибора (расстояние между неподвижной и подвижной ножками) меняется, подвижная ножка поворачивается и изгибает пластинку. В результате проволоочные датчики, прикрепленные к пластинке,

Таблица 1. Технические характеристики эхолотов с записывающим устройством *

Наименование показателей	Марка		
	ИРЭЛ	ПЭЛ-3	„Язь“
Диапазоны глубины, м	0,5—20	0,4—200	0,4—160
Вибраторы, шт.	Магнитострикционный, 2	Аккумуляторы	Пьезоэлектрический, 1
Источник питания			
Напряжение, в	12	24	6
Потребляемая мощность, вт	80	80	5
Рабочая частота, кгц	—	—	85
Максимальная скорость судна, км/ч	15	15	4
Точность промеров на глубине до 5 м, см	±10	±10	±10
То же, свыше 5 м, проц.	±2	±2	±2

* Здесь и далее технические характеристики даны по паспортам заводов-изготовителей.

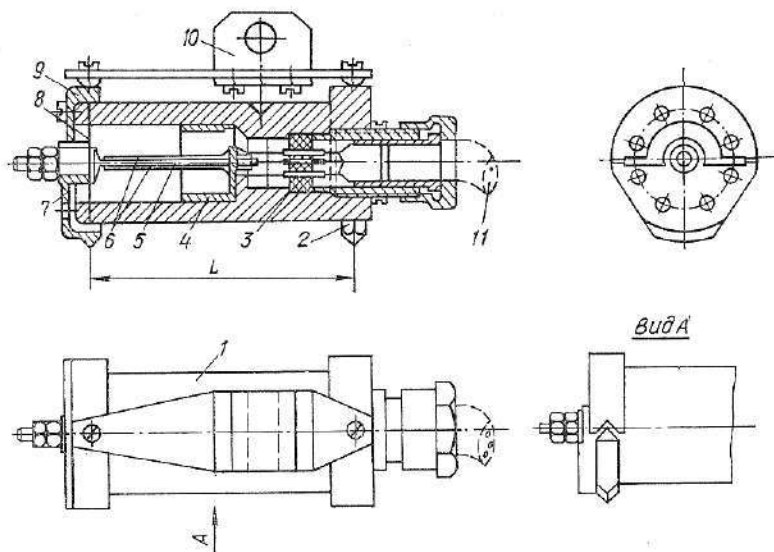


Рис. 4. Схема подводного электротензомера:

1 — корпус; 2 — неподвижная ножка; 3 — панель; 4 — опора пластинки; 5 — пластинка; 6 — датчики; 7 — подвижная ножка; 8 — диафрагма; 9 — полукольцо опорное; 10 — проушина; 11 — провод.

меняют омическое сопротивление. Принцип измерения деформаций деталей основан на зависимости изменения сопротивления проволоки датчика при ее растяжении.

Экспериментально установлено, что при малых деформациях существует линейная зависимость между относительным изменением

омического сопротивления датчика и относительной деформацией его решетки. Эта зависимость выражается формулой

$$\frac{\Delta R}{R} = \beta \frac{\Delta S}{S} = \beta \epsilon,$$

где ΔR — величина изменения сопротивления датчика при деформации, равной ΔS ;

R — номинальное сопротивление датчика;

β — коэффициент тензочувствительности датчика. Принимается для константановой проволоки (сплав 60% Cu и 40% Ni): $\beta = 2-2,1$. Для проволок из других сплавов $\beta = 2-3,5$.

S и ΔS — база датчика, равная длине петель проволоки, и ее абсолютная деформация;

ϵ — относительная деформация датчика.

Таким образом, чтобы измерить деформацию, необходимо измерить величину изменения омического сопротивления датчика. Для этих целей используют регистрирующие приборы (гальванометры или осциллографы).

Основными характеристиками проволочных датчиков являются: база измерения S , омическое сопротивление, величина которого с точностью до 0,1 ом записывается тушью на датчике, и чувствительность датчика β , которая колеблется, как правило, от 2 до 3,5. Проволочные датчики изготовляют с базами от 3 до 100 мм и более и с сопротивлением от 50 до 1000 ом. Наклеивают датчики подводным клеем «Спрут».

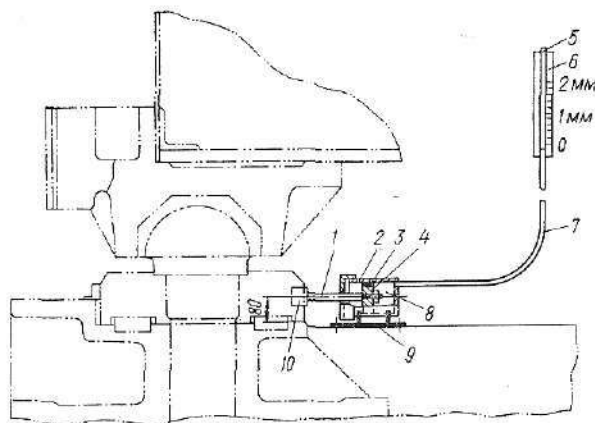


Рис. 5. Схема прибора контроля подвижности пят шлюзовых ворот:

1 — шток; 2 — цилиндр; 3 — уплотнение; 4 — поршень; 5 — стеклянная трубка диаметром 10 мм, длиной 35 см; 6 — шкала; 7 — шланг, выходящий на поверхность; 8 — жидкость; 9 — плита для крепления цилиндра к неподвижной части устройства; 10 — планка для крепления штока к подвижной плите.

Величину относительной деформации в испытываемом элементе определяют по разности отсчетов, снятых до и после нагружения элемента.

$$\epsilon = n(I_2 - I_1),$$

где n — цена деления шкалы гальванометра в единицах относительной деформации, определяемой путем тарировки;
 $I_2 - I_1$ — разность отсчетов по гальванометру.

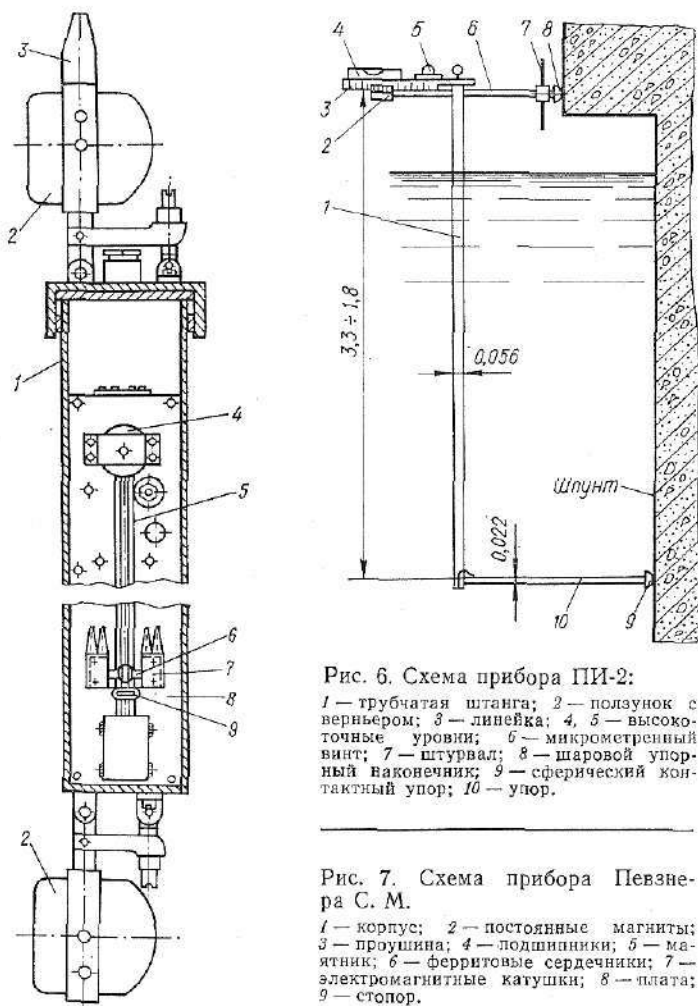


Рис. 6. Схема прибора ПИ-2:

1 — трубчатая штанга; 2 — ползунок с
верньером; 3 — линейка; 4, 5 — высо-
точные уровни; 6 — микрометричный
винт; 7 — штурвал; 8 — шаровой упор-
ный валичек; 9 — сферический кон-
тактный упор; 10 — упор.

Рис. 7. Схема прибора Певзнера С. М.

1 — корпус; 2 — постоянные магниты; 3 — проушина; 4 — подшипники; 5 — маятник; 6 — ферритовые сердечники; 7 — электромагнитные катушки; 8 — плата; 9 — стол.

Прибор для контроля подвижности пят шлюзовых ворот (рис. 5). Для контроля подвижности пят шлюзовых ворот применяют прибор, действие которого основано на принципе гидравлического цилиндра. Цилиндр устанавливают на опорную плиту прибора, закреп-

пленную в непосредственной близости от пяты с таким расчетом, чтобы ось цилиндра совпадала с направлением движения пяты. Плиту устанавливают при опорожненной камере, а цилиндр при необходимости водолазы закрепляют к плите. Измерительную стеклянную трубку выводят на поверхность и закрепляют в вертикальном положении. Уровень жидкости фиксируется по делениям на шкале трубки.

Величину перемещения пяты определяют разностью отметок уровня жидкости при открытом и закрытом положениях створок ворот шлюза по формуле

$$\varepsilon = \frac{f_1}{f_2} h,$$

где f_1 — площадь внутреннего сечения стеклянной трубки, см^2 ;

f_2 — площадь рабочего сечения цилиндра, см^2 ;

h — наибольшая разность отметок уровня жидкости в стеклянной трубке.

Точность показания прибора характеризуется величиной $\frac{f_1}{f_2}$.

Уклономеры. Для определения наклона вертикальных конструкций (шпунтовые стенки, причалы, шлюзы) применяют уклономеры [4].

Измеритель деформации упругой оси ПИ-2 конструкции А. Я. Будина (рис. 6) предназначен для измерения деформации упругой оси стенки. Для этого шаровой упорный наконечник с уровнями и измерительным устройством подвешивают над поверхностью воды на лицевой плоскости стенки. Штанга длиной от 1,8 до 3,3 м, соединяющая упорный наконечник со сферическим контактным упором, ориентируется отвесно в плоскости, перпендикулярной к линии кордона стенки, с помощью уровня и микрометренного винта. Измерение деформации за наблюдаемый период времени производят по разности двух отсчетов.

Более удобным является уклономер С. М. Певзнера (рис. 7). Прибор состоит из двух постоянных магнитов и электрического блока, заключенного в герметичный корпус. Магниты притягивают прибор к стальному шпунту. Работа прибора основана на принципе маятника, подвешенного к оси. Электрическая часть датчика представляет собой генератор с частотой 7 кГц, работающий по дифференциально-мостовой схеме. Питание прибора осуществляется переменным током напряжением 220 или 127 в. Прибор нормально работает в диапазоне температур окружающей среды от $+5$ до $+50^\circ \text{C}$.

Приборы для определения прочности бетона. Для определения прочности бетона под водой неразрушающими методами применяют комплект приборов, разработанных канд. техн. наук В. В. Гончаровым [25].

Прибор ПИБГ-2 предназначен для определения прочности бетона под водой методами шарикового штампа, т. е. измерением отношения величины отпечатков, получаемых на бетоне при вдавливании ударника в поверхность бетона, и отпечатка на эталоне (рис. 8).

Прибор состоит из обушка эталонного молотка, пневматического

ударного механизма с рукояткой, снабженной ударно-спусковым механизмом с предохранителем, зарядным штуцером и регулятором силы удара. Тренога может перемещаться по стволу и быть закрепленной на его конце в рабочем и транспортном положении.

Подготовка ПИБГ-2 к работе заключается в следующем. Регулятор силы удара отводят в крайнее положение, а обушок эталонного молотка после снятия с предохранителя и нажатия на спусковой крючок отводится в крайнее левое положение. Через зарядный штуцер, снабженный обратным клапаном, в ствол ударного механизма насосом накачивается воздух до давления 10—20 *ати* (система прибора ПИБГ-2 герметична и воздух в процессе работы не расходуется). После этого регулятор силы удара перемещают в крайнее левое положение до упора. Прибор, заряженный сжатым воздухом, может использоваться в работе.

Для получения удовлетворительных отпечатков при испытании слабых бетонов (марки ниже М 100) в обушок молотка вставляется эталонная алюминиевая, а при использовании прочных бетонов — стальная пластинка (Ст-3). Тарирование прибора производится по ГОСТ 10180—67.

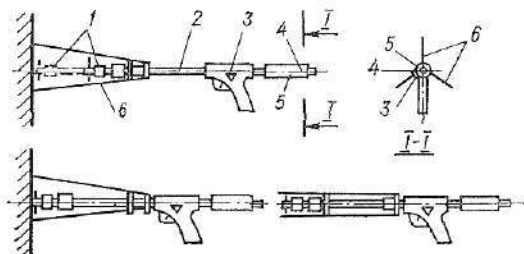


Рис. 8. Схема прибора ПИБГ-2:

1 — обушок эталонного молотка; 2 — пневматический ударный механизм; 3 — рукоятка; 4 — зарядный штуцер; 5 — регулятор силы удара; 6 — тренога.

Техническая характеристика прибора ПИБГ-2

Давление воздуха в камере ударного механизма, <i>ати</i>	10—20
Тип ударного механизма	Пневматический
Рабочий ход механизма, <i>мм</i>	210
Размеры эталонной пластинки, <i>мм</i>	4×12×120
Максимальная длина прибора в рабочем положении, <i>мм</i>	900
То же, в транспортном положении, <i>мм</i>	700
Вес, <i>кг</i>	1,9

Проведение испытаний прочности бетона производится в следующем порядке. Копировальную бумагу с некрашенной стороны предварительно покрывают пленкообразующим водонепроницаемым покрытием, например, нитролаком, за три раза. Высохший лист красящей стороной наружу наматывают на круглый стержень (валик) диаметром 20 *мм*, помещают в полиэтиленовый мешочек и отдают водолазу. Водолаз, выбрав нужное место, очищает скребками поверхность бетона размером 20×30 *см* от наносов и обрастаний. Затем специальным клеем рисует на поверхности бетона рамку размером в лист копировальной бумаги и, приложив копирку красящей стороной на бетон, раскатывает ее этим валиком.

После наклейки копирки водолаз опирает прибор на треногу и в

рабочем состоянии наносит 10—12 выстрелов с расстоянием между ними не менее 30 мм. После каждого выстрела эталонная пластинка примерно на 10 мм передвигается. Копирка в местах нанесения удара оставляет окрашенное пятно по всей площади лунки в бетоне, что обеспечивает хорошую видимость ее под водой. Затем водолаз приступает к измерению лунок в бетоне с помощью аквабетоноскопа АБГ-1.

Аквабетоноскоп АБГ-1 предназначен для замера диаметров лунок в мутной воде (рис. 9). Прибор состоит из герметичного сосуда с дном и стеклянной крышкой. На дне нанесены деления углового масштаба. Для подсветки внутри сосуда установлены светильники универсального питания напряжением 3,5 в. Под светильниками расположены зеркала для равномерного распределения света по дну. При необходимости тумблер обеспечивает переключение светильников автономного пи-

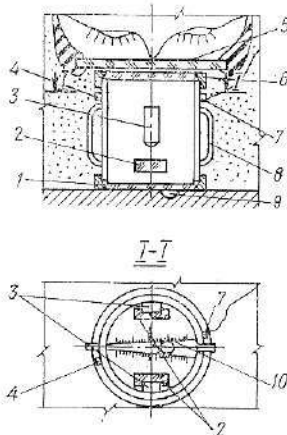


Рис. 9. Схема прибора АБГ-1:

1 — прозрачное дно герметичного сосуда с измерительной линейкой «угловой масштаб»; 2 — зеркала; 3 — светильники универсального питания; 4 — тумблер, обеспечивающий переключение светильников; 5 — маска водолаза; 6 — прозрачная крышка; 7 — колодка подключения кабеля; 8 — ручки; 9 — отпечаток на испытуемом бетоне; 10 — измерительная линейка «угловой масштаб».

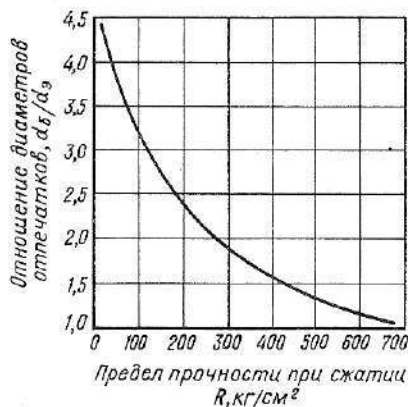


Рис. 10. Зависимость прочности бетона от диаметра отпечатков на бетоне и эталоне.

тания от кабеля, подключаемого в колодке. Для удобства пользования прибор снабжен ручками.

Техническая характеристика аквабетоноскопа АБГ-1

Точность измерения диаметра лунок, мм	±0,1
Светильники подсветки — аккумуляторные с напряжением, в	3,5
Напряжение сети для подзарядки аккумуляторов, в	127—220
Время подзарядки аккумуляторов от сети 127 в, ч	36
То же, 220 в, ч	20
Время непрерывной работы светильников, ч	1
Размеры прибора, мм:	
диаметр	180
высота	300
Бес, кг	8

Измерение диаметра отпечатков производится путем установки аквабетоноскопа на лунку и снятия отсчета с углового масштаба по миллиметровым делениям.

Прочность бетона в зависимости от диаметра отпечатков на бетоне и эталоне определяют по тарировочной кривой (рис. 10).

Телевизионная установка «Краб-2М». При применении телевидения производительность труда по оценке качества строительства сооружений возрастает в 2,5—3 раза. Его целесообразно применять на больших глубинах и с большими скоростями течения воды.

Передвижная телевизионная установка «Краб-2М» состоит из подводной герметичной телекамеры, приемного видеоконтрольного устройства, блока питания и телевизионного кабеля. Передающая часть заключена в водонепроницаемую батисферу диаметром 350 мм и весом 40 кг. Одной из отличительных особенностей телекамеры является то, что благодаря просветляющей насадке она способна вести наблюдение в непрозрачной воде. Для работы в мутной воде на больших глубинах насадка снабжена искусственными источниками освещения.

Источником питания телевизионной установки могут быть автономный бензоэлектрический агрегат АБ-1 или электросеть.

Техническая характеристика телевизионной установки «Краб-2М»

Максимальная глубина погружения телевизионной камеры, м:	
без просветляющей насадки	50
с просветляющей насадкой	30
Наибольшее расстояние между камерой и надводной частью аппаратуры, мм	50
Поле зрения в плоскости иллюминатора просветляющей насадки (при относительной дальности видения белого диска от 0,3 м), м	0,4×0,6
Четкость изображения при освещенности испытательной таблицы 25 лк, телевизионных строк:	
по горизонтали	450
по вертикали	350
Напряжение питания при частоте 50 гц $\pm 4\%$, в	220 $\pm 10\%$
Потребляемая мощность (без осветителей), вт	320
Вес аппаратуры со вспомогательным оборудованием (без автономного источника питания), кг	Не более 250
В том числе:	
передающая камера, кг	40
видеоконтрольное устройство, кг	18

Нормальная непрерывная работа аппаратуры в течение 12 ч обеспечивается при температуре окружающей среды (—5)—(+40)°С для видеоконтрольного устройства и (+2)—(+30)°С для подводной передающей камеры.

При помощи теневого конуса, закрепленного на видеоконтрольном устройстве, можно наблюдать и фотографировать объекты с экрана даже при ярком солнечном освещении. Фотографирование на фотопленку «Фото-65» производят с помощью зеркальных фотоаппаратов типа «Зенит» при выдержке 1/25—1/30 и диафрагме 5,6.

Толщиномер. Для определения толщины металлических шпунта и трубчатых свай пользуются толщиномером, который изготавливают из штангенциркуля. На конце выдвигающейся линейки устраивают выступ. Измерение толщины металла производят следующим образом. С помощью ручной пневмодрели в металле просверливают отверстие диаметром 10 мм. Снимают заусенцы. В полученное отверстие вставляют выдвигающуюся линейку, цепляясь выступом за тыльную сторону шпунта, и перемещают рамку с верньером по линейке до тех пор, пока торцовая плоскость его не коснется поверхности шпунта. Производят отсчет. В каждой точке необходимо производить по четыре измерения при положениях плоскости линейки, отличающихся между собой на 90°. Точность измерения толщины с помощью толщиномера составляет 0,1 мм.

После окончания замеров на отверстия накладывают насадки из стали с помощью подводного клея «Спрут» или приваривают подводной сваркой.

Подводный трассоискатель ПТИ-1М. Обследование заглубленных стальных трубопроводов и кабелей производят с помощью подводного трассоискателя ПТИ-1М, который позволяет определить расположение их в плане и профиле. Принцип действия трассоискателя основан на электромагнитной индукции.

Подводный трассоискатель ПТИ-1М конструктивно выполнен переносными блоками (генератор, искатель) в металлических кожухах. Питается генератор от автономного источника питания постоянного тока 12 в.

Техническая характеристика генератора

Выходная мощность в режиме непрерывной генерации, вт	10
Мощность, потребляемая генератором, вт:	
в режиме непрерывной генерации	Не более 15
с прерыванием сигнала	Не более 1,2
Частота, гц	1000±50
Напряжение питания, в	12±15%
Габаритные размеры, мм	210×150×70
Вес, кг	2,5

Искатель представляет собой приемник магнитного поля. Выполнен в металлическом корпусе цилиндрической формы совместно с антенной и позволяет производить работы под водой на глубинах до 40 м.

Искатель разработан со звуковой индикацией. На выходе при необходимости может также подключаться стрелочный прибор.

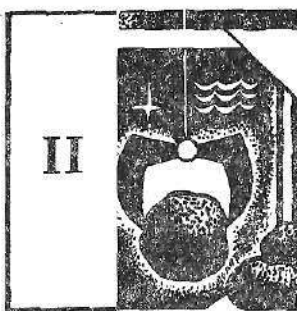
Техническая характеристика искателя

Нагрузка, ом	20—100
Регулировка усиления, Дб	46
Коэффициент усиления, Дб	80
Резонансная частота, гц	1000
Добротность приемного устройства	8—10
Источники питания — элементы ФМЦ-2,25 в 1 компл., шт.	3
Интервал температур окружающей среды (воздуха)	(—40)—(+40)°С
Габаритные размеры, мм	450×180×35
Вес, кг	1,2

Трассоискатель подключается параллельно к телефонной вододлазной связи. С помощью переключателя осуществляется включение на разговоры с поверхностью или прослушивание сигнала при подводном поиске.

42031





РАСЧИСТКА ВОДОЕМОВ

1. Разборка металлических конструкций

Расчленение металлических конструкций производят газовой, электродуговой и электрокислородной резкой. При разделке затонувших ферм мостов иногда целесообразно применять комбинированный метод — сочетание огневой резки со взрывами. Взрывами перебивают наиболее трудоемкие для подводной резки элементы.

Резка металла при извлечении ферм мостов организуется в зависимости от метода отделения элементов. Если отделение элемента производят с конца — «в отвал», то все элементы перерезают сверху вертикальным резом, если из середины конструкции, торезы располагают с таким расчетом, чтобы получался «клин».

При производстве работ по расчленению металлоконструкций необходимо тщательно подготовить места реза, так как неправильный рез не только вызывает защемление отрезанной части, усложняет ее подъем, но и снижает производительность резки. При разделке металлических конструкций необходимо учитывать, что подрезанный металл может внезапно обрушиться на водолаза. Поэтому конструкцию, предназначенную для резки, необходимо остропить и поддерживать во время работы водолаза. Рез следует намечать минимальной длины по наименьшей толщине металла. Если работа включает резку во всех положениях, то водолаз сначала выполняет рез в потолочном положении, затем в вертикальном и в конце — в нижнем. При плохой видимости для соблюдения направления надлежит пользоваться деревянными направляющими шаблонами.

Резка металла малой толщины (до 5 мм) осуществляется перемещением электрода по поверхности металла. При большей толщине из-за недостатка выделяющегося тепла для сгорания металла нижележащих слоев целесообразно углублять электрод в ванну расплавленного металла. При подводной резке угол наклона электрода выбирают в зависимости от толщины металла: чем тоньше металл, тем больше угол наклона электрода. При большой толщине металла наклон электрода уменьшается, и он занимает почти вертикальное положение.

Потребное давление кислорода, подаваемого для резки металла, определяют по эмпирической формуле

$$P = 0,1H + 3 \div 4 \text{ атм},$$

где H — глубина воды, м.

При извлечении разрезанного металла на поверхность отрезанную часть конструкции стропят по центру тяжести или за одну из выступающих частей, кантуют, а затем поднимают обычным способом. Необходимо следить чтобы при подъеме она не цеплялась за другие элементы оставшейся конструкции.

В случае отсутствия кранов при расчистке русла под мостами допускается поднятие металла и других тяжестей с помощью полиспастов, прикрепленных к пролетным строениям. Использование ферм возможно только после поверочного расчета несущих конструкций мостов на прочность.

При разборке пространственных ферм, заиленных грунтом, сначала извлекают узлы, перерезая все связи, а затем линейные элементы.

Резку металла целесообразно совмещать с размывом грунта. Водолаз после определения мест реза выполняет работы поточным методом, т. е. в одном месте он ведет резку металла, а в другом закрепляет гидропульт для размыва грунта, подготавливая место для следующего реза.

Расчленение затонувших плавучих средств является более сложной работой, чем расчленение мостовых конструкций.

Особенностью конструкций плавучих средств является большое количество разнообразных фасонных профилей и сечений, наличие обшивок, затрудняющих резку металла. Для удобства протаскивания шлангов и возможности проникания внутрь затонувшего объекта в нем предварительно вырезают отверстия.

При электрокислородной резке выделяется газовая взрывоопасная смесь. Поэтому при работе в закрытых отсеках необходима вентиляция. Для этого в верхних горизонтах отсека прорезают отверстие и по шлангу подают воздух или отсасывают газовую смесь.

2. Разборка железобетонных конструкций

Наиболее трудоемкой работой при расчистке водоемов является извлечение железобетонных конструкций. Как правило, их расчленяют взрывным способом и извлекают краном. Работы необходимо выполнять последовательно. Так, при разборке опор временных подкрановых эстакад сначала взрывами мелкими зарядами разбивается плита ростверка, затем бетон свай. Сваю, предназначенную для извлечения, вывешивают с помощью крана и поддерживают до тех пор, пока водолаз не перережет арматуру.

Поскольку в железобетоне отсутствует однородность материала и он не испытывает на себе в полной мере разрушительного действия взрыва, при расчленении железобетонных конструкций под водой сначала взрывом выбивают бетон, затем перебивают или перерезают стержни арматуры. Иногда целесообразно мелкими зарядами выполнить под водой дробление железобетонных конструкций на щебень, который оседает на дне. Из воды извлекают только арматурный каркас.

При таком способе разрушения железобетонных конструкций заряды располагают на расстоянии, равном 1,73 радиуса действия заряда (рис. 11).

Вес одного сосредоточенного заряда рассчитывают по формуле

$$Q = 2\alpha\beta R^3,$$

где α — коэффициент прочности материала (для прочного бетона — 1,5—1,8);

β — коэффициент забивки и расположения заряда (при устройстве зарядов в рукавах равен 2, а при накладных зарядах — 4,5);

R — радиус разрушения или толщина перебиваемого элемента, м.

Для выбивания бетона в зависимости от конструкции разрушаемого железобетонного элемента определяют и конструкцию заряда.

Чаще применяют накладные заряды, так как этот способ наиболее прост.

Когда часть конструкции выступает из воды и по условиям производства работ вес заряда ограничен, целесообразно применять одиночные шпуровые заряды. С этой целью небольшой заряд ВВ подвешивают в шпуре таким образом, чтобы над зарядом и под ним остались воздушные промежутки, а устье шпура заполняют забросным материалом. При взрыве температура и давление внутри шпура резко повышаются, что приводит к разрушению бетона по всей длине шпура. Применение зарядов с воздушными промежутками позволяет сократить расход ВВ.

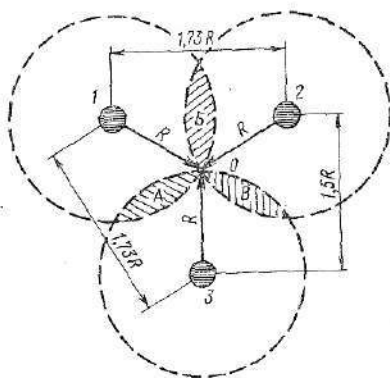


Рис. 11. Схема размещения сосредоточенных зарядов при дроблении железобетонных конструкций:

1, 2, 3 — заряды ВВ; О — точка, равноудаленная от центра зарядов; А, Б, В — зоны наибольшего разрушения бетона; R — радиус действия взрыва.

3. Разборка ряжей

При разборке ряжей наиболее трудоемкой является уборка камня из ряжа.

Разборку ряжевых опор под водой выполняют в такой последовательности. Вначале убирают, если в этом есть необходимость, каменную наброску за пределами ряжа с таким расчетом, чтобы верх корзины, предназначенной для подъема камня, находился на уровне нижнего венца. Затем с помощью узкой ножовки выпиливают или вырубляют окно размером несколько меньшим ширины секции ряжа во втором и третьем венцах снизу. По краям окна

забивают строительные скобы. При извлечении бревен из окна вместо них устанавливают два лома, которые удерживаются забитыми скобами. Корзина для погрузки камня ставится вплотную к ряжу. Верхняя грань корзины должна находиться на уровне низа окна. Достаточно водолазу вытащить нижний лом, и корзина наполнится камнем. Водолаз при этом должен находиться сбоку от корзины. После наполнения корзины «окно» в ряже закрывают, закладывая за скобы сначала верхний, а после расчистки от камня — нижний лом.

По мере освобождения ряжа от камня он всплывает, что позволяет осуществить подводную разборку.

4. Извлечение камней и других предметов

Для извлечения большого количества камней, сосредоточенных в одном месте, применяют грейферные краны. Если место или условия работ не позволяют применять грейферные краны, расчистку русел производят с помощью корзин, заполняемых водолазами вручную. При этом важно уметь регулировать количество воздуха в скафандре для дыхания водолаза.

Для извлечения со дна тяжелых облицовочных камней, имеющих правильную форму, применяют комплект приспособлений, состоящий из скобы, цепного стропа и гидропульта.

С помощью гидропульта размывают наносной грунт на верхней грани или поверхности предмета, чтобы определить его положение и форму. Одной рукой водолаз придерживает гидропульт, а другой опускает скобу и поддевает за нижнюю кромку предмет. Чтобы скоба не соскочила, водолаз придерживает ее до натяжения и, взяв цепной строп в руки, отходит в сторону и наблюдает за процессом извлечения предмета из грунта. После освобождения одной стороны предмета водолаз цепляет его стропом (длиной в 2—3 раза большим скобы) и дает команду о подъеме груза.

Затраты труда на подъем 1 м³ камня или щебня и других предметов приведены в табл. 2 и 3.

Строповку и извлечение из воды крупных камней и валунов, имеющих неправильную форму, можно осуществлять цепным стропом. Он состоит из кольцевой цепи, крюка, четырех цепей и кольца. При строповке кольцевая цепь подводится под основания камня, а крюк зацепляется за одно из звеньев цепи.

При извлечении одиночных камней из оболочек, когда под камень нельзя подвести строповочное приспособление, в камне пробуривают отверстие глубиной 10—15 см с таким расчетом, чтобы оно не проходило через центр тяжести камня. Вставляемый в отверстие штырь при подъеме камня прижимается к поверхности пробуренного отверстия и обеспечивает прочное зацепление камня. Затраты труда на пробивку отверстий в каменных и бетонных стенах даны в табл. 4 и 5.

Отдельные камни весом 100—200 кг можно поднимать при помощи сеток из тросов. Извлечение корчей можно выполнять при помощи хрпа или клещей.

Таблица 2. Затраты труда водолазной станции и рабочих на подъем 1 м³ камня или щебня со дна * [29]

Поднимаемые предметы	Способ подъема	Затраты труда			
		водолазной станции ст.-ч.	рабочих, чел.-ч.	водолажной станции, ст.-ч.	рабочих, чел.-ч.
Камень весом до 50 кг	Корзинами с подъемом: механической лебедкой	0,88	2	0,72	2,4
	ручной лебедкой	1,1	5	0,9	5,1
То же, до 8 кг	То же	1,6	4,55	1,32	4,7
		2,0	9,1	1,65	9,4
Щебень	»	2,32	13	1,84	13
		2,9	13	2,3	13
Камень весом более 50 кг	Захватами или цепями с подъемом: механической лебедкой	1,84	10,5	1,68	12
	ручной лебедкой	2,3	10,5	2,1	12

* Затраты труда на устройство майны при производстве работ со льда приведенными данными не предусмотрены.

** Здесь и далее станции-часы условно ст.-ч.

Таблица 3. Затраты труда водолазной станции и рабочих на подъем одного предмета со дна с помощью плавучих грузоподъемных средств [29]

Поднимаемые предметы, конструкции	Способ подъема	Вес, т, до	Затраты труда	
			водолажной станции, ст.-ч.	рабочих, чел.-ч.
Фермы стальные	Кран	10	2,5	5,8
		50	5	11,4
Обломки железобетонных конструкций	То же	0,1	0,12	0,27
		0,5	0,28	0,64
		3	0,56	1,28
		1,5	0,83	1,9
	Кран-балка с ручной лебедкой	0,1	0,12	0,82
		0,5	0,28	1,9
		3	0,56	3,8
		15	0,83	5,7
Рельсы и трубы длиной до 13 м	Кран	0,6	0,3	0,68
	Кран-балка с ручной лебедкой	0,6	0,3	2,1
Бревна длиной до 6,5 м и диаметром до 30 см	Кран	0,6	0,08	0,18
	Кран-балка с ручной лебедкой	0,6	0,08	0,55

Таблица 4. Затраты труда водолазной станции (А), ст.-ч, на пробивку отверстий в каменных и бетонных стенках водолазом вручную (на 1 м глубины отверстия) и выработка звена (Б), м [29]

Характеристика стенки	Диаметр отверстия, см					
	2,5		5		10	
	А	Б	А	Б	А	Б
Слабая каменная	4	0,25	6,6	0,15	9,8	0,1
Крепкая каменная или бетонная	6,6	0,15	9,8	0,1	13,5	0,07

Таблица 5. Затраты труда на пробивку одного окна в кладке толщиной до 50 см и выработка звена [29]

Наименование показателей	Материал кладки	Размер окна, м²			
		0,25	0,5	0,75	1,0
Затраты труда водолазной станции, ст.-ч	Слабый известняк или кирпич	6,2	7,4	8,2	9,2
	Бетон	9,2	11,5	12,5	14
Выработка звена за 1 ч в окнах	Слабый известняк или кирпич	0,16	0,13	0,12	0,1
	Бетон	0,1	0,08	0,08	0,07

5. Извлечение свай

Сваи удаляют выдергиванием, спиливанием, подмывом и подрыванием.

Выдергивание свай осуществляют при помощи кранов. Так как для выдергивания свай, особенно в начале работы, требуется значительное усилие, то грузоподъемность плавучих кранов должна быть не ниже 20—40 т. Во избежание опрокидывания на кране должна быть предусмотрена электрозащита от перегрузок.

Строповку свай, головы которых находятся под водой, выполняют водолазы при помощи специальных приспособлений.

Для извлечения свай используют также сваевыдергиватели, вибропогружатели или молоты в сочетании с тяговым механизмом. В песчаных и супесчаных грунтах при выдергивании свай эффективен подмыв.

Величина сопротивления грунта при определении мощности выдергивающих устройств принимается, т/м²:

Песок водонасыщенный	0,1—0,2
Песок сухой	0,3
Супесь	0,4—0,5
Суглинок	0,8—1,2
Глина	1,5—3

Часто вместо извлечения можно ограничиться срезыванием или спиливанием свай на уровне дна реки. Для спиливания свай под водой можно пользоваться обычной ножовкой, которой водолаз перепиливает сваю на необходимой отметке.

Удобен в работе подводный сваерез конструкции Г. Г. Мигалина. Он представляет собой прямоугольную металлическую раму, на которой прикреплены два телескопических гидродомкрата грузоподъемностью 40—20 т. К поршням домкратов прикреплены стальные ножи, которые при работе передвигаются по принципу гильотины навстречу друг другу в специальных направляющих. Домкраты приводят в действие нагнетанием жидкости (трансформаторное масло) через насосную установку, которая включает в себя топливный насос высокого давления до 120 атм, работающий от электромотора мощностью 1 квт и скоростью 1450 об/мин.

Производство работ по срезке свай сводится к следующему. На удлиненной стреле небольшого по грузоподъемности плавучего крана на рабочем тросе подвешивают сваерез. Насос с электромотором помещают на площадке крана. От насоса к домкратам подводят металлические шарнирные трубки. Сваерез надевают на сваю и опускают на дно. Включают мотор, приводящий в действие высоконапорный насос, которым нагнетается жидкость в домкраты. Жидкость подается до тех пор, пока ножи, связанные с поршнями домкратов, не перережут сваю. Перерезанная свая всплывает или извлекается краном.

После этого вентиль у насоса переключают и открывают вентиль в трубке, по которой жидкость отводится в бачок. Специальными пружинами, которыми снабжен сваерез, поршни возвращаются в исходное положение, а жидкость поступает в бачок.

На перерез одной сваи диаметром 30 см необходимо 2,5—3 мин. Обслуживают установку два рабочих, которые находятся на кране.

Срезку железобетонных свай производят аналогичной установкой, имеющей более мощную раму, гидродомкраты и съемочные клиновые челюсти. Разрушение бетона происходит за счет раскалывания бетона клиньями.

Техническая характеристика установки для срезки железобетонных свай

Число электродвигателей, шт.	2
Мощность электродвигателей, квт	2,8
Сечение срезаемой сваи, см	45×45
Число клиньев, шт.	4
Вес установки, кг	1700
Габаритные размеры, мм:	
длина	2000
ширина	1500
высота	1300

6. Разборка шпунтовых ограждений

Обычно шпунтовые ограждения разбирают с помощью сваевытаскивателей или свайных молотов двойного действия (с небольшими переделками), подвешенных на плавучий копер. Когда невозможно применить сваевыдергиватели, производят электрокислородную резку шпунтовых ограждений.

Резка в вертикальном положении особых трудностей не вызывает. В горизонтальном положении некоторую сложность представляет

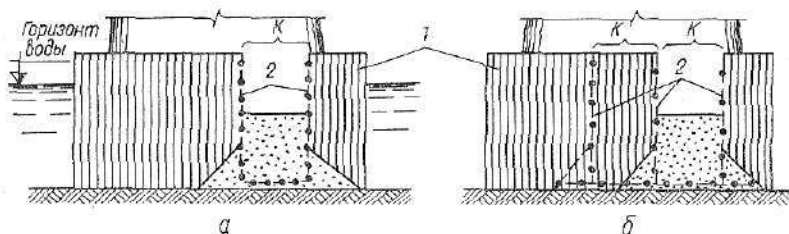
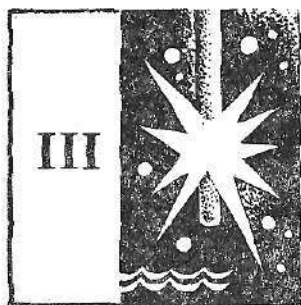


Рис. 12. Резка шпунтовых ограждений картами:

а — с резом на ширину извлекаемой карты; б — на ширину двух и более карт; 1 — шпунтовое ограждение; 2 — линии реза; К — карты.

резка шпунтин в замках, так как последние забиты илом, песком, в них образуется ржавчина и эти места не поддаются расчистке перед резкой. Поэтому при подходе к замку следует увеличить подачу кислорода. Резка шпунтовых ограждений допустима только при застропленных элементах и навитом на лебедку тросе.

Разборку шпунтовых ограждений, заполненных грунтом (например, ограждений островков для опускания колодцев), выполняют путем вырезки карт, состоящих из 8—9 шпунтин. При извлечении карты грунт, находящийся за шпунтом, высыпается, засыпая шпунтовые стенки с наружной стороны (рис. 12, а). Для того чтобы избежать операции по размыву грунта при дальнейшей резке, выполняют горизонтальный рез 16—20 шпунтин. Затем вертикальным резом отделяют карту, состоящую из 8—9 шпунтин (во избежание опрокидывания подрезанного ограждения остальные шпунтины предварительно закрепляют). В результате грунт, высыпавшийся при извлечении карты, закрывает ранее выполненный горизонтальный рез (рис. 12, б), не мешая непрерывному процессу резки шпунта.



ПОДВОДНЫЕ БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ

1. Механические свойства горных пород

Буримость, взрываемость и дробимость горных пород зависят от их механических свойств.

Показатели, характеризующие буримость различных горных пород, приведены в табл. 6.

Сопротивление пород разрушительному действию взрывов характеризуется взрываемостью пород. Значения коэффициентов взрываемости горных пород в расчете на аммонит № 6 приведены в табл. 7.

Дробимость пород — способность их разделяться при взрыве на куски определенной величины. Производственным показателем дробимости служит удельный вес расхода ВВ на единицу объема взрываемой породы, который зависит от геометрической характеристики объекта взрывных работ, условий заложения зарядов и степени дробления породы.

2. Взрывчатые вещества (ВВ)

Для подводных взрывных работ применяют ВВ:

- нормальной мощности (тротил, аммонал и др.) — для подрывания металла, бетона и железобетона, камня, дерева;
- пониженной мощности (аммониты) — для подрывания металла, дерева, грунтов, льда, камня;
- метательные (отходы пироксилиновых порохов) — для подрывания грунтов.

Основные характеристики ВВ, применяемых на подводных работах, приведены в табл. 8.

К водоустойчивым ВВ, изготавливаемым на основе аммиачной селитры, относятся: аммониты В-3, № 6 ЖВ, № 7 ЖВ, скальные аммониты, аммонал ВА-2 и др. Большинство этих ВВ имеют плотность 1,0—1,05. При этой плотности все ВВ взрываются от капсюля-детонатора.

Водоустойчивые аммиачно-селитровые ВВ лучше применять в прессованном или патронированном виде. Кроме того, можно применять и неводоустойчивые аммиачно-селитровые ВВ в герметичной оболочке. Герметичность зарядов обеспечивают специальными гидроизолирующими составами (табл. 9). Температура гидроизолирующего состава должна быть не выше 60° С. В качестве оболочки применяют пакеты из мешковины или крафтцеллюлозной бумаги.

Таблица 6. Классификация горных пород по буримости [38]

Порода	Плотность, кг/м ³	Коэффициент буримости по времени бурения 1 м (бу-линдр, мин. (бу-рм-608))	Строительная группа (категория пород по ЕНП)	Коэффициент крепости по Пролыконову	Твердость по Шаттву, кг/мм ²	Пределное сопротивление сжатию, кг/см ²
Известняк мягкий пористый, песчаник выветрившийся, сланцы глинистые, конгломерат из осадочных пород на глинистом цементе, мергель средней крепости	1500—2600	3,1—3,9	V	3—6	20—50	300—600
Ангидрит, доломит пористый, известняк и песчаник слабые, сланцы крепкие, глубокие породы среднезернистые выветрившиеся, конгломерат из осадочных пород на известковом цементе	2200—2800	4—5,4	VI	5—8	40—100	500—800
Известняк, доломит и песчаник плотные, сланцы окварцованные, изверженные породы мелкозернистые выветрившиеся, конгломерат из осадочных пород на кремнистом цементе	2400—2800	5,5—7,3	VII	7—10	100—200	700—1000
Известняк крепкий, доломит плотный, песчаник кремнистый или на кварцевом цементе, доломит крепкий, кварцит сланцевый, глубокие крупнозернистые неветрившиеся породы, конгломерат с галькой из изверженных пород на известковом и кремнистом растворе	2600—2900	7,4—9,8	VIII	9—12	150—300	900—1200
Известняк весьма крепкий, глубокие среднезернистые породы со следами выветривания, кварцит с заметной сланцеватостью	2600—3000	9,9—13,3	IX	12—14	250—400	1200—1400
Сланцы окремненные, кварцит без сланцеватости, глубокие мелкозернистые неветрившиеся породы, излившиеся породы без следов выветривания, диабаз крепкий, незатронутый выветриванием	2600—3000	13,4—18	X	12—16	350—600	1200—1600
Сланцы кремнистые, кремнь, кварцит мелкозернистый, изверженные, мелкозернистые породы, не затронутые выветриванием, диабаз особо крепкий	2600—3200	18,1 и более	XI	16—20 и более	500 и более	1600—2000 и более

Таблица 7. Коэффициенты взрываемости горных пород (на аммонит № 6 [38])

Порода	Группа (категория) пород по ЕНПР	Расчетный удельный расход ВВ K_n для зарядов рыхления, $кг/м^3$	Расчетный удельный расход ВВ K_n для зарядов нормального выброса (коэффициент взрываемости), $кг/м^3$
Песок плотный	—	—	1,5—1,7
Песок влажный	—	—	1,2—1,3
Суглинок тяжелый	II	0,35—0,40	1,0—1,15
Глины крепкие	III	0,35—0,40	1,0—1,3
Лесс	I—III	0,3—0,45	0,9—1,3
Мел	IV	0,25—0,3	0,8—0,95
Гипс	IV	0,35—0,45	1,0—1,3
Известняк-ракушечник	V—VI	0,5—0,6	1,5—1,75
Опоки, мергель мягкий и средней крепости	IV—V	0,35—0,45	1,0—1,3
Туфы, пемза плотная	V	0,45—0,5	1,3—1,5
Конгломерат и брекчия на известковом цементе	V—VI	0,4—0,5	1,15—1,4
Песчаник на глинистом цементе, сланец глинистый, мергель крепкий	VII—VII	0,4—0,5	1,15—1,4
Доломит, известняк, магнезит, песчаник на известковом цементе	VII—VII	0,45—0,6	1,3—1,7
Известняк-песчаник	VII—IX	0,45—0,7	1,3—2,1
Гранит, диорит	VII—X	0,5—0,7	1,5—2,15
Базальт, андезит	IX—XI	0,6—0,75	1,75—2,3
Кварцит	X	0,5—0,6	1,5—1,75
Порфирит	X	0,7—0,75	2,1—2,15

3. Средства взрывания

К средствам взрывания под водой относятся: электродетонаторы, детонирующий шнур и промежуточные детонаторы (шашки).

Электродетонаторы состоят из капсуля-детонатора № 8, в дульце которого вмонтирован электровоспламенитель. Электродетонаторы бывают мгновенного (ЭД), замедленного (ЭДЗД) и короткозамедленного (ЭДКЗ) действия. Интервалы замедления для различных марок электродетонаторов, *мсек*:

От ЭДКЗ-1 до ЭДКЗ-6	25—250
От ЭДЗ-Н до ЭДЗ-Н-16	15—300
От ЭДЗ-Н-17 до ЭДЗ-Н-30	350—1000

Детонирующий шнур (ДШ) предназначен для бескапсюльного взрывания зарядов. Для подводных работ целесообразно применять детонирующие шнуры в полиэтиленовой оболочке марок ДШТ-165, ДШТ-180, ДШТ-220 диаметром 6,0—10,5 мм со скоростью детонации 7000—7500 м/сек.

Для взрывных работ применяют провода с медной или алюминиевой жилой, малым удельным сопротивлением, обладающие механической прочностью при натяжении и хорошей гибкостью. Сечение жилы магистральных проводов должно иметь не менее 0,75 мм²,

Таблица 8. Характеристики водоустойчивых ВВ [38]

Взрывчатые вещества	Плотность, г/см ³	Объем газов, вы- деляющихся при взрыве 1 кг ВВ, л	Теплота взрыва, ккал/кг	Температура взрыва, град С	Скорость детона- ции, м/сек	Передача детона- ции, м/сек	Бризантность, мг	Работоспособ- ность, см ²
Тротил:								
чешуированный	0,9	730	850	2950	4000—4500	—	6—8	270—300
прессованный	1,5	730	1010	2950	5700—6000	—	22—24	270—300
гранулирован- ный	1,55	730	1010	2950	500—6000	—	23—25	270—300
Бездымный пиро- ксилиновый порох	1,37	—	—	600	6000	—	14	370
Аммонит № 6 ЖВ	1,1	945	1025	2600	3600—4200	5—10	14—16	360—380
» № 7 ЖВ	1,05	979	910	2300	3500—3900	4—6	13—15	350—370
Динафталит	1,05	920	950	2650	3500—4500	4—6	15—16	320—360
Аммонит В-3	1,0	910	1000	2300	3600—4000	3—6	14—15,5	360—370
» скальный № 1 ЖВ								
прессованный	1,5	830	1290	3400	6000—6500	5—9	23—27	450—480
Детонит 6А	1,1	845	1165	3200	4900—5200	6—12	—	—
» 10А	1,1	875	1174	3400	5100—5400	7—15	16—20	420—450
Аммонал водоус- тойчивый	1,05	845	1156	4000	4000—4500	4—8	16—18	400—430
Динамит 62-про- центный трудно- замерзающий	1,45	634	1200	4040	6000—7000	8—10	15—20	380—420
Победит ВП-2	1,20	790	910	2400	3800—4300	6—20	14—18	320—340

Таблица 9. Рецепты гидроизолирующих составов для оболочек неводоустойчивых ВВ [29]

Температура воздуха, град С	Гидроизолирующий состав, проц. по весу		
	Нефтебитум	Солидол	Клебмасса
Ниже 0	95	5	—
От 0 до 20	100	—	—
Свыше +5 до 20	—	—	100

а соединительных участков и концевых может быть меньшим. В современной практике применяют провода ВМВ-500, ПВ-500, ПР-500 и АПР-500.

4. Приборы для взрывных работ

Для измерения сопротивления взрывной сети, электродетонаторов и проверки исправности проводов используют линейный взрывной мост ЛМ-48 и омметр взрывных цепей ОВЦ-2.

Для взрывания сетей в качестве источника тока применяют взрывные машинки или используют осветительные линии переменного тока 110 и 220 в. Взрывные машинки бывают динамоэлектрические ПМ-1 и конденсаторные (КПМ-1 А, КПМ-2, ВМК-1/100, ВМК-1/35, БКВМ-1/30, КВП-1/100 М). Недостатком динамоэлектрических машинок является малая мощность. Однако их можно применять на подводных взрывных работах. Конденсаторные взрывные машинки имеют напряжение до 1500 в. Накопление электрического тока в

Таблица 10. Применение взрывных машинок в зависимости от схемы соединения взрывных сетей

Соединение электродетонаторов	Марка						
	ПМ-1	КПМ-1А	КПМ-2	ВМК-1/35	ВМК-1/100	БКВМ-1/30	КВП-1/100М
	Предельно допустимое сопротивление для взрывных машинок, ом						
Последовательное	290	300	950	160	300	90	380
Последовательно-параллельное (при параллельном подключении не более двух групп электродетонаторов)	120	202	425	61	122	39	150

конденсаторах осуществляется за счет заряжания их от индуктора с ручным приводом (тип КПМ и ВМК) и от сухих батарей или элементов (тип БКВМ и КВП).

Применение машинок зависит от сопротивления сети и вида соединения электродетонаторов (табл. 10).

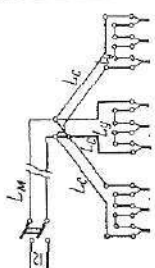
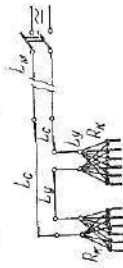
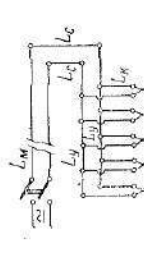
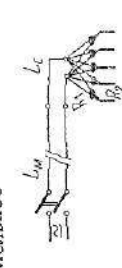
5. Расчеты взрывных сетей

Различают три вида соединения электродетонаторов в электровзрывных сетях: последовательное, параллельное и смешанное. Выбор схемы соединения электродетонаторов зависит от величины, расположения и количества зарядов, характеристики применяемых электродетонаторов и мощности источника тока. Исходными данными для расчета являются: вид, мощность и напряжение источника тока; принятая схема соединения электродетонаторов; количество и расположение зарядов; материал и сечение проводников; марка и сопротивление электродетонаторов.

В результате расчета электровзрывной сети определяют силу тока, которая поступит в каждый электродетонатор.

Формулы, по которым рассчитывают сопротивления и силу тока, которая поступит в каждый электродетонатор в зависимости от вида соединения электродетонаторов в электровзрывных сетях, приведены в табл. 11.

Таблица 11. Формулы расчета электровзрывных сетей

Схема соединения электродетонаторов	Определяемая величина	Формула	Величины, входящие в формулу
Последовательное  Параллельно-пучковое 	Сопротивление с одним ЭД То же, с двумя последовательно соединенными ЭД » параллельно соединенными ЭД Сопротивление магистрали	$R_0 = R_k + r_{эд}$ $R_0 = R_k + 2r_{эд}$	R_k — сопротивление концевых проводов, <i>ом</i>;
Параллельно-ступенчатое 	Сопротивление соединительных проводов Сопротивление участков проводов	$R_{эд} = R_k + \frac{r_{эд}}{2}$ $R_m = 2L_m r_m$ $R_c = L_c r_c$ $R_y = L_y r_y$	$r_{эд}$ — сопротивление одного ЭД, <i>ом</i>; L_m — длина одного провода магистрали, <i>м</i>; r_m — сопротивление 1 <i>м</i> магистрального провода, <i>ом</i>; L_c — длина соединительных проводов, <i>м</i>; r_c — сопротивление 1 <i>м</i> соединительных проводов, <i>ом</i>;
Последовательно-параллельное 	Общее сопротивление электровзрывной сети при соединении: параллельном	$R_{общ} = 2L_m r_m + L_c r_c + L_y r_y + NR_0$	L_y — длина участков проводов, <i>м</i>;

Величины, входящие в формулу	Формула	Определяемая величина	Схема соединения электродвигателей
R_y — сопротивление I и участков проводов, Ом;	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + \frac{R_1}{1} + \frac{R_2}{1} + \dots + \frac{R_n}{1}$	паралельно-лучковым (одинаковое сопротивление всех ветвей)	Паралельно-последовательное
N — число боевиков от взрывной сети;	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + L_{с}r_{с} + L_{y}r_{y} + \frac{R_6}{4}$	паралельно-ступенчатом	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
R_1, R_2, R_n — сопротивление отдельных ветвей, Ом;	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + \frac{L_{с}r_{с} + L_{y}r_{y} + NR_6}{R}$	последовательно-паралельном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
k — число параллельно соединенных групп ЭД (боевиков) в электровзрывной сети;	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + L_{с}r_{с} + L_{y}r_{y} + \frac{NR_6M^2}{R}$	паралельно-последовательном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
M — число последовательно соединенных групп ЭД (боевиков);	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + \frac{L_{с}r_{с} + L_{y}r_{y} + NR_6}{4}$	паралельно-последовательном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
n_1 — общее число ЭД в электровзрывной сети;	$R_{общ} = 2L_{м}r_{м} + L_{с}r_{с} + L_{y}r_{y} + NR_6$	паралельно-последовательном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
n_2 — число ЭД, соединенных последовательно в одной группе;	$R_{л}^1 = n_2 r_{с}^1$	паралельно-последовательном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети
n_3 — число ЭД, соединенных параллельно в одной группе;	$R_{л}^{11} = \frac{r_{с}^1}{n_3}$	паралельно-последовательном	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети

$R_{н.р.} = \frac{n_1 r_{с}^1}{3}$	$R_{общ} = 3L_{м}r_{м} + R_{н.р.}$	$R_{общ} \leq R_{н.р.}$	$R_{общ} \leq \frac{R_{н.р.}}{k^2}$	$I_{ср} = \frac{R_{общ}}{N}$	$I_{ср} = \frac{I_{общ}}{4}$	$I_{ср} = \frac{I_{общ}}{N}$	$I_{ср} = \frac{I_{общ}}{k}$	$I_{ср} = \frac{I_{общ}}{2}$
$R_{н.р.}$ — допустимое сопротивление цепи по паспорту лампы взрывной машинки, Ом;	U — напряжение электрической цепи, В;	$I_{ср}$ — сила тока, проходящаяся на один ЭД, а						
Сопоставление между треугольника при взрывании от трехфазного тока	Общее сопротивление	Электровзрывной сети:	при взрывании от фазного тока	при последовательном соединении при взрывании от взрывных машин	при параллельном соединении при взрывании от взрывных машин	линия при взрывании от взрывных машин	линия при взрывании от взрывных машин	линия при взрывании от взрывных машин
Сила тока в электровзрывной сети	Сила тока, проходящаяся на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении	на один ЭД, при соединении
Парно-последовательное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети	Парно - параллельное в боевиках дублированной сети

6. Организация и проведение буровзрывных работ

В комплекс буровзрывных работ при дноуглублении входят: бурение шпуров (скважин), зарядание, забойка и взрывание внутренних зарядов или укладка и взрывание накладных. Эти работы следует производить законченным циклом, буровые и взрывные работы в дневное время.

Бурение скважин под водой производят с помощью станков и перфораторов (табл. 12).

При малых объемах буровзрывных работ бурение под водой ведут водолазы с помощью перфораторов; при больших — со специально приспособленных плавсредств.

При планировании буровых работ под водой можно принимать прогрессивные выработки при бурении с помощью перфораторов вручную по табл. 13, а станками с погружными пневмударниками по табл. 14.

Если дноуглубительные работы ведут на судовом ходу, то шпур (скважина) бурят поперек течения на одной половине судового

Таблица 12. Применение оборудования при подводном бурении

Тип	Марка	Применение
Станки с погружным пневмударником М-1900 М-1900 УК М-1900-П2 М-32 УУ-7Д Перфораторы	БМК-4	Бурение скважин диаметром 105—150 мм, глубиной до 32 м с углом наклона 60°—90° в породах IV—XI групп на строительных работах
	БА-100	
	БА-100-П1	
	СБМК-5	
	БМП-110	
	БА-100 М	
	ПР-18 ЛУ	
	ПР-19	
	ПР-22	
	ПР-24 Л	
	ПР-30 ЛУ	
	ПР-30 ЛУБ	
	ПР-30 ЛУС	
	ПР-30 ЛР	
	ПР-30 К	
Пневмосверла	СГ-1-2	Бурение шпуров диаметром 38—50 мм, глубиной до 2 м в породах I—III групп
	СПР-11	
	СГ-1	
	СПРП-15	

хода, спускаясь сверху вниз по течению. По окончании бурения шпур (скважина) закрывают пробкой со штырем, выходящим на поверхность. Затем переставляют станок на новое рабочее место. Количество пробуренных скважин зависит от палубы плавучей установки. Целесообразно подбирать такую площадь палубы, с которой можно пробурить не менее 20—30 скважин.

Таблица 13. Прогрессивная выработка шпуров, м, за 1 чел.-день (при шестидневной неделе) [37]

Марка молотка	Длина лезвия коронки или головки бура, мм	Группа породы							
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI

При глубине бурения до 0,5 м

ПР-18 Л	22	135	128	108	93	71	48	36	27
	32	104	100	84	71	55	37	28	21

При глубине бурения 0,5—3 м

ПР-18 Л	42	71	61	51	42	33	27	21	16
ПР-30 Л									
ПР-30 К	42	75	63	50	43	34	27	22	16

Примечания: 1. При глубине бурения от 0,5 до 3 м и других размерах длины лезвия коронки или головок буров выработку умножают на коэффициенты:

Длина лезвия коронки или головки бура, мм	Значение коэффициента
32	1,37
34	1,3
36	1,2
38	1,12
40	1,06
42	1,0
44	0,94
46	0,89
48	0,85
50	0,81

2. При бурении шпуров глубиной более 3 м выработки умножают на коэффициенты:

Глубина шпура, м:

До 4	0,87 (для IV—VII	0,8 (для VIII—XI
До 5	0,77 групп пород)	0,72 групп пород)

Таблица 14. Прогрессивная выработка скважины, м, за 1 чел.-день (при шестидневной рабочей неделе) * [37]

Марка станка	Длина лезвия коронки, мм	Глубина скважины, м, до	Группа пород							
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
БА-100-П1, П-31	95—105	5	30	27	24	20	15	12	10	7
БА-100,										
БА-100М	95—105	15	33	28	24	20	15	12	9	6
БМК-4	105	5	50	39	32	23	17	13	10	7
БМП-110	110—115	5	51	39	29	22	16	12	9	6

* Выработка указана для вертикальных скважин. Для наклонных скважин выработку следует умножать на коэффициент 0,91.

Местное население, проживающее в опасной зоне и вблизи нее, официально оповещают о предстоящих взрывных работах, месте и времени их проведения, границах опасных зон и значении принятых сигналов.

Для перекрытия автомобильной дороги или моста устраивают временные шлагбаумы. Взрывные работы вблизи подводных коммуникаций (кабели, трубопроводы), а также линий электропередач необходимо проводить с разрешения и под наблюдением представителей соответствующих организаций.

Проводить взрывные работы разрешается только лицам, прошедшим специальную подготовку и сдавшим экзамен по специальной программе. Это водолазы-взрывники, получившие Единую книжку взрывника и проработавшие на взрывных работах не менее одного месяца под руководством опытного взрывника.

Всех лиц, привлеченных к подводным взрывным работам, включая обслуживающий и вспомогательный персонал, необходимо проинструктировать по технике безопасности, ознакомить с правилами обращения со взрывными веществами и другими средствами для взрывания и соответственно оформить в журнале по технике безопасности.

Подводные взрывные работы, как правило, выполняют в дневное время при условии отсутствия грозы и волнении водной поверхности не выше 2 баллов, силе ветра не более 4 баллов.

Перед укладкой зарядов на водолазном боте необходимо поднять красный флаг, предупреждающий все суда о взрывных работах. После производства взрыва сигнал опускается. Кроме световых, применяют звуковые оповестительные сигналы: свистки, сирены, рожки.

При производстве групповых взрывов суда, идущие по течению снизу вверх, останавливаются не менее чем за 1,8 км от места взрыва, а суда, идущие сверху вниз — за 1—1,5 км в месте, удобном для разворота и стоянки.

Подготовительные работы (расфасовка взрывчатых веществ, изготовление зарядов и монтаж электровзрывной сети) проводят на берегу. При большом удалении от берега их разрешается проводить на судне в специально отведенном месте с последующей транспортировкой зарядов к водолазному боту на других плавсредствах.

На плавсредства (шлюпки), предназначенные для транспортировки и подачи зарядов водолазу, допускается грузить не более 20 зарядов общим весом до 40 кг. Взрывники укладывают заряды в кормовой части лодки. Перевозка с зарядами других грузов запрещается.

Опускание зарядов из лодки производит бригада из 5 человек: руководитель работ, двое гребцов, взрывник, наметчик.

Для подводных взрывных работ применяются двухпроводная взрывная сеть и водонепроницаемые электродетонаторы. Для предохранения сети от разрывов силой течения заряды между собой дополнительно связывают веревками. Взрывник подает заряд непосредственно в руки водолазу, а шлюпку отводят в сторону на рас-

стояние не менее 6 м. Подача водолазу более одного заряда и подача по сигнальному или другому концам, на проводах и детонирующих шнурах запрещается.

Спуск водолaza с зарядом разрешается только по ходовому концу, закрепленному у места предполагаемого взрыва или вблизи него.

Чтобы заряд при погружении свободно опускался на дно, удельный вес ВВ должен быть не менее 1,3. Если же удельный вес ВВ меньше 1,3, к заряду прикрепляют балласт (камень).

Удельный вес ВВ, $\tau/\text{м}^3$

Аммонит № 6 ЖВ	1,0—1,2
» № 7 ЖВ	0,95—1,15
» № В-3	0,95—1,1
Тротил чешуированный	0,8—1,0
Тротил прессованный и шнековый	1,45—1,55
Тротил литой	1,52—1,58
Бездымный порох	0,5—0,8
Зерногранулиты 80/20	0,85—0,9

После подъема водолaza на поверхность его следует осмотреть: не вынес ли он на снаряжении заряд. Для этого из воды поднимают и водолазный трап.

Проверку исправности электровзрывной сети, подсоединение ее к источнику тока и взрыв зарядов разрешается производить после того, как водолаз будет поднят на поверхность, а плаvasредства отведены на безопасное расстояние, устанавливаемое руководителем работ, не менее чем на 100 м.

Электродетонаторы с константовым мостиком для группового взрывания следует подбирать по сопротивлению. Разница в сопротивлении отдельных детонаторов не должна превышать 0,3 ом.

Проверка электродетонаторов и подбор их по сопротивлению, а также проверка исправности и измерение сопротивления электровзрывных сетей производят приборами, дающими в цепь безопасный ток не более 50 ма.

Спуск водолaza под воду для закладки нового и подъема невзорвавшегося заряда разрешается производить только после отключения источника тока и не ранее, чем через 15 мин. После взрыва заряда провода отсоединяют от источников тока, концы замыкают накоротко, извлекают из воды и сматывают. Невзорвавшиеся заряды взрывают.

7. Виды взрывных работ

Разработка грунта. Для разработки грунта под водой применяют накладные, шпуровые и скважинные (колонковые) заряды ВВ.

Разработка грунта накладными зарядами наиболее проста, но требует большого количества ВВ.

Вес подводного накладного заряда на выброс грунта определяют по формуле

$$Q = K_{\text{подв}} \omega^3,$$

где $K_{\text{подв}}$ — коэффициент, характеризующий податливость взрываемого грунта взрыву ВВ нормальной мощности (тол, мелинит);

ω — линия наименьшего сопротивления (ЛНС), м.

Коэффициент для различных грунтов [19]

Илистые	6—8
Земля плотная	8—10
Песчаные с примесью гальки	10—12
Глинистые	17—20
Трещиноватая скала	60—65
Скала без трещин	160—170

Расстояние между накладными зарядами на выброс по длине траншеи принимается в пределах для плотных грунтов — 0,75—1,00 ω , для трещиноватых — 1,0—1,25 ω ; расстояние между рядами зарядов для плотных грунтов — 0,8 ω , для трещиноватых — 1,0 ω . При толщине слоя воды над зарядом менее двух глубин разрабатываемой траншеи вес заряда рекомендуется увеличивать на 20% при 1,5 ω и на 40% — при 0,7 ω .

При толщине слоя воды над зарядом более 3 м действие взрыва снижается. Оптимальный вес заряда устанавливается опытным взрывом.

Разрабатывая подводные траншеи удлиненными пороховыми зарядами, расход пироксилинового пороха на 1 м длины траншеи определяют по формуле

$$Q = 0,5(B+b)\omega g,$$

где B и b — соответственно ширина траншеи по низу и по верху, м;

ω — глубина траншеи, м;

g — удельный расход пороха, кг/м³ (табл. 15).

Таблица 15. Значение удельного расхода пороха и коэффициента α [19]

Категория пород	Удельный расход пороха g , кг/м ³	Коэффициент α
I	1,28	0,028
II	1,77	0,033
III	1,86	0,034
V	2,60	0,040
VI—XVI	10,00	0,080

Диаметр порохового заряда определяют по формуле

$$D = \alpha \sqrt{\frac{(B+b)\omega}{\Delta}},$$

где α — коэффициент, зависящий от плотности грунта (см. табл. 15);

Δ — плотность порохового заряда, т/м³ (для бездымного пороха принимают 0,5—0,8).

Расчетный диаметр заряда не должен превышать критического диаметра d , установленного в зависимости от марок пороха:

Марка пороха	ВТ	4/1	7/7 — 8/7	9/7	17/7 — 14/7
Критические диаметры, м . . .	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14

При разработке глубоких и широких траншей расчетный диаметр порохового заряда превышает его критический диаметр. В таких случаях вместо одного заряда параллельно укладывают несколько зарядов, количество которых определяется из соотношения

$$n = \frac{D^2}{d^2}.$$

Шпуровые заряды применяют для рыхления скальных пород, если глубина рыхления превышает 0,5 м. Диаметр шпуров обычно не превышает 75 мм, а глубина — 3—5 м. Бурение производят перфораторами. Необходимую величину (вес) заряда определяют по формуле

$$Q = K \omega^3 e_a,$$

где K — коэффициент, учитывающий крепость взрываеваемой породы (табл. 16);

ω — линия наименьшего сопротивления (ЛНС);

e_a — коэффициент, характеризующий работу ВВ.

Таблица 16. Значение K для аммонита в зависимости от крепости грунта [19]

Грунты и материалы	Значение K	
	на рыхление	на выброс
Рыхлые	—	0,50
Гравелистые	0,45	1,36
Мерзлые глинистые	0,40	1,20
Очень плотные пески	0,42	1,29
Плотные суглинки	0,46	1,37
Плотные глины	0,55	1,64
Трещиноватые скальные породы	0,63	1,90
Скальные породы средней крепости	0,59—0,72	1,72—2,15
Гранит и другие крепкие скальные породы	0,7—0,8	2,10—2,58
Бетон	1,2	3,59

Значение e_a для разных ВВ

Аммониты	1,0
Динамит аммиачный 83%	0,70
То же, 63%	0,75
Динамит студенистый 63%	0,88
Тротил (тол)	0,86
Аммонал	0,84
Черный порох	1,70

Расстояние между шпурами, пробуренными в крепких скальных породах, обычно не превышает 1,2 м. Заряды располагают в шахматном порядке.

Скважинные заряды применяют для взрывания удлиненных зарядов в скважинах диаметром до 300 мм. Их рекомендуется применять для рыхления крепких скальных пород на глубину более 2 м при наличии бурового оборудования.

Вес удлиненного заряда определяют по формуле

$$Q = K\omega^3(0,4 + 0,6n^3),$$

где n — показатель действия взрыва (отношение радиуса верхнего основания воронки к ЛНС).

Расстояние между буровыми скважинами (зарядами) для плотных грунтов принимают по длине траншей 0,75—1,0 м и между рядами скважин 0,8 м. Для трещиноватых грунтов соответственно по длине траншей — 1,0—1,25 м и между рядами 1,0 м.

Практически расстояние между скважинами при подводных работах принимают 1,5—2,5 м.

Контроль за производством буровзрывных работ следует осуществлять:

после окончания бурения шпуров и скважин — путем замера их глубины, формы, диаметра, положения в плане;

после взрыва — путем осмотра поверхности дна, мест, подозрительных по отказу, а также развала взорванной породы;

в процессе выемки взорванной породы — путем установления содержания негабаритных кусков, требующих дополнительного рыхления.

При приемке котлованов и траншей замеры следует производить дважды: непосредственно после выполнения взрывов и после уборки взорванной массы.

Подрывание конструкций. Металлические элементы обычно перебивают зарядами удлиненной формы. Количество ВВ, необходимое для подрывания листового железа, двутавров и других элементов, рассчитывают по формуле

$$Q = KF,$$

где Q — вес зарядов нормальной мощности, г;

K — эмпирический коэффициент, равный для стали 25—40;

F — площадь поперечного сечения, см².

Воздействие взрыва более эффективно, если заряд расположен с обеих сторон металлического элемента и взаимно сдвинут на 5—10 см. В этом случае сила взрыва действует на срез, а не на изгиб.

Для перебивания троса вес заряда определяют по формуле

$$Q = 10d_t^3,$$

где d_t — диаметр троса, см.

При подрывании сооружений из кирпича, отдельных камней, бетона заряды располагают на их поверхности или в скважине

(шпуре). Шпурсы бурят диаметром 30—40 мм и глубиной до 1 м. Заряды располагают через 1,5—2,0 м в зависимости от прочности материала.

Вес ВВ при подрывании кирпича, камня и бетона определяют по формулам:

для сосредоточенных зарядов

$$Q = \alpha \beta R^3,$$

для удлиненных зарядов

$$Q = \alpha \beta R^2 l,$$

где α — коэффициент прочности материала (для кладки из бутового камня на цементном растворе $\alpha = 1,4$; для бетона опор и гидротехнических сооружений $\alpha = 1,5—1,8$);

β — коэффициент забивки и расположения заряда при устройстве зарядов в рукавах принимается равным 2; при накладных зарядах — 4,5;

R — необходимый радиус разрушения или толщина перебиваемого элемента, м;

l — длина заряда, м.

При подрывании железобетонных конструкций под водой полный эффект от воздействия взрыва не достигается из-за неоднородности материала. Поэтому расчленение железобетона выполняют в два этапа: сначала выбивают бетон, а затем подрывают или перерезают арматуру.

Наружные заряды при подрывании железобетона рассчитывают по формуле

$$Q = 2\alpha \beta R^3.$$

Для подрывания одиночных деревянных свай вес заряда определяют по формуле

$$Q = 7,5 d_{св}^2,$$

где $d_{св}$ — диаметр свай, м.

Для куста свай вес заряда определяют по формуле

$$Q = 15 d_k^2,$$

где d_k — диаметр куста свай, м.

Заряд помещают между сваями. При подрывании дубовых свай вес заряда увеличивают в 1,5 раза.

При подрывании шпунтовых стенок величину заряда на 1 м стенки определяют по формуле

$$Q = 15 b^3,$$

где b — средняя толщина одной шпунтины, м.

Затраты труда рабочих и водолазной станции на проведение взрывных работ и необходимых материалов даны в табл. 17—21.

Подрывание льда. Для подрывания льда применяют чаще всего патронированный аммонит. Заряды опускают через лунки и подвешивают на необходимой глубине на шестах, шпагате или проволоке.

Таблица 17. Затраты труда на рыхление грунта под водой накладными и шпуровыми зарядами, укладываемыми водолазами [29]

Вес зарядов, кг	Число одновременно взрывааемых зарядов	Затраты труда	
		водолазной станции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч
Накладные			
1	1	0,2	0,91
	2—5	0,11	0,50
	Более 5	0,092	0,52
5	1	0,24	1,1
	2—5	0,145	0,66
	Более 5	0,12	0,68
10	1	0,33	1,5
	2—5	0,23	1,05
	Более 5	0,2	1,15
Шпуровые			
1	1	0,31	1,4
	2—5	0,22	1
	Более 5	0,195	1,1
5	1	0,4	1,8
	2—5	0,3	1,35
	Более 5	0,27	1,55

Таблица 18. Расход материалов на 100 м³ взрывааемой скальной породы (в плотном теле при взрывании шпуровыми зарядами) [29]

Глубина рыхления, м	Группа грунтов									
	V—VI	VII—VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
<i>Аммонит, кг</i>										
1	40,2	43,7	47	51,2	54,7	58,4	62,7	65,7	68,5	71,5
1,5	38,0	41,8	44	47,8	50,5	53	57,9	60	63,2	66
2,0	35,0	33	40,5	43,5	46,5	49	52	54,5	57,5	60
2,5	32,7	36,2	38,6	41,8	44,1	47,6	50	53	53	56
3,0	31,8	34,8	37	40	42,5	45	47,2	48,9	51	53
<i>Детонаторы, шт.</i>										
1,0	85	85	100	100	110	110	110	125	125	138
1,5	37	38	41	44	48	55	60	65	71	79
2,0	23	26	28	31	33	37	41	44	48	58
2,5	17	20	22	23	26	28	31	34	38	41
3,0	16	18	19	21	23	25	28	30	33	35
<i>Электропровод, м</i>										
1,0	270	270	340	340	340	340	340	370	370	430
1,5	160	165	170	190	200	225	245	265	285	300
2,0	125	140	150	160	175	190	210	220	240	270
2,5	110	125	135	145	165	170	190	210	220	240
3,0	105	110	125	135	145	160	175	185	200	220

Таблица 19. Затраты труда на взрывание под водой электрическим способом конструкций и отдельных затопленных предметов [29]

Наименование показателей	Вес заряда, кг							
	1		5		10		15	
	Затраты труда							
	водолаз- ной стан- ции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч	водолаз- ной стан- ции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч	водолаз- ной стан- ции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч	водолаз- ной стан- ции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч

Бетон и железобетон

Число одно- временно взрывае- мых зарядов:								
1	—	—	0,23	1,05	0,26	1,2	0,3	1,35
2—5	—	—	0,16	0,73	0,175	0,8	0,195	0,89

Металл

Число пат- ронов в за- ряде:								
1	0,25	1,15	0,28	1,3	0,32	1,45		
2	0,38	1,75	0,44	2,0	0,56	2,6		
3	0,5	2,3	0,64	2,9	0,75	3,4		
4	0,64	2,9	0,75	3,4	0,9	4,1		
5	0,75	3,4	0,9	4,1	1,1	5,0		

Таблица 20. Затраты труда на бурение 1 м шпура и выработка звена за 1 ч работы [29]

Вид работы	Группа грунта	Затраты труда		Выработка звена за 1 ч, м
		водолазной станции, ст.-ч	рабочих, чел.-ч	
Бурение шпуров под во- дой с грунта	XI—VIII	1,75	4	0,57
Бурение шпуров под во- дой с понтонной площадки	VII—IV	1	3,3	1,0
Бурение шпуров под во- дой с понтонной площадки	X	0,175	1,4	5,7
Бурение шпуров под во- дой со льда	X	0,33	1,16	3,03
	IX	0,26	0,9	3,8
	VIII	0,2	0,69	5,0

Вес зарядов для образования майн определяют по формуле

$$N=0,85\omega^3,$$

где ω — глубина погружения заряда в воду, считая от наружной поверхности льда, которая принимается равной 2,5—3 тол-
щины льда, м.

Диаметр майны от взрыва заряда получается равным 4—5 ω .

Уплотнение взрывами несвязных грунтов и каменных постелей.
При уплотнении несвязных грунтов и каменных постелей заряды

Таблица 21. Расход буровой стали на 100 м бурения [29]

Назначение стали	Группа грунтов							
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Буровая на заправку ка- ленных буров диаметром 42 мм, кг	0,4	0,5	1,0	3,5	6,0	10	—	—
Буровые коронки, арми- рованные твердым спла- вом, шт.	0,008	0,013	0,021	0,345	3,3	4,95	11,2	20
Для изготовления бу- ров, кг	0,1	0,5	0,7	0,9	1,3	1,6	2,4	3,6
Для штанг съемных ко- ронок, кг	0,08	0,4	0,56	0,72	1,04	1,28	1,92	2,88

погружают в воду и взрывают над поверхностью грунта или камен-
ной наброски.

Величину и количество одновременно взрываемых зарядов под-
бирают из условия сейсмической безопасности подводного взрыва
для ближайших сооружений. Кроме того, практика показала, что
для более равномерного уплотнения наброски необходимо взрывать
одновременно группу зарядов, образующую в плане замкнутый
контур. Заряды подвешиваются на некотором расстоянии от поверх-
ности наброски.

Работы осуществляют в следующем порядке. Для фиксированно-
го расположения зарядов на якорях устанавливают четыре швар-
товые бочки, которыми натягивают два троса (рис. 14, а), а между
ними — пеньковые канаты с прикрепленными к ним поплавками.
Заряды располагают по квадратной сетке с шагом, равным двум
радиусам действия взрыва, и взрывают сериями. В каждой серии
взрывают одновременно 4, 6, 8 зарядов.

Для замера осадок на поверхности каменных постелей выклады-
вают железобетонные плиты толщиной 8—10 см и при помощи фут-
штока производят измерения до и после взрыва.

Преимуществом подводных взрывов является также возможность
уплотнения грунтов при значительных глубинах воды, причем при
погружении зарядов более чем на 12 м обеспечивается камуфлет-
ный взрыв.

Оптимальный вес заряда для уплотнения набросок подводными
взрывами определяют по формуле

$$Q = KH^{\beta},$$

где K — коэффициент, учитывающий степень плотности грунта,
принимаемый для песчано-гравелистых грунтов и камен-
ных набросок равным 0,1;

H — глубина воды, м;

β — коэффициент, зависящий от рода ВВ, принимаемый для
песчано-гравелистых грунтов и каменных набросок рав-
ным 2,45.

Вес оптимального заряда и высоту его подвески над поверхностью грунта можно также определить по графику (рис. 14, б).

Глубину эффективного уплотнения ориентировочно определяют по формуле

$$h_{\text{уп}} = 1,8 \sqrt[3]{Q}.$$

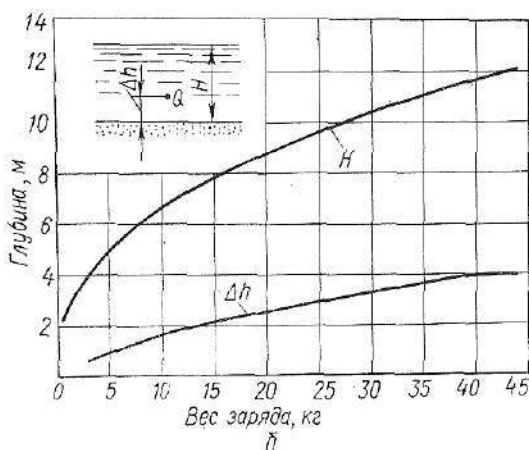
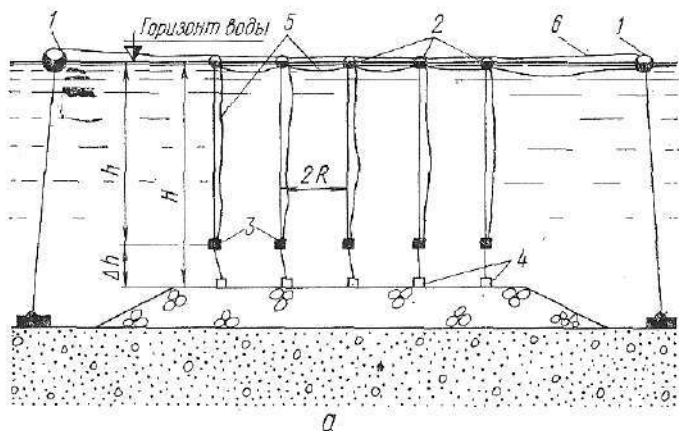


Рис. 14. Подводное уплотнение каменных постелей с помощью взрывов:

а — схема установки зарядов; 1 — швартовые бочки; 2 — поллавки; 3 — заряды; 4 — грузы; 5 — детонирующий шнур или провод; 6 — стальной трос; б — зависимость веса заряда Q от высоты его подвески H над поверхностью наброски и глубины воды H .

Распределение зарядов в плане должно быть равно двум радиусам эффективного действия взрыва. Для рыхлых песчано-гравелистых грунтов и отсыпанной в воду каменной наброски радиус эффективности действия взрыва определяется по формуле

$$R = \sqrt[3]{Q}.$$

8. Безопасные расстояния

При подводных взрывах следует различать безопасные зоны под и над водой.

Под водой опасность возникает от ударной волны. Вода, будучи плотной средой с одинаковыми свойствами, передает на значительные расстояния от заряда энергию взрыва без больших потерь и с большой скоростью (около 1500 м/сек). Ударная волна опасна как для людей, так и для гидротехнических сооружений и судов. Степень опасности зависит от удаленности объекта до места взрыва.

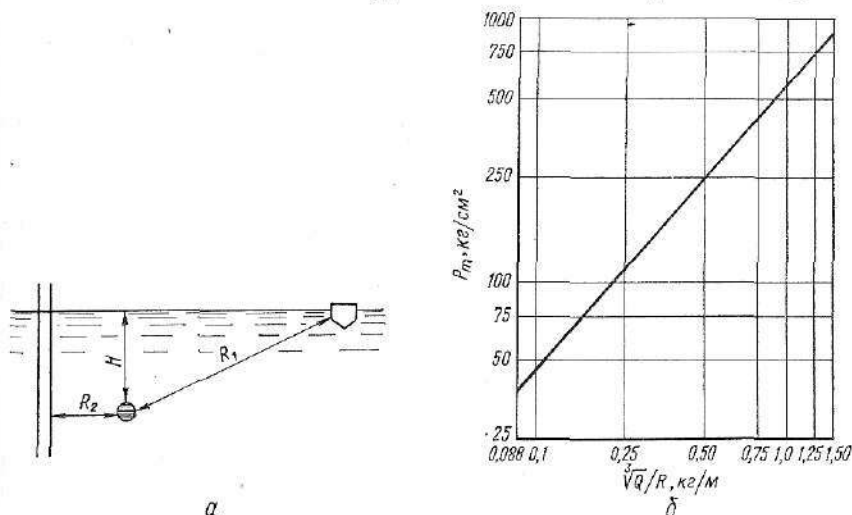


Рис. 15. Действие ударной волны на подводные объекты:

а — схема действия; б — зависимость пиковых давлений от соотношения $\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}$ (для тротила).

При работе водолазов опасную зону принимают радиусом 1000 м при взрывании зарядов весом до 50 кг и 2000 м — при взрывании зарядов весом более 50 кг.

Для сооружений опасная зона от действия ударной волны зависит от глубины погружения заряда под воду и расстояния до сооружения.

Если расстояние от заряда до поверхности воды H меньше расстояния R_1 до какого-либо объекта, то действие ударной волны на этот объект значительно снижается (рис. 15, а).

Давление ударной волны в зависимости от отношения $\frac{\sqrt[3]{Q}}{R}$ можно принимать по данным графика, приведенного на рис. 15, б.

Безопасные расстояния от действия ударной волны определяют по данным табл. 22.

В некоторых случаях при взрывах под водой в непосредственной близости от подводных частей сооружений необходимо осущест-

влять защитные мероприятия. Одним из них является устройство подводной завесы из воздушных пузырьков. В траншее, открытой на дне, укладывают и закрепляют систему перфорированных труб диаметром 200 мм. За несколько минут до взрыва в трубы подают сжатый воздух, в результате чего к поверхности поднимается воздушная завеса, и за счет потери энергии на сжатие воздушных пузырьков ударная волна частично гасится.

Таблица 22. Безопасные расстояния от действия ударной волны, м [12]

Защищаемый объект	Расчетная формула	Безопасные расстояния для зарядов весом, кг									
		0,3	0,5	1	2	3	5	7	10	15	20
Плавучие средства Деревянные опоры, ледорезы, эстакады, устои	$r_0 = 10\sqrt{Q}$	5	7	10	14	17	22	26	32	39	45
	$r_0 = 7\sqrt{Q}$	4	5	7	10	12	16	18	22	27	31

Кроме действия гидравлического удара, определяют также опасные надводные зоны:

- сейсмических проявлений;
- по разлету камней и осколков;
- по воздушной волне.

Сейсмически безопасные расстояния, на которых колебания грунта, вызываемые однократным взрывом сосредоточенного заряда, становятся безопасными для зданий и сооружений, определяют по формуле

$$r_c = K_c \alpha^3 \sqrt{Q},$$

где r_c — расстояние от места взрыва, м;

K_c — коэффициент, зависящий от свойств грунта в основании охраняемого сооружения.

α — коэффициент, зависящий от показателя действия взрыва n (при камуфлетном взрыве и $n \leq 0,5$, $\alpha = 1,2$; при $n = 1$, $\alpha = 1$; при $n = 2$, $\alpha = 0,8$; при $n \geq 3$, $\alpha = 0,7$);

n — показатель действия взрыва — отношение радиуса воронки по горизонтали к линии наименьшего сопротивления, применяется при подрывании грунта;

Q — вес заряда, кг.

Значение коэффициента K_c для расчета сейсмически безопасных расстояний при подводном взрыве [12]

Скальные плотные	4,5
Скальные нарушенные	7,5
Галечниковые и щебенистые	10,5
Песчаные	12
Глинистые	13,5
Насыпные	22,5
Водонасыщенные (плавуну, торфяники)	30

Минимально допустимые радиусы опасных зон, м [12]

I. Дноуглубительные работы

Без ледяного покрова в водном бассейне при взрывании:

нескальных грунтов	100
скальных грунтов:	
шпуровыми зарядами	50
накладными зарядами до 100 кг	200
то же, свыше 100 кг	300
При наличии ледяного покрова независимо от взрывааемых грунтов	200

II. Ледокольные взрывные работы

Подрывание ледяного покрова	100
Взрывание заторов	200
Взрывание шуги	50

III. Дробление бетона и железобетона По проекту, но не менее 100

IV. Взрывание плавсредств, плотов, низководных мостов и деревянных строений 200

В целях обеспечения безопасности судов, плотов и т. п. при производстве дноуглубительных работ оцепление и сигналы должны выставляться на расстоянии не менее чем на 200 м от границы опасной зоны вверх и вниз по течению. Во время лесосплавов оцепление и сигналы вверх по течению реки должны выставляться на расстоянии не менее 500 м. Расстояния, безопасные по действию воздушной волны, принимают по формуле

$$r_B = k_B \sqrt{Q},$$

где k_B — коэффициент пропорциональности, принимаемый по табл. 23.

Для защиты зданий и сооружений при взрывных работах величины малых зарядов ВВ лимитируются расстояниями, на которых

Таблица 23. Значение коэффициента пропорциональности [12]

Характер повреждения	Открытый заряд		Заряд при показателе действия взрыва		
	вес заряда	k_B	вес заряда	$n=1$ k_B	$n=3$ k_B
Отсутствие повреждений	Менее 10	50—150	Менее 20	20—50	3—10
Разрушение остекления					
Частичное разрушение рам, дверей, штукатурки	Менее 10	10—30	Менее 20	5—12	—
Разрушение элементов стальных и железобетонных мостов, отдельно стоящих зданий и сооружений		2—4		1—2	—

Примечание. Взрыв заряда в воде на глубине, меньшей полутора высоты заряда, рассматривают как взрыв открытого заряда.

воздушная ударная волна не оказывает разрушительного действия (табл. 24).

Размер зоны, безопасной по действию воздушной волны на человека, определяют по формуле

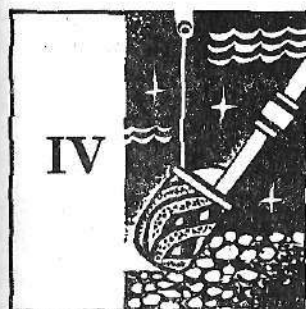
$$r_{\text{мин}} = 15 \sqrt[3]{Q},$$

где Q — вес заряда, кг.

Таблица 24. Безопасные расстояния в зависимости от веса заряда [12]

Защищаемый объект	Расчетная формула	Безопасные расстояния, м, для зарядов весом, кг									
		0,3	0,5	1	2	3	5	7	10	15	20
Остекление	$r = 100 \sqrt{Q}$	50	70	100	140	170	220	260	320	390	450
Деревянные сооружения	$r = 4 \sqrt{Q}$	2	3	4	6	7	9	11	13	15	20
Бетонные и железобетонные сооружения	$r = 2 \sqrt{Q}$	1	1,5	2	3	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	10

Безопасное расстояние для людей принимают наибольшим из рассчитанных для разных условий (по воздушной волне, разлету осколков).



ПОДВОДНЫЕ ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

1. Требования, предъявляемые к подводным земляным работам

Способы разработки грунта под водой зависят от объема работ, характеристики грунта, степени стесненности, условий производства работ, размеров траншей, скорости течения, вида грунтоработы-вающего механизма и др.

Перед началом разработки подводных котлованов и траншей необходимо выполнить подготовительные работы:

промер глубин и составление фактического профиля дна для сверки с проектным с целью выявления расхождений, а также последующего выбора методов производства работ и обеспечения контроля за глубиной разработки;

проведение водолазного обследования площадки под котлован или створа перехода с целью выявления подводных препятствий и затонувших предметов, которые могут мешать разработке грунта.

Глубина заложения и размеры по основанию фундаментов мостовых опор, гидротехнических сооружений, трубопроводов определяются проектом и техническими условиями. Крутизна откосов траншей и котлованов под водой принимается в зависимости от категории грунта (табл. 25).

Таблица 25. Данные о крутизне откосов траншей и котлованов
(СНиП III-Д.10—62)

Категория пород	Грунты	Крутизна откосов котлованов и траншей			
		береговых, глубиной, м		подводных, глубиной, м	
		до 2	более 2	до 2,5	более 2,5
I	Пески мелкозернистые	1:1,5	1:2	1:2,5	1:3,0
II	Супеси и пески средне- и крупнозернистые	1:1,25	1:1,5	1:2	1:2,5
III	Суглинки	1:0,7	1:1,25	1:1,5	1:1,5
IV	Гравелистые и галечные грунты	1:0,75	1:1,0	1:1,0	1:1,5
V	Глины	1:0,5	1:0,75	1:0,75	1:1,5
VI	Скальный грунт (разрыхленный)	1:0,25	1:0,25	1:0,50	1:1,1

Примечания: 1. Крутизна откосов, котлованов и траншей на береговых участках учитывает наличие грунтовых вод.

2. Распределение грунтов по категориям при разработке их гидромониторами и плавучими землесосными установками приведено в ЕНИР, вып. 2, ч. II, 1969 г.

При разработке траншей для трубопроводов минимальную ширину подводной траншеи рекомендуется определять по формуле

$$B = nD + a(n-1) + 2b,$$

где n — число труб, шт.;

D — диаметр трубопровода с футеровкой и балластом, м;

a — расстояние между трубами, принимаемое по табл. 26;

b — ширина бровки между образующей крайней трубы и линией пересечения откоса и дна котлована, принимаемая по табл. 26.

Таблица 26. Расстояние между трубопроводами a и между трубой и подошвой откоса b [29]

Диаметр трубопровода	a	b
377—630	0,9	0,7
720—1020	1,5	1,0
1220—1420	2,0	1,0

Кроме того, ширину подводных траншей назначают в зависимости от скорости течения и способа производства работ.

При разработке грунта землесосными или многочерпаковыми снарядами:

Скорость течения, м/сек	0	1	2	3
Ширина траншей, м	5	5—8	8—15	15—20

При разработке грунта гидромониторными и гидроэжекторными установками с папильонированием:

Скорость течения, м/сек	0	До 0,5	0,5—1,0	1—1,5	1,5—2
Ширина траншей, м	2	2,6—3	3—4,5	4,5—6	6—9

При разработке грунта канатно-скреперными установками:

Емкость ковша установки, м ³	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5
Ширина траншей, м	1,5	1,5	1,75	1,75	2,0	2,0	2,2 5

Минимальная ширина траншей по дну во всех случаях должна превышать диаметр трубопровода с установленными грузами не менее чем на 1 м.

В процессе разработки подводных траншей землесосами откосы постоянно уподаживают до устойчивого положения, в результате чего глубина уменьшается. Поэтому перед началом разработки необходимо назначать несколько увеличенную глубину, а ширину углубленной траншеи вычислять по формуле

$$b_2 = \frac{(b_1 + m_1 h_1) h_1}{h_2} + m_2 h_2,$$

где b_1, h_1, m_1 — соответственно ширина, глубина и коэффициент заложения откоса траншеи по проекту;

b_2, h_2, m_2 — соответственно ширина, глубина и коэффициент заложения откоса траншеи в процессе разработки.

При укладке нескольких подводных трубопроводов на переходе имеет значение последовательность работ при разработке подводных траншей. Если трубопроводы будут укладывать после разработки всех траншей, рекомендуется начинать с верхней траншеи по течению. При этом разрабатываемый грунт не будет сноситься течением реки в ранее разработанные траншеи. Если проектируется укладывать трубопроводы непосредственно после окончания разработки очередной траншеи, земляные работы начинают на нижней по течению реки нитке перехода для того, чтобы использовать часть грунта из верхней траншеи для засыпки нижней.

Котлованы опор мостов, водозаборов и других гидротехнических сооружений глубокого заложения, как правило, разрабатываются в шпунтовых, ряжевых и других ограждениях или в грунтовых перемычках.

2. Разработка грунта земснарядами

При больших объемах земляных работ используются земснаряды. В зависимости от свойств грунта разработка производится механическим рыхлением либо путем свободного всасывания (табл. 27).

При разработке земснарядами подводных выемок в несвязных грунтах получаемые откосы через некоторое время необходимо уплаживать (табл. 28).

Таблица 27. Характеристика грунтов, разрабатываемых плавучими землесосными установками [15]

Грунты	Объемный вес скелета грунта, кг/м ³	Состав пульпы (отношение объема грунта в плотном теле к объему воды)	Примечание
Пески мелкие и средние рыхлые	1500	1 : 6	Могут разрабатываться без разрыхления
Пески крупные	1650	1 : 7	То же
Супеси и слежавшиеся пески	1600	1 : 8	Рыхление обязательно
Лесс рыхлый	1600	1 : 8	То же
Суглинки легкие и средние	1650	1 : 12	»
Суглинки тяжелые	1750	1 : 15 1 : 20	Рыхление обязательно, разрабатывается по-слойно
Гравий мелкий, несслежавшийся	1700	1 : 10	Рыхление обязательно
Супеси и суглинки легкие с содержанием гравия (4—8%) или щебня	1700	1 : 12 1 : 16	То же

Расход воды на разработку и транспортировку грунта принимается по табл. 29.

Технические характеристики плавучих земснарядов приведены в табл. 30, а их корпусов, рам, надстроек и рамоподъемных лебедок в табл. 31.

Таблица 28. Крутизна подводных откосов для несвязных грунтов при разработке земснарядами [15]

Грунт	Разработка выемок в воде	
	стоячей	текущей
Песчано-гравийный	1:1,5—1:2	1:2—1:2,5
Мелко- и среднезернистый песок	1:3—1:3,5	1:4—1:6
Мелкозернистый песок	1:4—1:5	1:5—1:6

Таблица 29. Расход воды на разработку и транспортировку грунта землесосными установками и коэффициент разрыхления грунта [34]

Грунт	Свойства грунта	Число пластичности	Расход воды на разработку и транспортировку 1 м ³ грунта, м ³	Коэффициент разрыхления, K _p
Булыжник	Несвязный	Менее 1	14—22	1,24—1,30
Галька (щебень)			14—22	
Гравий		9	9	1,08—1,17
Песок:			7	
крупный			7	
средний	Малосвязный	1—7	11	1,08—1,17
мелкий			11	
пылеватый	Связный	7—17	18	—
Супесь:			14	
непылеватая		7—17	18	
пылеватая			14	
Суглинок:	Связный	7—17	18	—
непылеватый			14	
пылеватый	Глина:	Менее 17	22	1,3—1,45
Глина:			22	
легкая			22	
тяжелая				

3. Разработка грунта гидромониторами

Гидромониторы есть ручные (гидропульты) и механизированные (гидромониторные установки).

Гидропульт портативен, что позволяет водолазу работать на глубинах до 40 м в стесненных условиях, на близком расстоянии от места размыва. Недостатком гидропульта является воздействие реактивной силы на водолаза. Уменьшение реактивной силы струи воды достигается путем применения безреактивных гидропультов, в которых количество воды, подаваемой через основное отверстие, составляет 60—65%.

Для определения оптимального диаметра насадка гидропульта и скорости струи в зависимости от производительности насоса и напора воды у насадка можно пользоваться данными табл. 32.

Длину воронки размыва грунта от действия горизонтально направленной струи гидропульта можно определить по формуле

$$S = 2,9d \left(\frac{V}{V_p} - 1 \right),$$

где d — диаметр насадка, м;

V — скорость струи у насадка, м/сек;

V_p — скорость потока воды для размыва грунта, м/сек.

Универсальный подводный гидромонитор УПГМ-360 укомплектован дизельным двигателем, позволяющим работать на собственном источнике электроэнергии.

Техническая характеристика установки УПГМ-360

Глубина водоема, на которой может работать установка, м . . .	1,5—10
Ширина траншей, м	5—10
Мощность двигателя ЗД-12, кВт	265
Производительность насоса ЗВ200×4 по воде, м³/ч	360
Напор, м вод. ст.	160
Производительность установки по грунту способом отсоса, м³/ч, в грунтах I категории	43,5
То же, II	34,3
» III	28,6
» IV	22,7
Производительность установки при работе способом размыва траншей глубиной 2 м, м³/ч, в грунтах I категории	26,3
То же, II	22,3
» III	18,2
» IV	14,3
» V	11,1
» VI	9,0
Габаритные размеры корпуса, м:	
длина	15,3
ширина	5,2
высота борта	1,5
Осадка, м	0,9

Универсальные плавучие гидроэжекционные установки УПГЭУ смонтированы на несамоходной барже грузоподъемностью 150 т. Подача воды обеспечивается двумя насосами, дающими напор на кольцевой эжектор и для гидромонитора (табл. 33).

4. Размыв грунта винтами судов

С помощью гребных винтов производят размыв грунта при снятии плавсредств с мели или при дноуглубительных работах. Этот способ эффективен при размыве несвязных грунтов (песок, гравий, галька, мелкий камень), а также при уборке жидкого ила или илесто-песчаного грунта.

Грунторазмывочная способность винтов зависит от числа их, глубины погружения, угла наклона, мощности двигателей, а также от глубины места и расстояния до него, свойств грунта, направления течения.

Таблица 30. Технические характеристики плавучих земснарядов

Наименование показателей	Единица измерения	Дизельные					Электри		
		8НЗДМ-3а	8ПЗУ-3м	ТЗР-12	ЗРС-1	ЗРС-2	ЗГМ-1-350А	12А-4	12Р-7
Условная производительность по грунту	м ³ /ч	80	80	80	80	100	170	200	150
Марка землесоса или рабочего насоса	—	8НЗУ	8НЗМ	8НЗ	8НЗМ	12Гр-8Т	ЗГМ-1-350	12НЗУ	12Р-7
Глубина разработки	м	6,5	6	12	5	6	6	12	6
максимальная		2	2	2	2	2	3,5	2	3,5
Осадка в рабочем состоянии	»	0,55	0,5	0,6	0,47	0,53	0,8	0,62	0,8
Высота над горизонтом воды (без свай)	»	5,9	4,0						
Тип корпуса	—	Разборный		Палубный	Разборный трюмный		Разборный палубный	Разборный трюмный	
Тип разрыхлителя	—	Ф	Ф, Р	Ф, Г	Ф	Ф	К	Ф	К
Тип свайного аппарата	—	С	С	—	—	—	Н	С	Н
Установочная мощность	л. с.	150	150	150	150	300	—	—	—
Вес земснаряда	квт т	64,05	30	33,53	37	37,53	610 109	650 87	480 109,4

Примечание. Ф—фрезерный, Р—ротационный, Г—гидравлический, К—роторно-ковшовый, Н—напорный, С—свайный ход.

Таблица 31. Техническая характеристика корпусов, рам, надстроек и рам

Наименование показателей	Единица измерения	Марка					
		8НЗДМ-3а	8ПЗУ-3м	ТЗР-12	ЗРС-1	ЗГМ-1-350А	12А-4
Количество отдельных понтонов	шт.	10	2	3	3	4	12
Габаритные размеры	м						
длина		16,2	15	11,5	15,3	19,8	19,2
ширина		9,1	4,5	6,2	5,7	8,8	9,1
высота борта		1,2	1	1,1	1,1	1,56	1,2
Вес корпуса	т	20,7	9,9	9,4	15,3	28,9	28,6
Тип надстройки	—	Кш	Рш	Ко	Кь	Кш	Рш
Длина рамы разрыхлителя	м	9,4	6	14	5,4	9,7	12
Грузоподъемность лебедки для подъема рамы	т	2	1,2	3,36	5,15	2,5	2,5
Тяговое усилие:							
скорость выбирания троса	м/мин	2,63	4,2	4,56	1,8	11,5	20,5
диаметр троса	мм	17	8,6	12,5	12,5	19,5	17,5
канатоемкость барабана	м	150	80	140	205	140	70
электродвигатель	—	А-52-6	А042-6	А051-6	А051-6/4/2	А052-4	А062-4
мощность	квт	4,5	1,7	2,8	1,7/2,1/2,8	7	10
Марка редуктора	—	РМ-350		РМ-2503Ц	РМ-250	—	РМ-350

Примечание. Кш—надстройка каркасно-щитовая деревянная; Рш—разборная, щитовая несущая (суперструктура); Рш^М—разборная, щитовая, металлическая.

ческие							Эжекторные дизельэлектрические		
100-40К	200-60-КС	300-40	350-50Л	350-50Т	500-60	1000-80	ТЭР-25А	ТЭР-25	УПГЭУ-3М
180	200	300	350	350	500	1000	200	150	80
3ГМ-2М	16ГРУ-8Т	20Р-11	20Р-11	20Р-11	500-60	1000-80	120Мп-325-24 6НДС	14Д-6А	8НДВ
12 3	15 3	11 3,5	10 3,5	18 3,5	15 4,5	15 6,5	25 2,5	25 2,5	25 2
0,74	0,91	0,83	1,1	1,7	1,1	1,42	0,96	0,96	0,8
Неразборный трюмный			Трюмный секционно-сварной	Трюмный неразборный			Катамаранный разборный, палубный		Разборный палубный
Ф С	Ф, К Н	Ф С	Ф С	Ф, К, Л Н	Ф С	Ф С	Г С	Г С	Г С
752 114,5	850 158,2	1450 216,8	1500 281,0	2400 500	2970 400	5130 650	500 167,8	990 140	600 57

ый, Л—ковш-лопата; для свайного аппарата: С—в неподвижных направляющих; Н—напорный

подъемных лебедок

земснаряда

12Р-7	100-40К	200-60КС	300-40	350-50Т	500-60	1000-80	ТЭР-25А	УПГЭУ-3М
5	1	1	1	1	1	1	4	4
19,8 8,6 1,6 36,7	22,2 8,1 1,6 34,5	26,5 8,1 1,6 39,2	31 9,5 2 62,6	36,5 10,4 2,4 132,4	37 11 2,3 93	45 12,4 2,55 140	26,8 9,3 1,8 40	20 6 1,5 15,9
— 9,6	Кш 17,5	Кш 17,4	Кш 17,5	Сп 20,4	Кш 24,9	Кш 25	Рш 30	Рш 30
2,5	2,5	5	8,5	15	10	10	6	3,36
11,5 17,5	11,5 17,5	20,7 24	5,8 28	3,9 32	15,65 33,5	15,65 33,5	3,26—9,93 22	4,56 12,5
140 А052-4 7 —	70 А052-6 7 —	100 А072-8 17 РМ-650	70 МА-204-А103-8М-2/4 14,5 ОГ200× ×300	198 125 РМ-1000	70 А083-6 40 РМ-1000	70 А083-6 40 РМ-1000	250 А073-12/4 4/9 РМ-500	140 А051-6 2,8 РМ-250-3Ц

вая, деревянная; Кб—кабина цельная; Кш^М—каркасно-шитовая, шиты металлические; Сп—над-

Таблица 32. Зависимость скорости струи у насадка от его диаметра и напора воды [33]

Напор воды у насадка, м вод. ст.	Скорость струи у насадка, м/сек	Расход воды, м³/ч, при диаметре насадка, мм						
		13	16	19	22	25	32	38
40	26,3	11,6	19	26,6	35,5	46	75	105
45	27,9	12,3	20	28,4	37,8	49	80	112
50	29,4	13	21,5	30,1	40,1	52	84,5	117
55	30,9	13,6	22,5	31,3	41,6	54	89	124
60	32,2	14,2	23,5	32,4	43,2	56	93	130
65	33,4	14,7	24,0	34,2	45,6	59	97	136
70	34,8	15,4	25,0	35,2	47,1	61	99,5	139
75	35,9	15,8	26,0	36,5	48,6	63	101	142
80	37,2	16,4	27,0	38,0	50,2	65	106	148
85	38,2	16,9	27,5	38,8	51,8	67	108	153
90	39,4	17,4	28,5	40,5	54,0	70	114	159
95	40,4	17,8	29,0	41,8	55,6	72	116	163
100	41,6	18,3	30,0	43,0	57,2	74	121	169
110	43,6	19,3	31,5	44,6	59,3	77	126	177
120	45,5	20,1	33,0	46,3	61,8	80	131	183
130	47,4	20,9	34,5	48,7	64,9	84	135	189
140	49,2	21,7	35,5	50,2	67,2	87	139	194
150	51,3	22,7	37,0	52,2	69,5	90	145	204
175	55,0	24,2	39,8	56,2	75,0	97	167	223
200	58,8	25,8	42,5	60,0	79,5	103	170	228

Скорость потока в диске винта определяют по формуле

$$V_0 = 2,5 \frac{\sqrt{P}}{D},$$

где P — тяга винта на швартовах, т;

D — диаметр винта, м.

Тягу винта на швартовах можно определить по формуле

$$P = m \rho \left(0,25 + 0,3 \frac{A}{A_d} \right) S D^3 n^2 (1 - t),$$

где m — число винтов;

ρ — плотность массы: для морской воды равна $0,104 \text{ т} \cdot \text{сек}^2 \cdot \text{м}^{-4}$; для речной — $0,1 \text{ т} \cdot \text{сек}^2 \cdot \text{м}^{-4}$;

$\frac{A}{A_d}$ — дисковое отношение винта (принимается по паспорту судна);

S — шаг винта, м;

D — диаметр винта, м;

n — число оборотов винта в 1 сек;

t — коэффициент засасывания винта,

$$t = 0,225\delta - 0,45\omega.$$

Здесь δ — коэффициент полноты водоизмещения судна;

$\omega = 0,1$ для одновинтовых судов; $\omega = 0,16$ для двухвинтовых.

Таблица 33. Технические характеристики установок УПГЭУ

Наименование показателей	Единица измерения	Марка	
		УПГЭУ-1	УПГЭУ-3
Разряд регистра	—	Р	Р
Габаритные размеры:	м		
длина		25,6	28
ширина		6,0	6,3
высота		4,3	5,5
Осадка	м	0,7	0,75
Опускание рамы	»	1,5—22	1,5—24
Насос для отсоса грунта:			
марка	—	8НДВ	8НДВ
производительность по воде	м ³ /час	720	720
напор	м вод. ст.	80	80
Насос для размыва:			
марка	—	АЯП-3-150	6МС-7
производительность	м ³ /час	150	150
Мощность двигателя	л. с.	680	675
Вес	т	—	58,8
Способ передислокации	—	Транспортируется по воде	Транспортируется автомашинами и по железной дороге
Производительность в грунте I категории	м ³ /час	59	59
То же II	»	50	50
» » III	»	45	45
» » IV	»	31	31
» » V	»	25	25
» » VI	»	17	17
Дальность транспортирования пульпы	м	80	80

На рис. 16 показан график скорости потока на уровне грунта в долях скорости U_0 (от $0,025 U_0$ до $0,4 U_0$) в зависимости от расстояния оси винта до грунта H (отношение H/D) и от длины зоны размыва (отношение L/D). Зная скорость, при которой происходит размыв грунта, по графику можно установить ориентировочную зону размыва.

При углублении размыв грунта производят от малых глубин к большим. Углубление можно производить любым судном при удовлетворении условия

$$\frac{H_n}{T} = 1,8 \div 2,4,$$

где H_n — глубина по оси размытой траншеи, м;
 T — осадка кормы, м.

5. Разработка котлованов грунтососами

Грунтососы являются средствами малой механизации и используются при незначительных объемах работ. В зависимости от побудителя отсоса грунтососы делятся на гидроэлеваторы и эрлифты.

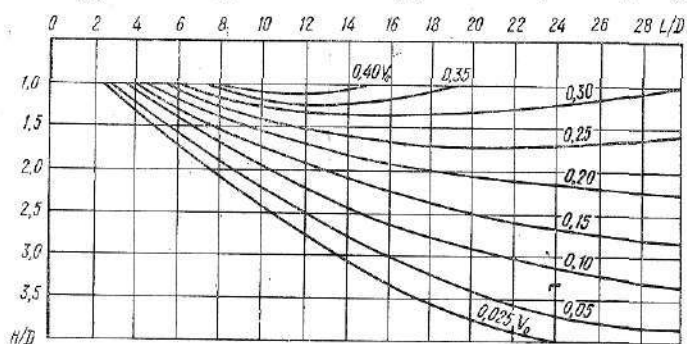


Рис. 16. График скорости потока на уровне грунта при размыве винтами судов.

Гидроэлеваторы имеются различных видов и предназначены для отсоса жидкого ила, мелкого гравия, рыхлой глины, песка и небольших камней (табл. 34).

При проведении работ по расчистке русел рекомендуется пользоваться гидроэлеватором с кольцевой насадкой, он может отсасывать обломки бетона, камня и т. п.

Таблица 34. Технические характеристики гидроэлеваторов

Наименование показателей	Единица измерения	Тип	
		С кольцевой насадкой	ЦПКБ Главмостострой
Производительность по пульпе	м ³ /ч	158	160
То же, по грунту	»	12÷24	6÷12
Потребное количество воды (производительность насоса)	»	120÷150	70
Напор насоса	м	70÷80	125
Мощность электродвигателя	квт	50	48
Вес гидроэлеватора	кг	90	98

При больших глубинах, работе в оболочках для отсоса грунта применяются эрлифты.

Применение эрлифтов целесообразно только при затопленном котловане и глубине воды в нем не менее 3 м. Наиболее высокая производительность их работы на глубине свыше 8 м. На глубине 1,5—2 м производительность эрлифта практически равна нулю. Производительность эрлифтов зависит от давления воздуха и глубины погружения (табл. 35).

Таблица 35. Технические характеристики эрлифтов

Наименование показателей	Единица измерения	Диаметр всасывающей трубы эрлифта, мм		
		100	150	200
Объем выбрасываемой пульпы	м ³ /ч	80	120	200
Расход воздуха	»	2	4	6
Давление воздуха (H —глубина погружения эрлифта, м)	ати	$0,1H + 0,2$	$0,1H + 0,3$	$0,1H + 0,5$
Количество воздушных шлангов	шт.	1—2	2	3
Диаметр	мм	19	19	19
Производительность по грунту	м ³ /ч	5	7	10

Для удаления мелких валунов из полости оболочек применяется гидрожелонка с кольцевой насадкой диаметром 25—30 см, оборудованная бункером цилиндрической формы для приема всасываемой с грунтом гальки и валунов. Разгрузка бункера осуществляется после подъема гидрожелонки на поверхность.

6. Подводное скреперование грунта

Скреперные установки применимы для разработки почти всех категорий грунта, включая скальные, предварительно разрыхленные, и могут быть использованы для рытья подводных траншей в любое время года.

Производительность скреперной установки в 1 ч определяют по формуле

$$H = \frac{3600 V c K_n K_v}{2 L K_p},$$

где V — геометрическая емкость ковша, м³;

c — средняя скорость перемещения ковша, принимаемая 0,7 м/сек;

K_n — коэффициент наполнения ковша;

K_v — коэффициент использования скреперной установки по времени;

L — средневзвешенная дальность скреперования, м;

K_p — коэффициент разрыхления грунта, зависящий от величины фракций.

Зависимость геометрической емкости ковша U от дальности перемещения грунта

Емкость ковша, м ³	0,25 — 0,35	0,5	0,75	1 — 1,50	3 — 3,5
Дальность перемещения ковша, м	90	100	120	200	300

Таблица 36. Технические характеристики скреперных лебедок

Наименование показателей	Единица измерения	Тип						ЛП-1	ЛП-801
		Азинмаш-43П на базе трактора		ЛС-43	ЛП-11 на базе трактора С-100	Л-59			
		Т-180М	Т-100МБ						
Габаритные размеры:	мм								
длина		5250	5680	3400	5200	2636	9540	9270	
ширина		2680	3250	2310	2456	2500	3200	3200	
высота		3100	3010	2200	2769	1450	3500	3530	
Вес с тросом	т	16,7	18,7	5,10	15,3	5,7	43	39,5	
Удельное давление на грунт	кг/см ²	0,7	0,32	—	—	—	—	—	
Емкость барабана	м	2000	2000	300/600	1060	250/550	1800	1000	
Диаметр троса	мм	15,5	15,5	28/11	22	28/11	В зависимости от нагрузки	56	
Число барабанов лебедки	шт.	1	1	2	1	2	1	1	
Число оборотов барабана	об/мин	32—156	35—156	—	—	—	—	—	
Скорость набора каната	м/мин	52,8—240	52,8—240	21,6—253,8	14,04—223,2	36—105	6,3—18,6	6,3—16,4	
Тяговое усилие	т	7,5—1,66	7,5—1,66	2—6	8,8—1,39	10—2,1	50—18	150—57,5	
Двигатель	—	—	—	Д-54	—	Генератор 75 квт	100 лс	1Д12 300 лс.	

Значение коэффициента K_k [19]

Грунты:

крупногравелистые, глинистые и скальные (взорванная скала)	0,5—0,7
песчаные и мягкие	0,7—0,85
сулещаные и легкие суглинки	0,85—1,00

Значение коэффициента разрыхления грунта K_p скреперными установками [19]

Песок мелкий, торф, ил	1,1
Песок крупный и плотный растительный грунт	1,15
Супесь и легкий суглинок с примесью гравия, строительный мусор	1,2
Гравий, суглинок, глина, галька	1,25
Разрыхленная взрывом скала	1,3—1,35
Крупный гравий, галька, слежавшийся строительный мусор	1,27—1,3
Твердая скала после взрыва	1,4—1,5

Коэффициент использования установки по времени K_v принимается в зависимости от емкости ковшей и дальности скреперования:

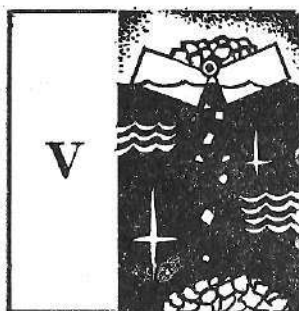
$K_v = 0,55 \div 0,6$ — для ковшей емкостью до $0,75 \text{ м}^3$ и при дальности скреперования до 80 м ;

$K_v = 0,6 \div 0,65$ — для ковшей емкостью более $0,75 \text{ м}^3$ и при дальности скреперования до 80 м ;

$K_v = 0,65 \div 0,7$ — для ковшей емкостью больше $0,75 \text{ м}^3$ и при дальности скреперования более 80 м .

Зимой коэффициент использования скреперных установок по времени уменьшается на 15—25%.

Технические характеристики скреперных лебедок приведены в табл. 36.



УСТРОЙСТВО ПОДВОДНЫХ ПОСТЕЛЕЙ

Для подводных каменных постелей и набросок применяют камень, удовлетворяющий требованиям главы СНиП I-B.8—62 *. Кроме того, в зависимости от вида постели к камню предъявляются дополнительные требования.

Для набросок применяется несортированный камень прочных изверженных пород, известняков и песчаников нелещадной формы. Сланцы, гипсовые и мергелистые породы применять не рекомендуется.

Не допускается применять для постелей камень с примесями: глинистых комков и комков почвы более 5 %;

слабых и выветренных пород с показателями прочности и морозостойкости меньше указанных в табл. 37, более 10 %; лещадных камней более 15 %.

Таблица 37. Требования, предъявляемые к камню для набросок и постелей [7, 8, 10]

Зона	Районы с климатическими условиями			
	умеренными и суровыми		особо суровыми	
	Марка камня			
	по прочности	по морозо-стойкости	по прочности	по морозо-стойкости
Надводная	500—600	25—50	500—600	50—100
Переменного уровня	500—600	50—100	500—600	150
Подводная	500—600	—	500—600	—

В общем объеме горной массы камней размером более 200 мм должно быть не менее 50 %.

Ширину наружной и тыловой бERM постелей гравитационных сооружений назначают из условия их устойчивости при волнении. Ширину наружной бЕРМЫ с учетом возможного размыва грунта перед стенкой ориентировочно можно принимать равной 0,5—0,6 ширины стенки, но не менее 6 м, а ширину тыловой — 0,3—0,4 ширины стенки, но не менее 3 м.

Уклоны откосов каменных постелей принимают для наружного откоса 1 : 2—1 : 3, а для тылового 1 : 1,25—1 : 2.

В каменных набросках под водой допускается уменьшение проектной крутизны откосов: с внешней стороны до 7%; с тыловой до 5%.

При скальных грунтах устраивают выравнивающий слой, который должен быть не менее 0,5 м из каменной наброски или 0,25 м из мешков с бетоном. Мешки из прочной, но не очень плотной материи заполняют на $\frac{2}{3}$ пластичным бетоном и укладывают с перевязкой швов.

При сбрасывании камня в текущую воду необходимо учитывать возможность сноса его течением на расстояние, определяемое по формуле

$$L = 2,5H \frac{V}{Vd},$$

где H — глубина водоема, м;

V — средняя скорость течения потока, м/сек;

d — диаметр камня, см.

При больших донных скоростях требуется проверить соответствие крупности частиц в постели. Максимальную скорость, которой камень может сопротивляться под водой, определяют по формуле

$$V_{\text{макс}} = 1,4a\sqrt{d},$$

где $a = \sqrt{2g \frac{\gamma_k - \gamma_v}{\gamma_v}}$ — коэффициент, характеризующий соотношение объемного веса камня γ_k и воды γ_v ;

g — ускорение силы тяжести, м/сек²;

$d = \sqrt[3]{\frac{6W}{\pi}}$ — диаметр камня, приведенный к шару, м;

W — объем камня, м³.

С целью уменьшения просадки камня нижний слой постели толщиной 0,3—0,5 м отсыпают из гравия, щебня или карьерной мелочи. Такая подсыпка служит также и обратным фильтром, препятствующим вымыванию частиц грунта основания сквозь пустоты постели.

Чтобы в эксплуатационных условиях отметка верха постели соответствовала проектной, при ее устройстве дают запас на осадку. Величина запаса указывается в рабочих чертежах. Ее назначают в зависимости от ожидаемой осадки основания и тела постели.

Для постелей под сооружениями с постоянным неравномерным давлением в поперечном направлении (набережные стенки) предусматривается увеличенный запас на осадку в местах повышенного давления.

В состав работ по устройству каменных постелей входят:

проверка проектных размеров и глубины котлована, которые могут измениться с момента окончания работ по разработке котлована из-за размыва или наносов;

отсыпка камня;

выдерживание отсыпки для самоуплотнения постели или принудительное трамбование.

Отсыпку камня выполняют с плавучих средств. Для перевозки применяются саморазгружающиеся и обычные баржи, шаланды, плашкоуты и другие суда в зависимости от объемов работ, наличия плавучих средств и механизмов для погрузки. Работы по отсыпке камня на незащищенной акватории допускается производить при волнении до 4 баллов. При больших объемах работ целесообразно применение саморазгружающихся плавсредств.

Равнение постелей осуществляется после промеров котлована, в результате чего определяется соответствие их проекту.

Если в котлован нанесен ил или другие непрочные грунты, их удаляют с помощью гидромонитора или грунтососа.

Различают следующие виды равнения постелей: грубое (Г), тщательное (Т) и весьма тщательное (ВТ). Вид равнения назначают в зависимости от конструкции возводимого сооружения:

Постель под стенку из правильной массивной кладки	ВТ
Бермы и откосы постели, покрываемые защитными массивами	Т
Бермы постелей набережных	Г
» оградительных сооружений	Г
Откосы постелей	Г
Постели под наброску из массивов	Г
Поверхность призм под фильтры	Г
Постель под массив-гигант	ВТ
» под ряжевые сооружения	Г
» под сооружения уголкового типа	ВТ
» под причалы из оболочек большого диаметра	ВТ

Виды равнения характеризуются допускаемыми отклонениями выравниваемой поверхности от проектной: грубое — ± 200 мм; тщательное — ± 80 мм; весьма тщательное — ± 30 мм.

При тщательном и весьма тщательном равнении применение мелкого камня допускается только для заполнения отдельных неровностей. Равнение постели сплошным слоем мелкого камня не допускается.

Равнение постелей при малых объемах работ выполняют водолазы вручную, а при больших — с помощью механических планировщиков.

Грубое равнение постелей вручную проверяют с помощью футштока; тщательное и весьма тщательное — с помощью направляющих реек-шаблонов.

При выравнивании каменных отсыпей под водой удобно пользоваться специальным бункером с отводной трубой. Бункер размером 1×1 м укрепляют на барже со щебнем или крепят к поплавкам. К нему присоединяют гофрированный шланг диаметром 15—20 см, по которому подают щебень. Длина шланга зависит от глубины, на которой находится выравниваемая постель. Конец шланга должен на 25—30 см не доходить до верха постели. Отдельные звенья шланга соединяют на фланцах. При выгрузке щебня водолаз направляет шланг и по окончании работы в одном месте дает команду на передвижение баржи с бункером в другое место.

При устройстве наклонных постелей положение реек контролируется ватерпасом или плотничьим уровнем, установленным на кли-

нообразную подставку. Иногда вместо реек при выравнивании постели под отдельно стоящие опоры применяют шаблоны — металлические рамы, размеры которых соответствуют размерам постелей. Применение их целесообразно при значительном количестве отдельно стоящих опор.

Грубое равнение выполняет один водолаз, а тщательное и весьма тщательное — два, работающие по обоим концам передвижной рейки. Для грубого равнения постелей механизированным способом применяют планировщик треста Новороссийскморстрой.

Техническая характеристика планировщика треста Новороссийскморстрой

Габаритные размеры понтона, м:

ширина	8
длина	24
Грузоподъемность понтона, т	300
Длина штанг ножа, м	20
Ширина ножа, м	6
Высота ножа, м	1,2
Вес рабочего устройства со штангами, т	1,5
Грузоподъемность электролебедок, т:	
для подъема ножа	15
для перемещения планировщика	8
Производительность при грубом равнении, м ² в смену	до 200
Точность равнения, см	10—15

Для тщательного и весьма тщательного равнения постелей применяют специальную плавучую установку (СПУ) «Рижанин».

Техническая характеристика планировщика СПУ «Рижанин»

Производительность, м ² в смену	150—250
Установочная мощность, кВт	130
Вес подводной части, т	До 50
Устойчивость при шторме	Не требует снятия планировщика при силе ветра 6 баллов
Время самоперестановки с одной рабочей стоянки на другую, ч	0,25—0,3
Скорость буксировки, км/ч	8—10
Возможность производства работ при волнении, баллы	3—4
Время подготовки к работе, ч	4—6
Время приведения в транспортное состояние, ч	4—6
Глубина равнения, м	Не ограничена
Ширина планируемого участка, м	3—13,4
Точность равнения постели, мм	±30
Максимальное усилие на нож-равнитель, т	8
Максимальный ход ножа-равнителя, м	6,2
Ширина ножа-равнителя, м	3
Рабочая скорость передвижения ножа, м/мин	5,6
Угол поворота относительно продольной оси планировщика, град	50
Максимальная крупность камня при весе до 100 кг, мм	500
Удельное давление на основание, кг/см ²	0,2
Габаритные размеры, мм:	
высота	6440
ширина	10200
длина	19080

Производительность планировщика СПУ зависит от крупности камня и высоты срезаемых бугров (рис. 17, а, и б).

Уплотнение постелей и набросок производится для снижения осадок сооружения. Наиболее распространенным способом уплотнения подводных каменных постелей при строительстве гидротехнических сооружений является статическая огрузка

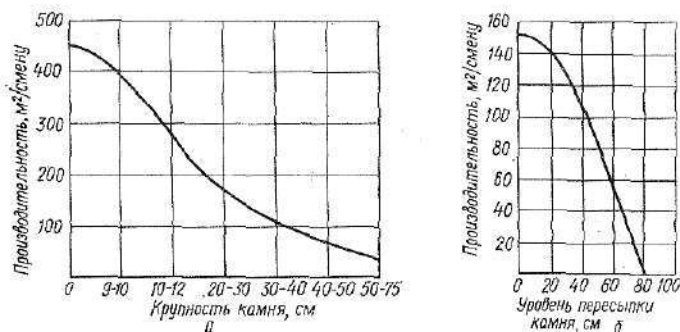


Рис. 17. Графики зависимости производительности планировщика СПУ «Рижанин»:

а — от крупности камня; б — от уровня пересыпки.

(СНиП III-И. 1—62). Огрузка основания гравитационных сооружений производится массивами, предназначенными для кладки этих сооружений.

На части секций огрузочные массивы укладывают с эксцентриситетом, чтобы создать равномерные напряжения по подошве сооружения и избежать его наклона во время огрузки. Если при огрузке возникают недопустимые неравномерные осадки, которые в дальнейшем могут вызвать расстройство массивовой кладки сооружения, то соответствующие массивы после огрузки перекладывают. Под огрузкой сооружение выдерживается до полного затухания осадок.

Анализ фактических осадок части сооружения позволяет составить прогноз возможных величин и длительности осадок от огрузки для всего сооружения.

Недостатки этого способа: длительность времени ожидания до затухания осадок; слабое уплотнение; трудоемкость и высокая стоимость. Статическая огрузка требует дополнительной постановки и последующего удаления из сооружения огрузочных массивов (20—40% всех массивов, остающихся в сооружении).

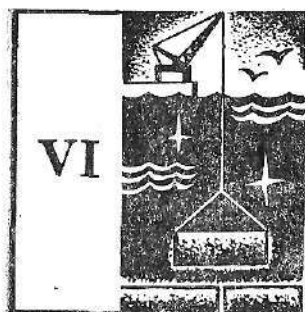
Ускоренное уплотнение каменных постелей (без применения статической огрузки) осуществляют с помощью виброуплотнения.

Виброуплотнитель состоит из железобетонного башмака, жестко соединенного с пустотелой железобетонной оболочкой диаметром 1,6 м, к которой прикреплен вибропогружатель ВП-3. Для монтажа вибропогружателя и удобства его обслуживания к наголовнику прикрепляется беседка.

Техническая характеристика виброуплотнителя

Вес, т	73,8
Одновременная площадь уплотнения, м ²	10,2
Величина возмущающей силы, т	42,5
Частота колебаний в 1 мин	408
Амплитуда колебаний, мм	2—4
Мощность электродвигателя, кВт	100

Перед установкой виброуплотнителя каменную постель тщательно разравнивают. В связи с образованием местных углублений при перестановке виброуплотнителя на новое место следует соблюдать условие: башмак необходимо ставить на расстояние примерно 1 м от ранее уплотненной зоны. Осадка виброуплотнителя достигает 40 см при толщине каменной наброски из известняков до 4 м. Время уплотнения 2,5—3,5, а с перестановкой — 7—20 мин. Осадка каменной постели составляет в среднем 8—8,5%. Наряду с механическими уплотнителями каменных постелей применяют метод уплотнения взрывами.



СТРОИТЕЛЬСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОД ВОДОЙ

1. Требования, предъявляемые к материалам подводных сооружений

Бетон. Для изготовления подводных бетонных и железобетонных сооружений используют гидротехнический бетон (ГОСТ 4795—68 и ГОСТ 4797—69*). Он должен удовлетворять требованиям стандартов по прочности, морозостойкости, водонепроницаемости и химической стойкости.

Для гидротехнических сооружений применяют тяжелые бетоны марок по прочности: 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500. В зоне переменного уровня для приготовления бетона следует применять глиноземистый цемент, сульфатостойкий портландцемент, а также низкоалюминатные портландцементы с содержанием трехкальциевого алюмината (C_3A) в клинкере не выше 8%.

Коррозионные процессы значительно снижают долговечность бетонных и железобетонных конструкций, особенно интенсивно они проходят в зоне переменного горизонта воды.

Различают три вида коррозии цементного камня в морской воде: I — растворение составных частей; II — химические реакции между составными частями цементного камня и солями, растворенными в воде; III — разрушение за счет накопления кристаллов солей в порах бетона.

При назначении марки бетона для гидротехнических сооружений необходимо учитывать гидрометеорологические факторы, агрессивно действующие на бетон (цикличность попеременного замораживания и оттаивания, химическое действие воды, удары волн и др.). Для этой цели можно пользоваться показателем агрессивности среды A , предложенным ЛенморНИИпроектом

$$A = (t_1 - t_2)nk,$$

где t_1 — самая высокая среднемесячная температура воды в зимний период, принимаемая за ряд лет;

t_2 — самая низкая среднемесячная температура воздуха в зимний период, принимаемая за ряд лет;

n — число смен горизонтов воды за зимний период для данного места;

k — коэффициент, учитывающий цикличность замораживания и оттаивания в течение суток, принимается по табл. 38.

Ориентировочные значения показателя агрессивности среды A для различных районов и гидрометеорологических условий приведены в табл. 39.

В соответствии с величиной показателя агрессивности A подбирают бетон для бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений (табл. 40).

Испытание бетона, бетонной смеси и заполнителей проводят в соответствии с требованиями ГОСТ 4800—59, ГОСТ 8735—65, ГОСТ 4798—69*, ГОСТ 4799—69.

Для защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии применяют лакокрасочные покрытия (табл. 41).

Таблица 38. Значение коэффициента k [6]

Продолжительность, ч		k
замораживания	оттаивания	
0	24	0,000
1	23	0,100
2	22	0,200
3	21	0,300
4	20	0,400
5	19	0,500
6	18	0,600
7	17	0,700
8	16	0,800
9	15	0,900
10	14	1,000
11	13	0,928
12	12	0,857
13	11	0,785
14	10	0,714
15	9	0,643
16	8	0,571
17	7	0,500
18	6	0,428
19	5	0,357
20	4	0,286
21	3	0,214
22	2	0,143
23	1	0,071
24	0	0,000

Примечание. При отсутствии данных о цикличности замораживания и оттаивания для районов с неправильным приливно-отливным режимом k принимается равным 1.

Составы битумных лаков, мастик и покрытий на основе эпоксидных смол, используемые для защиты гидротехнических сооружений, приведены в табл. 42 и 43.

Для приготовления гидротехнического бетона применяют следующие виды цементов: портландцемент, пластифицированный, гидрофобный, шлаковый, сульфатостойкий и пуццолановый портландцементы по ГОСТ 10178-62* (табл. 44).

Контроль прочности уложенного бетона производят путем испытания на сжатие серий образцов, изготовленных из рабочей бетонной смеси. Минимальное количество серий образцов бетона принимается в соответствии с данными, приведенными в табл. 45.

Каждая серия состоит не менее чем из трех кубиков одного размера. Бетон для образцов, относящихся к нормируемому для отбора проб объему бетона, берут из одного и того же замеса, бункера, автомашины.

При одновременном применении бетона различных марок нормируемый для отбора проб объем бетона относится к бетону каждой марки.

При производстве работ в зимнее время требуется отбирать дополнительно по две серии образцов по 3 шт. в каждой.

Таблица 39. Ориентировочные значения показателя агрессивности среды А [6]

Гидрометеорологические условия	Группа агрессивности внешней среды	Районы	Значение показателя агрессивности среды А
Особо суровые	A_{oc}	Побережье и острова Баренцева моря	Выше 3000 для наиболее опасной зоны в пределах квадратурной амплитуды
Суровые	A_c	Побережье Белого, Берингова, Японского, Охотского морей, Татарского пролива (включая остров Сахалин), Камчатки, Чукотки	1000—3000 для наиболее опасной зоны в пределах квадратурной амплитуды
Умеренные	A_y	Побережье Азовского, Аральского, Балтийского морей, Керченского пролива, северной части Черного моря (включая Новороссийск), северной части Каспийского моря (включая порт Махачкала и устье р. Урал)	200—1000 в зоне колебания уровня воды
Мягкоумеренные	A_{my}	Крымское, Кавказское и Каспийское побережья (исключая северную часть)	0—200 в зоне колебания уровня воды

Таблица 40. Зависимость показателей долговечности бетона от степени агрессивности внешней среды [6]

Группа агрессивности внешней среды	Марка бетона по прочности для элементов		Марка бетона по морозостойкости для элементов		В/Ц для элементов		Марка бетона по водонепроницаемости для элементов		Применяемые цементы для элементов	
	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных
A _{oc}	400	300	300	300	0,4	0,43	B-8	B-8	Среднеалюминатные низкоалюминатные портландцементы То же Среднеалюминатные низкоалюминатные портландцементы Обычные портландцементы с пониженным содержанием C ₃ A (до 8%), портландцементы с умеренной экзотермией	
A _c	400	300	300	200	0,43	0,45	B-8	B-8		
A _y	300	200	200	150	0,45	0,5	B-8	B-6		
A _{му}	150	100	100	50	0,5	0,55	—	—	Обычные и сульфатостойкие портландцементы	

Минимальное количество серий образцов для проверки прочности бетона (раствора) при омоноличивании стыков открытых каналов принимают в соответствии с данными, приведенными в табл. 46.

Таблица 41. Применение лакокрасочных покрытий для защиты бетона от коррозии [4]

Вид покрытий	Степень агрессивности среды (по СН 262-67)		
	слабая	средняя	сильная
Битумные, наносимые в холодном состоянии:			
битумный лак	+	—	—
битумная эмульсия	+	—	—
битумная мастика	+	—	—
Битумные, наносимые в горячем состоянии:			
битумная краска	+	+	—
битумная мастика	+	+	—
Холодные битумно-латексные эмульсии	+	—	—
Наносимые в горячем состоянии:			
битумно-латексные краски	+	+	—
битумно-резиновые мастики	+	+	—
битумно-полимерные мастики	+	+	—
Полимерные материалы:			
перхлорвиниловая краска	+	+	—
полимерацетатная краска	+	—	—
Эпоксидные краски, лаки и пластрасты	—	+	+

Условия хранения образцов назначают в соответствии с ГОСТ 10180—67.

Бетонная смесь в момент укладки должна иметь подвижность (измеряется осадкой конуса) или жесткость (измеряется техническим вискозиметром в соответствии с ГОСТ 10181—62 или по упрощенному пособию), соответствующую типу бетонируемой конструкции и методу ее изготовления (табл. 47).

Таблица 42. Составы лакокрасочных покрытий, приготовляемые на основе битумов, проц. [4]

Материал покрытия	Холодный битумный лак	Горячая битумная краска	Мастика				
			холодная битумная	горячая битумная		битумно-резиновая	битумно-резиновая улучшенная
				I	II		
Битум БН-III	75-25	95-80	50-55	30-55	60-65	93	88
Растворитель (бензин, керосин)	25-75	—	—	—	—	—	—
Пластификатор:							
сольерное масло	—	5-20	—	—	10-15	—	—
зеленое масло	—	—	30-25	—	—	—	—
полидиен	—	—	—	—	—	—	5
Наполнитель:							
асбест 4-го сорта	—	—	20-25	17-5	30-20	—	—
каменная мука, пылевидный известняк	—	—	—	53-40	—	—	—
резина в порошке	—	—	—	—	—	7	7

Таблица 43. Составы покрытий, приготовляемых на основе эпоксидных смол [4]

Компонент	Содержание компонентов, вес. ч.				
	I	II	III	IV	V
Смола ЭД-5 или ЭД-6	100	100	—	—	—
То же, ЭД-40	—	—	100	100	—
» ЭД-33	—	—	—	—	100
Пластификатор ДБФ	20	—	20	—	—
Отвердители:					
полиэтиленполиамин	10	—	10	—	—
полиамид ПО-200	—	100	—	80	70

Для снижения водопотребления бетонной смеси и расхода цемента, а также для повышения удобоукладываемости при приготовлении бетонной смеси следует применять поверхностно-активные добавки. Их применение не должно снижать прочности бетона в семидневном возрасте более чем на 15% для бетона на портландцементе и 20% — на шлаковом и пуццолановом портландцементях.

Для получения бетона, стойкого против истирания и кавитации,

В/Ц не должно превышать 0,4—0,45; щебень прочных горных пород должен быть размером не более 60 мм, в качестве вяжущего при неагрессивной среде следует применять портландцемент марок 500—600 с содержанием трехкальциевого алюмината не более 6—8% и трехкальциевого силиката 50—55%.

Таблица 44. Цементы, применяемые для подводных конструкций и сооружений [24]

Части сооружений	Цементы	
	в условиях неагрессивной среды	в условиях агрессивной среды: сульфатной, выщелачивающей, окислительной, углекислой и магnezияльной
Подводные, находящиеся ниже горизонта мезенных вод	Портландцемент, пластифицированный, гидрофобный и пуццолановый портландцементы; шлакопортландцемент	Сульфатостойкий портландцемент, пуццолановый сульфатостойкий портландцемент
Подвергающиеся периодически увлажнению и высыханию или замораживанию, находящиеся в зоне переменного горизонта воды	Портландцемент, портландцемент с умеренной экзотермией, пластифицированный и гидрофобный портландцемент	Сульфатостойкий портландцемент
Надводные	Портландцемент, быстротвердеющий портландцемент, пластифицированный и гидрофобный портландцементы, портландцемент с умеренной экзотермией	

Примечания: 1. Зона переменного горизонта воды определяется с учетом высоты волны и капиллярного подсоса.

2. Степень агрессивности воды-среды определяется по «Инструкции по проектированию. Признаки и нормы агрессивности воды-среды для железобетонных и бетонных конструкций» (СН 249—63 *).

3. Для бетонов марки Мрз 100 и более не допускается применение портландцемента с содержанием трехкальциевого алюмината (C_3A) более 8%.

Дозировку поверхностно-активных добавок принимают в пределах, указанных в табл. 48.

Предельные нормы расхода цемента при условии применения в бетоне соответствующих поверхностно-активных добавок принимают, кг/м³:

Наружные зоны гидротехнических сооружений в пределах переменного уровня	275
Наружные зоны в подводной части, стенки шлюзов	240
Внутренняя зона массивной плотины	160
Зуб плотины, понуры	260
Рисбермы, крепление откосов в подводной части	210
Днище шлюзов, крепление откосов в зоне переменного уровня	250

Таблица 45. Минимальное количество серий образцов бетона [24]

Конструкции	Объем бетона, нормируемый для отбора проб	Число серий образцов	
		Твердение бетона без обогрева	Твердение бетона с обогревом или пропариванием
Подводный бетон	250 м ³ , но не более объема бетона, укладываемого в отдельную конструкцию, опору	1	—
Монолитные бетонные	250 м ³ , но не более объема бетона, укладываемого в одну конструкцию, в один блок или в группу конструктивных элементов, бетонируемых без перерыва	1	2
Монолитные железобетонные	50 м ³ , но не более объема бетона, укладываемого в одну конструкцию, в один блок или в группу конструктивных элементов, бетонируемых без перерыва	1	2
Сборные бетонные и железобетонные	2 м ³ и менее от каждых 10 м ³ бетона, уложенного в группу изделий.	1	2
	Более 2 м ³ , но не менее чем от каждого изделия и не более чем от каждых 25 м ³ бетона в изделии	1	2

Таблица 46. Количество серий образцов бетона (раствора) омоноличивания, подлежащих испытанию на сжатие [24]

Бетон (раствор) омоноличивания	Объем бетона (раствора), нормируемый для отбора проб	Число серий образцов	Условия использования образцов
Стыков и узлов	От каждой омоноличиваемой конструкции, но не более чем от 5 м ³ уложенного в стыки бетона и не более объема бетона, приготовленного в течение одной смены на одних и тех же составляющих	Ненапрягаемые конструкции—2, напрягаемые—3.	Одна серия для установления марки бетона; одна серия для установления прочности бетона к моменту обжатия; одна серия для определения прочности бетона к моменту загрузки; одна серия для установления марки бетона; одна серия для установления прочности бетона к моменту складирования (замораживания)
Открытых каналов или раствор для инъектирования закрытых каналов	От каждой омоноличиваемой (инъектируемой) конструкции, но не более чем от объема, приготовленного в течение смены на одних и тех же составляющих	2	

Примечание. При пропаривании омоноличенных стыков число серий образцов увеличивается.

Таблица 47. Осадка конуса и показатели жесткости бетонной смеси по техническому вискозиметру (СНИП I-B. 3—62)

Конструкция, изделия и методы их изготовления	Осадка конуса, см	Показатель жесткости, сек
<i>Монолитные конструкции</i>		
Массивные нормированные (подпорные стенки, блоки массивов, фундаменты)	0—2	25—35
Массивные армированные, бетонируемые на месте (плиты, балки, колонны большого и среднего сечения)	2—4	15—25
Тонкостенные, сильно насыщенные арматурой (с содержанием арматуры до 1%), бетонируемые на месте	4—6	10—15
С содержанием арматуры свыше 1% — балки, опорные части и т. д.	5—8	10—15
Выполняемые путем подводного бетонирования	5—12	5—10
<i>Бетонные и железобетонные изделия</i>		
Кольца труб и другие элементы высотой до 1,2 м, формируемые с немедленной частичной или полной распалубкой	0	80—100
Панели, формируемые в горизонтальном положении с виброгрузом	0	60—80
Железобетонные элементы (колонны, сваи, прогоны, балки, плиты, бордюрные камни), формируемые на виброплощадке без пригруза	0	50—60
Тонкостенные сильно армированные конструкции, формируемые на виброплощадках	2—6	15—20
То же, насыщенные арматурой с содержанием более 1%	4—8	10—15

Примечание. Для приведения показателей жесткости бетонной смеси по упрощенному способу к показателю жесткости по техническому вискозиметру полученные значения следует умножить на 1,5.

Таблица 48. Дозировка поверхностно-активных добавок

Поверхностно-активные добавки	Количество добавки в проц. от веса цемента		Примечание
	в растворах	в бетонах	
Концентраты сульфитно-спиртовой барды	—	0,15—0,25	В расчете на сухое вещество
Асидол, мылонафт, асидол-мылонафт (после омыления или эмульгирования)	0,05—0,1	0,08—0,5	В расчете на товарный раствор мылонафта, содержащий 45—50% воды
Абиенат натрия	—	0,01—0,25	В расчете на сухое вещество
Омыленный древесный лек	—	0,01—0,05	То же

Верхний предел крупности заполнителей не должен превышать $\frac{1}{3}$ наименьшего размера конструкции из монолитного бетона, а в армированных конструкциях — $\frac{3}{4}$ наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры.

Заполнители для бетона. В качестве крупного заполнителя для гидротехнического бетона применяют щебень и гравий по ГОСТ 8267-64 и ГОСТ 8268-62 следующих фракций: 5—10, 10—20, 20—40 и 40—70 мм.

Марка щебня по прочности на сжатие должна быть, как правило, выше марки бетона не менее чем в 1,5 раза для бетона марок не ниже 300 и не менее чем в 2 раза для более высоких марок.

Щебень применяют для любых бетонных и железобетонных конструкций, гравий — только для толстостенных монолитных массивов при $M_{pз}$ не более 200.

Характеристики щебня и гравия, применяемых для подводного бетона, приведены в табл. 49.

Таблица 49. Зависимость характеристик щебня и гравия от зоны расположения бетона.

Наименование показателей	Единица измерения	Бетон зоны переменного горизонта воды	Подводный бетон
Щебень			
Предел прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии (кубиковая прочность породы)	кг/см ²	300, но не менее 1000—1200	250
Водопоглощение пород: изверженных	проц. от требуемой марки бетона	Не более 0,5	—
осадочных	»	Не более 2	—
Гравий			
Предел прочности на сжатие бетона на гравии	»	200	200
Прочность (дробимость в цилиндре) крупного заполнителя размером от 40 мм (по ГОСТ 10268—70)	—	Др 8	Др 12
Содержание лещадных и игольчатых зерен	проц. по весу, не более	15	15
Удельный вес породы	г/см ³ , не менее	2,4—2,6	2,3
Содержание глинистых и илистых фракций	проц. по весу, не более	0,5—1	2

Песок применяется в соответствии с ГОСТ 8736—67 и должен иметь модуль крупности в пределах 2—3,3.

Камень. Для набросок применяют камни изверженных и осадочных пород (табл. 50). Сланцы, гипсовые и мергелистые породы для укладки под воду непригодны.

Камень по крупности делится на пять категорий:

I	5—100 кг
II	100—1500 кг
III	1,5—4 т
IV	4—8 т
V	Свыше 8 т

Камни весом до 5 кг составляют карьерные отходы (мелочь). Для различных элементов сооружений марка камня по прочности должна быть не ниже:

Разгрузочные каменные призмы, ядро оградительных сооружений	150
Каменные постели, откосы и гребень набросок	300
Облицовка бетонной или бутовой кладки	600

Объемный вес камней осадочных пород

Марка камня	Объемный вес, t/m^3
150	1,8
300	2,1
600	2,3
800	2,4
1000	2,5

Объемный вес изверженных и метаморфических пород независимо от марки камня должен быть соответственно не менее 2,5 и 2,3 t/m^3 .

Согласно СНИП I-V.8—62 для зоны переменного уровня применяют камень марки Мрз 50—100 для районов с умеренными и суровыми климатическими условиями и марки 150 — для районов с особо суровыми климатическими условиями. Для подводных частей сооружений марка камня по Мрз не нормируется.

Металл. Для морских эстакад, пирсов, причалов используют низколегированные стали с пределом прочности не менее 50 $кг/мм^2$ и углеродистые стали с пределом прочности не менее 35 $кг/мм^2$. Трубы для свай и других конструкций применяют: бесшовные горячекатаные (ГОСТ 8732—70), сварные (ГОСТ 8696—62).

Таблица 50. Характеристика изверженных и осадочных пород

Породы	Удельный вес, $г/см^3$	Временное сопротивление сжатию, $г/см^2$
<i>Изверженные</i>		
Базальт	2,98	2200—3500
Гранит	2,65	850—2400
Диабаз	3,00	1700—2600
Доломит	2,55	750—1700
Сиецит		
<i>Осадочные</i>		
Известняк	2,6	180—550
Кварцит	2,7	1200—2000
Песчаник	2,27	400—1500

Шпунт для свай и ограждений назначают по ГОСТ 4781—55*. Фасонная сталь (балки двутавровые, швеллеры, уголки) должна удовлетворять требованиям ГОСТ 8239—72, ГОСТ 8240—72, ГОСТ 8509—72 и ГОСТ 8510—72.

Подводные металлические конструкции подвергаются коррозии в трех зонах: под водой, в зоне переменного уровня и в грунтовой зоне. Коррозия металла в морских гидротехнических сооружениях неравномерно распределяется по их высоте: интенсивность коррозии в зоне переменного горизонта (1—3 м выше спокойного горизонта) в 3—4 раза выше, чем под водой. В грунте стальные конструкции корродируют медленнее, чем под водой. Основным видом коррозии в морской среде является электрохимическая. Для повышения коррозионной стойкости на участках переменного уровня необходимо применять оцинковку методом металлизации или термодиффузии, а также гуммирование (нанесение слоя нефтестойкой

Таблица 51. Сортность лесоматериалов в зависимости от назначения конструкций [24]

Категория элементов	Назначение и степень нагруженности конструкций	Лесоматериалы	
		круглые	пиленные
I	Растянутые и растянуто-изгибаемые элементы конструкций, работающие с использованием 70% расчетного сопротивления древесины, а также изгибаемые элементы мостов и гидротехнических сооружений 3-го класса	2	1
II	Сжатые, растянутые и изгибаемые элементы конструкций, работающие с использованием расчетного сопротивления древесины до 70% (элементы подмостей, сваи, опалубка и пр.)	2	2
III	Нерасчетные малоответственные элементы конструкций (элементы времянков, обрешетка под кровлю и т. п.)	3	3

резины и битума горячим способом). В подводной зоне для борьбы с коррозией можно применять окрашивание этинолевыми красками или электрохимическую защиту (протекторную или катодную).

Арматурная сталь, используемая для изготовления железобетонных конструкций, должна удовлетворять требованиям ГОСТ 380—71, ГОСТ 5781—61* и ГОСТ 5058—65*.

Лесоматериалы. В подводном строительстве применяют лесоматериалы хвойных пород. Они должны удовлетворять требованиям СНиП I-V. 13—62, СНиП I-V. 28—62, ГОСТ 9463—60* и ГОСТ 8486—66.

Для подводных конструкций применяют лесоматериалы с влажностью более 25%.

В зависимости от назначения и степени нагруженности элемента конструкции употребляют сорта круглого леса и пиломатериалов, указанные в табл. 51.

Лесоматериалы для гидротехнических сооружений не должны иметь пороков, допускаемых данными, приведенными в табл. 52 и 53.

Таблица 52. Допускаемые пороки древесины в пиломатериалах для конструк-
ций постоянного назначения [24]

Порок	Категория элементов		
	I	II	III
Гниль	Не допускается		
Червоточина	Не допускается		Допускается только поверх- ностная (короед) на обзолных частях
Сучки, кроме гнилых и табач- ных	Допускаются при условии, если: а) расстояние между мутовками не менее: 50 см 40 см Не нормируется б) на длине 20 см сумма размеров всех сучков на пласте или кромке вне зон соединений не более: $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{2}$ соответствующей стороны элемента ширины элемента в) то же, в зонах соединений: $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{4}$ Не нормируется стороны элемента		
Сучки табачные и гнилые	Не допускаются	Допускаются не более 1 шт. на 1 м и размером не более: 20 мм 50 мм	
Пасынки	Не допускаются		Допускаются
Наклон волокон (косослой)	7%	Допускается не более: 10% 15%	
Трещины	Вне зон соединений допускаются: а) глубиной (при симметричном расположении на противоположных сторонах элемента суммарной глубиной) не более: $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{3}$ Не нормируется толщины элемента б) длиной в брусках—каждая в отдельности, а в досках общим протяжением на одной стороне не более: $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{3}$ То же длины элемента		
	Трещины по плоскости скалывания в зонах соединений не допускаются		
Сердцевина	Не допускается в досках толщиной 60 мм и менее		Не допускается в балках из до- сок на ребро при толщине досок 60 мм и менее

Таблица 53. Допускаемые пороки древесины в бревнах для элементов несущих конструкций постоянного назначения [24]

Порок	Категория элементов		
	I	II	III
Гниль	Не допускается		
Червоточина	Не допускается		Допускается только поверхностная (повреждение короедом)
Сучки, кроме гнилых и табачных, допускаются при условии, если:			
расстояние между мутовками не менее	50 см	30 см	Не нормируется То же
сумма размеров всех сучков в пределах одной мутовки не более	$\frac{3}{4}$	1	
	диаметра бревна		
размеры сучков вне зон соединений не более	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	Не нормируется То же
	диаметра бревна		
размеры сучков в зоне соединений не более	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	
	диаметра бревна		
Сучки гнилые и табачные	Не допускаются		Допускаются размером не более $\frac{1}{5}$ диаметра бревна в количестве не более 1 шт. на длине 2 м
	То же		Допускаются
Пасынки	Допускаются не более:		
Наклон волокон (косослой)	10%	15%	
Трещины	Вне зон соединений допускаются:		
	при симметричном расположении на противоположных сторонах элемента суммарной глубиной не более		»
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	»
	диаметра бревна		
	протяжением каждая не более:		
	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	»
	длины элемента		

Примечание. По плоскостям скалывания в зонах соединений трещины не допускаются.

Наиболее опасными зонами для деревянных конструкций гидротехнических сооружений являются зона переменного горизонта воды и надводная.

Для защиты деревянных элементов от морских древоточцев применяют антисептики.

Древесина для элементов несущих конструкций проверяется на прочность в соответствии с ГОСТ 11493—65, ГОСТ 11497—65 и ГОСТ 11499—65. Неудовлетворительную механическую прочность древесины определяют также по внешним признакам:

ненормальная окраска, отличающаяся от естественного цвета древесины данной породы;

тупой, незащепистый излом тонкой лучинки;

хрупкость стружки от строгания поверхностного слоя.

2. Плавающие краны, применяемые в строительстве

По конструкции плавающие краны делят на универсальные, сборно-разборные и комбинированные; по назначению — на речные и морские. Морские краны в большинстве самоходные, речные перемещаются при помощи буксирных судов.

Для строительства сооружений на внутренних водных путях применяют универсальные плавающие краны грузоподъемностью от 10 до 60 т (табл. 54), сборно-разборные краны грузоподъемностью 30—100 т (табл. 55), копры-краны грузоподъемностью 25—30 т и комбинированные сухопутные краны, устанавливаемые на плавающие средства.

Универсальные плавающие краны грузоподъемностью 30—60 т (табл. 56) применяют как на внутренних водных путях, так и на море (основное назначение). Универсальные краны грузоподъемностью 90—100 т применяют для морских гидротехнических работ, при монтаже и погрузке тяжеловесных и длинномерных конструкций. Они громоздки, для управления ими требуются большие обслуживающие команды, а для передвижения — буксиры мощностью 400—500 л. с.

Для перевозки и установки пространственных конструкций нефтяных вышек и для подъема судов применяют уникальные плавающие краны (табл. 57).

Для морского и речного гидротехнического строительства применяют плавающие копры-краны с качающимися стрелами грузоподъемностью 10 и 30 т (табл. 58). Эти краны являются неповоротными и предназначены для погружения стального и плоского железобетонного шпунта, одиночных железобетонных свай и оболочек диаметром до 1 м. Кроме того, эти краны могут применяться при установке конструкций на высоте до 25 м. Копры-краны могут работать на защищенных от волнения акваториях. Комбинированные краны — это те же сухопутные, установленные на плашкоуты (табл. 59). Для этой цели используют край-экскаваторы, а также

Таблица 54. Техническая характеристика универсальных плавучих кранов для речного строительства

Наименование показателей	Единица измерения	Тип			
		КПЛГ/К 10-30	КПЛ 15-30	Вал-мет*	Бел-херт*
Максимальная грузоподъемность	т	10	15	10	15
Вылет стрелы (от оси вращения) при максимальной грузоподъемности	м	30	30	18	25
Высота крюка при указанном вылете стрелы *	»	19,6	22	25	15
Грузоподъемность при наибольшем вылете стрелы	т	10	15	5	15
Минимальный вылет стрелы	м	7,5	10	9	8
Высота крюка при минимальном вылете стрелы	»	22	23	28	15
Емкость грейфера	м ³	3	5	2	7,5
Скорость:					
подъема груза	м/мин	49	46	15-30	45
изменения вылета стрелы	»	51	42	40	45
Время оборота на 360°	мин	0,7	0,8	1	0,7
Размеры понтона:					
длина	м	30	28,4	22	38
ширина	»	15	15	13	14
Осадка понтона	»	1,0	1,04	1,3	1,8
Высота в транспортном положении	»	10	9,6	12	12
Грузовое водоизмещение	т	400	400	320	810
Скорость собственного хода	км/ч	Несамоходные			11

* Высота крюка дана от горизонта воды без учета крена крана (2—3°).

Таблица 55. Техническая характеристика сборно-разборных плавучих кранов

Наименование показателей	Единица измерения	Тип			
		ПРК-30/40	ПРК-100		
			основной сборки		облегченной сборки на главном крюке
			главный крюк	вспомогательный крюк	
Максимальная грузоподъемность	т	40	100	30	70
Вылет стрелы от торца понтона при максимальной грузоподъемности	м	2	10,5	12,5	5,0
Высота крюка при указанном вылете стрелы	»	30	30	33	30
Вылет от торца понтона:					
максимальный	»	20,5	20	22	20
минимальный	»	0	3	5	3
Грузоподъемность при максимальном вылете стрелы	т	15	55	15	28
Высота крюка при вылете:					
максимальном	м	15,5	24	26,5	24
минимальном	»	30,5	32	35	32
Скорость подъема груза	м/мин	0,9	1,7	3,0	1,7
Время оборота на 90°	мин	—	—	2,5	—
Размеры плашкоута:					
длина	м	27,1	28,8	—	28,8
ширина	»	10,5	21,6	—	14,4
Осадка при работе	»	1,01	1,55	—	1,50
Расстояние от оси вращения до торца плашкоута	»	—	12,9	—	—
Количество понтонов	шт.	12	—	24	16
Вес крана без понтонов и противовеса	т	61	—	205	125
Высота крана при спущенной стреле	м	14	—	16	16
То же, после демонтажа мачты, подкоса и противовеса	»	6	—	7	7
Скорость собственного хода	км/ч	9	Несамходные		
Водоизмещение	т	150	—	530	400

Примечания: 1. Высота крюков дана от горизонта воды без учета крена крана (1,5—2°).

2. Показатели крана ПРК-30/40 даны для главного крюка.

3. Показатели крана ПРК-100 облегченной сборки при вспомогательном крюке такие же, как и у крана основной сборки.

Таблица 56. Техническая характеристика универсальных плавучих кранов грузоподъемностью 30—60 т

Наименование показателей	Единица измерения	Тип				
		"Турней"	"Блейхерг"	Отечественные	"Драво"	Отечественный проект
Максимальная грузоподъемность	т	30/8	50/10	50/10	60/15	60/15
Вылет стрелы при максимальной грузоподъемности	м	13,7/36	28,5/40	28,2/39,2	22,5/32	19/41,8
Высота крюка при указанном вылете	»	32/17	38/31	38/32,5	24/20	38,4/10,4
Вылет стрелы от оси вращения:	м	33,6/36	35,2/40	35,2/39,2	30,4/32	25,3/41,8
максимальный	»	13,7 около 15	14/16,7	14/15	13,1/14,5	14/15,5
минимальный	»	10,5/8	40/10	40/10	15,6/15	50/15
Грузоподъемность при максимальном вылете	т	15 около 17	30/31	30/32,5	18/20	35/10,4
Высота крюка при вылете:	м	32/34	41,5/45	44,5/48,5	27/29	39/39,8
максимальный	»	5	5	5	7	3—5
минимальный	м ³	12/30	4,5/30	4,5/8,3	7/18	5,5/20,9
Емкость грейфера	м ³	5	4	3,5	2,5	5,15
Скорость:	м/мин	2	4,25	4,0	—	4
подъем груза	»	45 и 36	40	40	36,6	46,5
изменения вылета стрелы	мин	16	20	19,5	18,3	17,64
Время оборота на 360°	м	2	—	—	—	—
Размеры корпуса судна:	»	0,8—1,0	3,03	2,5	1,84	2,70
длина	м	200	2,00	2,0	200	2,47
ширина	»	12	15	17	16	200
Осадка:	м	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный
максимальная	»	12	6—7	6,4	16	14,5
Вес груза, принимаемого на палубу	т	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный
Высота в транспортном положении (после частичного демонтажа)	м	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный
Скорость собственного хода	км/ч	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный	Несамостоятельный

Примечания: 1. Высота крюка дана от горизонта воды без учета крана (3—5°).
2. В числителе — для основного крюка, в знаменателе — для вспомогательного.

жестконогие деррики и козловые краны. Для плашкоутов применяют инвентарные понтоны типа КС-3 грузоподъемностью 27 т, собирая их сплошными или в виде катамарана. Для объединения применяют инвентарные стальные конструкции типа УИКМ. Такие краны применяют для погрузки и погружения шпунта и свай.

Таблица 57. Техническая характеристика плавучих кранов грузоподъемностью свыше 150 т

Наименование показателей	Единица измерения	Тип					
		завода „Красное Сормово“		фирмы „Демаг“		„Богатырь“	
		главный крюк	вспомогательный крюк	главный крюк	вспомогательный крюк	главный крюк	вспомогательный крюк
Максимальная грузоподъемность	т	250	140	2×175	2×30	300	100
Вылет при максимальной грузоподъемности	м	40	65	30	55	27,2	48,2
Высота крюка при указанном вылете	»	56	60	55	57	43	36
Вылет стрелы:							
максимальный	м	46	65	60	55	38,2	48,2
минимальный	»	25	34	30	20	16,2	19,5
Грузоподъемность при максимальном вылете	т	200	140	50	60	150	100
Высота подъема крюка при вылете:							
максимальном	м	48	60	52	55	46	60
минимальном	»	65	86	55	70	28,4	36
Скорость:							
подъема груза	м/мин	3	5,1	2,4—8	10—17	3	9
изменения вылета стрелы	»		2,2		7		6
Время оборота на 360°	мин		9,27		10		6
Размер корпуса судна:							
длина	м		129,7		62,5		54,5
ширина	»		50,5/18*		33		25,2
Расстояние от оси вращения до торца (носа)	»		9 (до борта)		16,5		12,6
Осадка	»		3,5—4,0		3,1		2,8—2,04
Высота при транспортировке	»		55		85		32
Вес груза, принимаемого на палубу	т		1500		1000		900
Водоизмещение	»		11400		5000		3150
Скорость самохода	км/ч		18,5		11		11

* В числителе дана ширина двух судов, в знаменателе — одного.

Проекты кранов для речных условий должны соответствовать требованиям ГОСТ 5534—70 и правилам Речного Регистра, а для морских условий — правилам Морского Регистра СССР.

Районы работы и плавания для кранов по правилам Речного Регистра делятся на три группы и обозначаются условно:

Озера, водохранилища, низовья крупных рек	О
Крупные реки, небольшие озера	Р
Все остальные реки, верховья крупных рек	Л

По правилам Морского (Речного) Регистра все краны до пуска в работу должны быть освидетельствованы и испытаны. После изготовления или монтажа производят первоначальное техническое освидетельствование; один раз в три-четыре года — очередное, после ремонта, аварии — внеочередное. При проведении Морского Регистра краны испытывают пробной нагрузкой.

Коэффициент перегрузки при испытании кранов грузоподъемностью, т:

До 20	1,25
20—50	1,1+5
Свыше 50	1,1

Если грузоподъемность крана зависит от вылета стрелы, испытания проводят на обоих крайних вылетах.

При проведении Речного Регистра кран испытывают статической нагрузкой (груз поднимают на 10 см выше уровня палубы и выдерживают в течение 10 мин, затем поднимают груз на 25% большей грузоподъемности крана) и динамической нагрузкой, превышающей рабочую на 10% (двукратный подъем и опускание груза,

Таблица 58. Техническая характеристика плавучих копров-кранов

Наименование показателей	Единица измерения	Тип		
		СССМ-680	„Нил-ленс“	„Юби-гау“
Максимальный вылет стрелы от носовой кромки понтона (торца)	м	9	6,5	6,5
Грузоподъемность на максимальном вылете стрелы	т	13	10	10
Высота крюка над водой при максимальном вылете и грузоподъемности	м	—	18	—
Максимальная грузоподъемность копра как крана	т	25	30	30
Вылеты стрелы при максимальной грузоподъемности	м	4,4	3,25	3,25
Полезная высота от воды при вертикальной стреле (до молота)	»	24	25,4	25,4
Максимальный наклон вдоль понтона	—	1:3	1:3	1:3
То же, поперек понтона (на борт)	—	Не допускается		1:10
Максимальный вес забиваемых свай	т	13	12	12
То же, парового молота	»	6	8	8
Тип вибропогрузателя	—	ВП-30А; ВП-3		
Размеры понтона:				
длина	м	27,8	25	28,0
ширина	»	12,3	10	13,4
Осадка	»	1,3	1,5	1,5
В походном положении:				
высота	»	9,4	11	10,5
длина	»	39	40	41,5

Т а б л и ц а 59. Техническая характеристика комбинированных кранов на плавучих средствах

Наименование показателей	Едини- ца из- мере- ния	Тип					
		Гусеничные			Деррик-краны		
		Э-2508 на плашкоуте	Э-1254 на портаке	ДГ-2 на плашкоуте	ГМК-12/20 на портаке	ДК-45/60 на башне	ДК-45/60 на башне
Максимальная грузоподъемность	т	20	15	10	20	45	60
Длина стрелы	м	30	12,5	20	20	32	26
Вылет стрелы при максимальной грузо- подъемности от плашкоута	»	$\frac{5,4}{1,8}$	$\frac{2,0}{-8,6}$	$\frac{17,1}{12,6}$	$\frac{11,0}{-0,40}$	$\frac{12,6}{7,1}$	$\frac{2,4}{0,5}$
Высота подъема крюка над водой при указанном вылете	»	29	19,5	20	19,5	37	44
Вылеты стрелы от плашкоута:							
максимальный	м	$\frac{24,0}{20,4}$	$\frac{7,0}{-3,6}$	$\frac{17,1}{12,6}$	$\frac{18,8}{6,2}$	$\frac{22,5}{17,0}$	$\frac{10}{8}$
минимальный	»	$\frac{5,4}{1,8}$	$\frac{2,0}{-8,6}$	$\frac{1,6}{-2,9}$	$\frac{3,3}{-9,3}$	$\frac{-0,40}{-5,90}$	$\frac{-8,90}{-10,90}$
Грузоподъемность при максимальном вы- лете	т	3,5	5,5	10	12	29	32
Высота подъема крюка над водой при вылете:							
максимальном	м	14,3	16,8	2,0	10,5	21	25
минимальном	»	29	19,5	19	25	44	50
Емкость гриффера	м ³	3	1,5	1,5	1,5	Не предусмотрен	

Тип

Наименование показателей	Единица измерения	Гусеничные			Дerrick-краны		
		Э-2503 на плашкоуте	Э-1254 на портале	ДГ-2 на плашкоуте	ГМК-12/20 на портале	ДК-45/60 на башне	ДК-45/60 на башне
Размеры плашкоута:	м	18	21,6	19,8	21,6	32,4	43,2
длина	»	14,4	27,2	14,4	27,2	28,8	36
ширина	»	1,36	0,96	0,9	1,04	1,44	1,18
Осадка в рабочем положении	»	0,88	0,70	—	0,87	1,16	0,57
То же, в транспортном	—	2°33'	0°84'	—	1°11'	1°50'	1°02'
Максимальный дифферент	—	3°0'	0°33'	—	1°10'	2°40'	1°21'
Максимальный крен	м	0	7,8	0	7,8	16,7	29,0
Высота порталных или башенных подмостей над палубой	»	8	13	13	21	36	47
Полная высота от воды при опущенной стреле	шт	10	12	10	12	33	52
Количество понтонов типа КС-3	т	0	52	0	54	102	184
Вес конструкций типа УИКМ	т	10	12	6	18	26	70
Вес индивидуальных металлоконструкций							

Примечания: 1. В числителе — от торца плашкоута; в знаменателе — от борта. Знак минус означает вылет внутрь.

2. При плавучих подмостях порталного типа плашкоут состоит из двух рядов понтонов $21,6 \times 7,2$ м. Продольный вылет стрелы (от торца) в этом случае считается от кромки порталных подмостей.

десятикратный поворот стрелы с одного борта на другой с изменением вылета стрелы до обоих крайних положений). Результаты испытаний заносят в регистрационную книгу крана.

Грузовые, стреловые и поворотные тросы должны иметь запас прочности, равный 5,5. Отношение диаметра блоков к диаметру тросов должно быть не менее 18. Стропы должны иметь запас прочности, равный 6—7.

Плавучие краны самоходные должны иметь якорные устройства адмиралтейского типа (ГОСТ 760—61*) и типа Холла (ГОСТ 761—61). Вес якорей назначают в зависимости от района плавания и скорости течения по якорной характеристике $N_{\text{я}}$, которую вычисляют по формуле

$$N_{\text{я}} = L(B + H) + A,$$

где L — длина;

B — ширина;

H — высота борта плашкоута;

A — величина поправки на надстройку.

Величину A определяют по формуле

$$A = k \sum (l_1 h_1 + l_2 h_2 + \dots + l_i h_i),$$

где при общей длине надстроек более 0,5 L $k = 1,0$, менее 0,5 L — 0,5;
 $l_1 h_1, l_2 h_2, \dots, l_i h_i$ — произведение длины каждой надстройки на высоту.

При вычисленной якорной характеристике определяют число и вес носовых якорей и длину якорных цепей, сверяя их с нормами (табл. 60). Кроме того, на кране рекомендуется иметь кормовой якорь весом, равным 0,5—0,3 веса носовых.

Таблица 60. Нормы снабжения якорями и цепями самоходных судов [5]

Якорная характеристика, м^2	Разряд Л, скорость течения до 6 км/ч			Разряд Р, скорость течения до 6 км/ч			Разряд О		
	Число якорей, шт.	Общий вес якорей, кг	Длина цепей, м	Число якорей, шт.	Общий вес якорей, кг	Длина цепей, м	Число якорей, шт.	Общий вес якорей, кг	Длина цепей, м
200	1	100	40	1	150	50	2	250	125
300	1	150	50	1	200	75	2	350	125
400	1	200	50	2	300	100	2	450	125
500	1	250	50	2	400	100	2	500	125
600	1	300	50	2	500	100	2	600	150
800	2	600	75	2	650	100	2	800	150
1000	2	700	75	2	750	100	2	1000	150
1200	2	800	100	2	850	100	2	1200	150
1400	2	900	100	2	1000	125	2	1300	175
1600	2	1000	100	2	1200	125	2	1500	175
1800	2	1200	100	2	1400	125	2	1700	175
2000	2	1400	100	2	1500	125	2	1900	175

Примечания: 1. При двух якорях вес одного из них принимают 0,5—0,65 общего веса, приведенного в таблице.

2. Нормы составлены применительно к якорям Холла (ГОСТ 761—61).

Работа кранов при волнении водной поверхности и ветре допускается в зависимости от местных условий и характера работ (табл. 61).

Таблица 61. Условия, при которых допускается работа плавучих кранов [5]

Краны грузоподъемностью	Волнение, баллы	Высота волны, м
Универсальные до 100 т	2	0,75
Уникальные 150—200 т	3—4	1,25—2,0
Сборно-разборные	—	До 0,5

Примечание. Работа крана допускается при скорости ветра 13 м/сек; при перевозке груза на стреле крана — 7,4 м/сек.

3. Подводное бетонирование

Подводное бетонирование применяется при возведении подводных частей сооружений и их ремонте.

Подводное бетонирование с берега или причала в закрытой акватории допускается производить при волнении водной поверхности не свыше 3 баллов, а на открытой акватории — не свыше 2 баллов.

При спуске водолаза под воду должны подниматься, а при выходе из воды спускаться предупредительные сигналы. Швартовка судов и плавсредств к водолазным ботам запрещается. Суда должны малым ходом проходить на расстоянии не менее 50 м от борта судна, с которого ведутся водолазные работы. Нахождение водолаза внутри опалубки во время бетонирования запрещается. Проверку состояния опалубки водолаз должен производить с наружной стороны. При обнаружении деформации опалубки во время укладки бетонной смеси работы немедленно прекращают.

Смеси, применяемые для подводного бетонирования, должны отвечать требованиям ГОСТ 4795—68 и готовиться с использованием цемента, рекомендуемых для подводных конструкций:

Марка бетона	200	250	300	400	500
Марка цемента	400—500	500	500	600	600—700

Водоцементное отношение (В/Ц) следует назначать в соответствии с данными табл. 62.

Прочность подводного бетона при подборе его состава назначают на 15—20% выше проектной прочности в сооружении.

Таблица 62. Максимальные В/Ц бетонной смеси [24]

Зона расположения частей сооружения	В/Ц для среды			
	Неагрессивной	Агрессивной		
		слабой	средней	сильной
Подводная ниже горизонта меженных вод, омывается без напора	0,60	0,55	0,50	0,45
Зона переменного горизонта воды	0,55—0,60	0,50	0,45	0,40

Подводное бетонирование осуществляют несколькими способами.

Способ вертикально перемещаемой трубы (ВПТ). Сущность подводной укладки бетонной смеси способом вертикально перемещаемой трубы (ВПТ) заключается в непрерывной подаче бетонной смеси по опущенной сквозь толщу воды и погруженной в бетонную смесь на дне котлована трубе в условиях, исключающих вымывание цемента. Только верхний слой первой порции бетонной смеси соприкасается с водой, весь остальной объем бетонной смеси, поступающий через нижний конец трубы, остается защищенным верхним слоем от контакта с водой. Подводное бетонирование способом ВПТ можно производить при глубине воды от 1,5 до 50 м и толщине укладываемого слоя бетона не менее 1 м.

Для бетонирования применяют трубы диаметром 200—300 мм с толщиной стенок 3—5 мм, собранные из звеньев длиной не более 0,5—1,0 м с водонепроницаемыми соединениями. К верхней части трубы присоединяют раздаточный бункер объемом 3 м³.

Бетонная смесь для подводного бетонирования готовится в соответствии с требованиями СНиП III-V. 1—62.

Бетонную смесь принимают литой консистенции с осадкой конуса 16—20 см (при укладке бетона без вибрации труб) и 14—16 см (при вибрировании). Крупность применяемых заполнителей должна быть не более 1/4 диаметра трубы. Укладку бетонной смеси в полость оболочек, скважин и уширений необходимо производить, как правило, через одну бетонолитную трубу, устанавливаемую по центру оболочки.

Для бетонирования водозащитной подушки в котлованах количество труб определяется в зависимости от размеров и конфигурации водозащитной подушки. Необходимо, чтобы вся площадь котлована была перекрыта зонами действия труб.

Радиус действия бетонолитной трубы определяется интенсивностью бетонирования и свойствами бетонной смеси по формуле

$$R=6kI,$$

где k — показатель сохранения подвижности смеси, ч , определяемый по графику (рис. 18);

I — интенсивность бетонирования (применяется в диапазоне 0,5—0,4 м³/м² · ч).

Продолжительность транспортирования бетона от момента выгрузки из мешалки до укладки в трубу для смесей с показателем подвижности $k=60$ мин и более не должна превышать 30 мин; для смесей с показателем k — менее 60 мин — половины значения величины k .

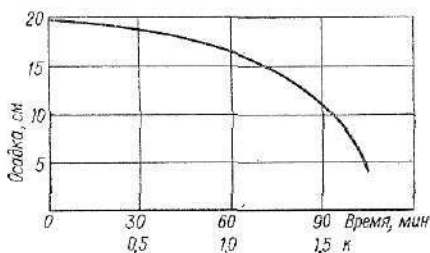


Рис. 18. Кривая подвижности бетонной смеси для определения величины показателя k .

Необходимое заглубление труб t в укладываемую смесь в зависимости от ее подвижности и интенсивности бетонирования должно отвечать условию

$$t \leq kI,$$

где t — наибольшее заглубление, м, которое может быть получено при данном значении показателя сохранения подвижности k , η , и интенсивности бетонирования I , $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

Минимальное заглубление труб в укладываемую бетонную смесь на протяжении всего времени бетонирования должно быть не менее:

Глубина бетонирования от поверхности воды, м	До 10	Более 10	Более 20
Минимальное заглубление, м	0,8	1,2	1,5

Превышение столба бетонной смеси в трубе над водой в любой момент бетонирования должен быть не менее величины, определенной по формуле

$$h = R - 0,6H,$$

где R — радиус действия трубы, м;

H — высота столба воды над уровнем бетона в блоке, м.

Бетонирование способом ВПТ производят в следующем порядке.

Перед началом подводного бетонирования раздаточный бункер заполняют бетоном. Во избежание попадания бетона в трубу ее закрывают предохранительной пробкой. После заполнения бункера бетоном производят срезку тросика, удерживающего предохранительную пробку, и бетон поступает в трубу, вытесняя воду. Необходимо следить, чтобы в процессе бетонирования труба была постоянно заполнена бетоном, а нижнее отверстие ее опущено в уложенный бетон на глубину около 1 м с тем, чтобы обеспечивалась надежная изоляция выходящего из трубы бетона от соприкосновения с водой. Перемещение трубы в горизонтальном положении не допускается.

Если в процессе бетонирования случается прорыв воды в трубу, работы прекращают. Трубы извлекают и возобновляют укладку бетона только после того, как уложенный бетон получит прочность 25 кг/см^2 .

Если в трубе образуются бетонные пробки, преграждающие подачу бетона, трубу несколько приподнимают, чтобы увеличить скорость движения бетонной смеси. При поднятии необходимо следить, чтобы нижний конец трубы не выходил из бетона, уложенного под водой. Для увеличения скорости движения смеси можно подключить к трубе вибратор.

Распалубку массивов и осмотр их производят водолазы. Время распалубки зависит от вида применяемого цемента, температуры воды и скорости течения. При слабом течении воды и применении бетона на портландцементе марки 400 опалубку снимают через 2—3 дня.

Способ восходящего раствора (ВР). Бетонирование способом восходящего раствора (ВР) осуществляют путем подачи цементного раствора в блок, предварительно загруженный крупным заполни-

телем. Крупный заполнитель сбрасывать в воду не допускается. Его укладывают под воду бадьями. После прекращения отсыпки водолазы выравнивают заполнитель.

В качестве крупного заполнителя для подводной бутовой кладки используют камень крупностью 150—400 мм, а для подводного бетона марки 150 и выше — щебень крупностью 40—150 мм с объемом пустот более 45%.

Пустоты между предварительно уложенным крупным заполнителем заполняются раствором пластичной консистенции с крупностью частиц до 3 мм с мелкомолотыми пластифицирующими добавками для улучшения удобоукладываемости и водонепроницаемости.

Заливка крупного заполнителя цементно-песчаным раствором может применяться на глубинах не свыше 20 м, а щебеночного заполнителя — до 50 м.

Цементный раствор на заполнителе с объемом пустот 40—50% состава 1 : 1 или 1 : 2 с В/Ц=0,65—0,85 и расходом цемента марки не ниже 300 до 300—370 кг на 1 м³ сооружения или 500—750 кг на 1 м³ раствора заливается через трубы, которые устанавливают в ограждающих шахтах в целях их свободного подъема и опускания (безнапорное бетонирование), или через трубы, помещаемые в массу крупного заполнителя для полного использования напора от веса столба или растворонасоса (напорное бетонирование).

Трубы применяют диаметром 37—100 мм. Для непрерывной подачи раствора сверху их оборудуют жесткими воронками. Радиус действия труб назначают не более 3 м при заливке камня и не более 2 м — при заливке щебня.

Трубы при бетонировании способом ВР устанавливают на некотором расстоянии от грунта. В процессе работ труба должна быть постоянно погружена в укладываемый раствор на глубину не менее 0,8 м. Интенсивность подачи раствора должна быть не менее 0,2 м³/ч на 1 м² площади сооружения.

При слабом заполнении пустот между крупным заполнителем цементным раствором применяют вибрирование, в результате чего прочность бетона увеличивается на 10%.

Способ втрамбовывания бетонной смеси. Подводное бетонирование способом втрамбовывания бетонной смеси применяют при глубине воды до 1,5 м. Сущность способа заключается в том, что бетон укладывают с берега от уреза воды или с бетонного островка, причем последующие порции бетона укладывают и втрамбовывают в ранее уложенные, но еще не схватившиеся. Поэтому с водой соприкасается откос бетона, а втрамбовываемая смесь остается изолированной от воздействия воды. Размеры бетонируемого блока в плане назначают с таким расчетом, чтобы один из размеров был больше двойной глубины бетонирования.

Опалубка бетонируемого блока должна быть достаточно прочной и жесткой, чтобы противостоять воздействиям статических и динамических нагрузок, возникающих в процессе укладки бетона, а настил подмостей из досок толщиной 40 мм должен выдерживать нагрузку 300 кг/м².

Укладку бетона начинают в одном из углов блока с помощью бадьи, вывешенной на 30 см выше поверхности воды. Подвижность бетонной смеси, при которой образуется островок с подводным откосом под углом 35—40° к горизонту, находится (по осадке конуса) в пределах 5—7 см. Островок выводят выше поверхности воды не менее чем на 30 см.

Втрамбовывание бетонной смеси необходимо производить с интенсивностью, обеспечивающей укладку свежего бетона в интервалах между его подачей. Перерывы в бетонировании одного блока не должны быть более одного часа.

Вибрирование каждой порции смеси производят электровибратором, работающим от сети напряжением 36 в. Вибрирование смеси следует производить выше уровня воды на 20—30 см.

Укладка бетонной смеси в мешках. Этот способ применяется как временная мера для ликвидации аварий и при ремонтах, в основном, в местах, защищенных от волнения. Работы выполняют водолазы вручную.

Мешки для бетонной смеси изготавливают из редкой, но плотной ткани. Объем больших мешков составляет 10—20 л, а малых — 5—7 л.

Мешки необходимо заполнять смесью не более чем на $\frac{2}{3}$ объема и прочно завязывать, придав им стелющуюся форму. Бетонная смесь, укладываемая в большие мешки, должна иметь наибольшую крупность заполнителя 40 мм, а в малые — не более 10 мм. Подвижность бетонной смеси по осадке конуса назначают в пределах 20—50 мм. Заполнять мешки сухой бетонной смесью запрещается.

Количество изготовленных мешков назначают с таким расчетом, чтобы обеспечить непрерывную укладку бетона в течение 1 ч.

Не допускается сбрасывание бетонной смеси в мешках водолазу. Мешки опускают к месту укладки в специальных сетках или по спусковому концу. Их укладывают с перевязкой швов на высоту не более 2 м. Рекомендуется прошивать мешки металлическими штырями диаметром 10—12 мм длиной 30—40 см.

Контроль качества. При подводном бетонировании требуется непрерывный контроль за соблюдением технологического режима бетонирования и качеством бетона. Результаты наблюдений регистрируются в журнале подводного бетонирования, в котором обязательно отражаются основные показатели:

интенсивность бетонирования — по объему бетона (раствора), выданному бетонным заводом;

величина заглубления труб — сравнением отсчетов по делениям на трубах с отметкой уровня бетона (раствора);

уровень бетона (раствора) в трубах — визуальным наблюдением или измерением при помощи лота через трубу;

уклон поверхности уложенного бетона (раствора) в блоке — измерением глубины в блоке в контрольных точках (шахтах) футштоками или лотами;

отсутствие утечки бетона (раствора) из блока — периодическими

водолазными осмотрами наружного контура опалубки и сравнением объема уложенного бетона с объемом бетона в блоке, устанавливаемом по данным промеров.

Бетонную смесь для изготовления контрольных образцов при подводном бетонировании следует отбирать из смесителей для контроля подвижности смеси и непосредственно из бетонируемого блока — для контроля качества свежесуложенной смеси.

Пробы из блоков бетонирования отбирают с помощью специальных ковшей, укрепленных на штанге (типа желонок). Для контроля подвижности бетонной смеси пробы отбирают каждый час, а также при всех изменениях состава бетона.

Для проверки прочности бетона (раствора) на сжатие отбирают по 3 кубика одного размера из 50 м³ кладки, но не более объема бетона, укладываемого в одну оболочку или фундамент отдельной опоры. Контрольные образцы, предназначенные для проверки фактической прочности подводного бетона, выдерживают в нормальных условиях по ГОСТ 10180—62.

Качество уложенного подводного бетона можно определять с помощью неразрушающих методов, например, прибором ПИБГ-2 (см. стр. 12).

Отклонения в положении осей бетонируемых конструкций от проектных должны быть не более ± 25 мм, а в размерах конструкций в плане и в высотных отметках ± 50 мм.

4. Установка массивов правильной кладки

Для сооружений из массивов правильной кладки применяют обыкновенные массивы из бетона марки 200 весом до 100 т. Расчет сооружений из массивовой кладки и оснований под них производят по расчетным предельным состояниям согласно СНиП II-A. 10—62, СНиП II-И. 2—62 и СНиП II-B. 3—62. Кроме расчета устойчивости стенки в целом, проверяют устойчивость и прочность стенки по швам и штрабам.

Расчет на сдвиг по швам заключается в проверке соблюдения условия

$$\frac{Qf}{P_{\text{ш}}} \geq k_c,$$

где Q — сумма вертикальных сил, действующих выше шва, т;

$P_{\text{ш}}$ — сумма горизонтальных сил, действующих выше шва, т;

$f=0,6$ — коэффициент трения бетона по бетону;

$k_c=1,2 \div 1,3$ — коэффициент запаса на сдвиг.

Величины горизонтальных и вертикальных сил, действующих выше штрабы, определяют с учетом волнового давления.

Проверку на опрокидывание производят путем сравнения суммы моментов сил веса отдельных частей стенки ($M_{\text{ул}}$) и момента сил

волнового давления ($M_{\text{ср}}$). При этом должно быть соблюдено условие

$$\frac{M_{\text{ул}}}{M_{\text{ср}}} \geq k_0,$$

где $k_0 = 1,6 \div 1,8$ — коэффициент запаса на опрокидывание.

Соотношение размеров массивов обычно принимают при перевязке швов 1:1:3, а без перевязки (при весе их около 100 т) — 1:1:4.

Вес массивов назначают в зависимости от принимаемой в расчете высоты волны, *м*:

Высота волны	2,5—3,5 м	25
То же, свыше	3,5 до 4,5 м	40
»	4,5 до 5,5 м	50
»	5,5 до 6,0 м	60
»	6,0 до 6,5 м	80
»	6,5 до 7,0 м	100

В кладке допускается использовать до 10% массивов меньшего веса для перевязки швов. При изготовлении массивов из бетона допускаются отклонения, *мм* [35]:

Трещины по поверхности граней:	
по глубине	2,0
по ширине	0,025
Отколы на одном ребре	
для сооружений из правильной массивовой кладки:	
по длине	50,0
по ширине	5,0
для сооружений из массивовой наброски:	
по длине	75,0
по ширине	10,0
Откосы углов, измеряемые по ребрам, для сооружений:	
оградительных	10,0
причальных	15,0
Раковины на поверхности граней:	
по глубине	1,0
по общей допускаемой площади от площади граней, проц.	2

Для уменьшения деформаций кладки сооружение по длине разбивают на секции (при устройстве на плотных грунтах) длиной до 45 м, в остальных случаях — до 25 м. Ширина вертикальных осадочных швов между секциями должна быть не больше 5, а между массивами — не более 2 см.

Увеличение монолитности стенок достигается путем укладки массивов с перевязкой швов (табл. 63). Для сокращения числа типов массивов можно уменьшать величину перевязки швов до 0,4 м, но не более чем в 10% швов.

При изготовлении массивов точность линейных размеров должна составлять ± 1 см.

Строповку массивов осуществляют с помощью ключей, строповочных петель, клещевых самораскрывающихся и клиновых захватов. Для использования ключей в бетонных массивах устраивают специальные фигурные шахты и стальные подкладки, что требует дополнительного расхода стали и затрат труда на изготовление массивов.

Таблица 63. Размеры перевязки швов массивовой кладки [10]

Сечение	Длина перевязки швов, м, при весе массивов, т	
	менее 40	более 40
Поперечный разрез	0,8	0,9
Продольный разрез и план каждого курса	0,5	0,6

Экономичным является беспетлевой способ монтажа с помощью клещевых самораскрывающихся захватов. Захват состоит из объемлющей массив рамы, к нижней части которой шарнирно прикреплены две П-образные челюсти. Челюсти раскрываются за счет отжимных пружин, прикрепленных к раме с одной стороны и к челюстям — с другой. При натяжении стропов челюсти зажимают массив, а после установки массива на место раскрываются под водой и удерживаются в раскрытом состоянии защелками. Для применения самораскрывающихся захватов на боковых гранях массивов требуется устраивать горизонтальные пазы.

Беспетлевой способ монтажа массивов осуществляют также с помощью клиновых захватов. Клиновые захваты не требуют устройства в массивах фигурных шахт и стальных прокладок.

Техническая характеристика клинового захвата

Грузоподъемность, т	32
Диаметр, мм	140
Длина, мм	1000
Вес, кг	100
Диаметр отверстий в массиве сверху, мм	160
То же, снизу, мм	153
Глубина отверстий в массиве, мм	1000

В водолазные работы при установке массивов правильной кладки входят: обследование участка акватории, предназначенного для строительства сооружения, закрепление указательных буйков, устройство основания под сооружение, укладка массивов под водой и контрольная проверка выполненных работ.

При водолажном обследовании необходимо выявить предметы, препятствующие строительству или дноуглублению.

Основания под сооружение из правильной кладки устраивают в виде каменной постели с отклонением от заданной отметки ± 3 см. Бермы и откосы, если они не прикрываются массивами, могут быть спланированы с отклонениями ± 20 см, а при наличии массивового покрытия ± 8 см.

Если сооружение устраивают на скальном основании, целесообразно площадку дна выровнять путем укладки подводного слоя бетона. Для этого предварительно очищают поверхность скалы от наносного грунта и устанавливают опалубку. Чтобы бетон не вытекал из-под опалубки, ее уплотняют подсыпкой песка с наружной стороны с пригрузением сверху каменной наброской.

Укладка подводного бетона производится по трубам, устанавливаемым в наиболее глубоких местах площадки. Выравнивание поверхности бетона производят с

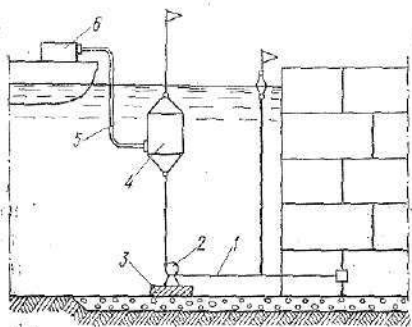


Рис. 19. Кондуктор для установки массивов под водой:

1 — направляющий трос; 2 — ролик; 3 — металлическая плита; 4 — буй; 5 — шланг; 6 — компрессор.

помощью рельса узкой колеи, перемещаемого по бортам опалубки.

Перед укладкой первого курса массивов производят осмотр и контрольные промеры вдоль постели по поперечникам через 3—5 м, принимая расстояния между промерными точками 1—2 м. В размывших и заиленных местах водолазы удаляют гидромонитором ил, затем выравнивают постель, укладывая камни вплотную друг к другу. Готовность постели для установки массивов оформляют актом, а место установки обозначают буйками.

Первый массив укладывают на углу или по центру стенки или головы. Для этого кран с массивом подтягивают к буйку и опускают под воду массив с таким расчетом, чтобы до постели оставалось расстояние не более 25 см. Затем опускают водолаза, который осматривает положение массива по отношению к месту его укладки. Результаты осмотра водолаз передает по телефону. Окончательное опускание массива на постель производят только по указанию водолаза, который ломом направляет его до установки в проектное положение.

Разбивку кордонной линии первого курса массивов под водой производят при помощи длинных железобетонных свай, металлических швеллеров, балок. Разбивку последующих секций можно производить с помощью кондуктора (рис. 19).

При таком способе можно производить одновременно с большой точностью разбивку трех курсов на секции длиной до 50 м. При установке последующих массивов водолаз проверяет правильность укладки рейкой, прикладывая ее к сторонам двух, ранее уложенных нижних или боковых массивов. Положение каждого массива, величину швов и бермы следует проверять после укладки каждого курса.

При применении подводной телевизионной камеры, прикрепляемой к захватным приспособлениям, следует использовать специальные направляющие с тем, чтобы при передвижении по ним в поле зрения камеры находился шов между устанавливаемым

и ранее установленным массивами. Швы на переломах плана и профиля водолаз заполняет камнем или бетоном.

Промерочные работы выполняют футштоком или нивелировкой; а при больших объемах применяют специальное плавучее устройство из четырех цилиндрических понтонов диаметром 1000 мм длиной 2,5 м с деревянной платформой. На платформе уложены рельсы, по которым может перемещаться тележка с мерной рейкой. Перемещение тележки осуществляется от привода, установленного на площадке. При промерах устройство при помощи лебедок устанавливают по створу, закрепляют якорями и при помощи передвижной тележки и закрепленного штока с нивелирной рейкой производят точную нивелировку укладываемых массивов. При установке массивов необходимо соблюдать допускаемые отклонения (табл. 64).

Таблица 64. Допускаемые отклонения при установке массивов правильной кладки [35]

Отклонения	Беличина отклонения, мм	
	для прямых участков	для углов и сопряжений
Боевой (фасадной) линии от проектной	30	20
Выступы (впадины) в кладке относительно плоскости	30	20
Наибольший зазор или толщина шва между массивами	30	20
В перевязке швов	150	150
По высоте отдельных курсов массивов	40	30

Установку каждого курса массивов фиксируют документами: чертежом, на котором показано расположение массивов в плане с указанием заводского номера каждого массива, даты изготовления и даты установки; схемой с указанием положения каждого массива относительно кордонной линии (для первого курса) и относительно нижележащих массивов (для остальных курсов); журналом нивелирования.

Укладку защитных массивов на бермы и откосы постели следует производить после установки первого курса массивов стенки с предварительной проверкой состояния бермы и откосов с точностью:

Ширина швов	± 3 см
Перевязка швов	± 10 »
Расстояние от ближайшего шва до края массива	Не менее 80 см

После окончания монтажа производят статическую огрузку отдельной части сооружения, укладывая поверх него бетонные блоки, предназначенные для дальнейшего монтажа стенок. После огрузки кладки при проверочном водолазном осмотре надлежит установить состояние массивов и кладки в целом, а также отсутствие деформаций (сдвиги, выпучины).

Деформации законченного строительством сооружения из массивовой кладки после огрузки допускаются в пределах, указанных в табл. 65.

Таблица 65. Допускаемые отклонения в сооружениях из массивовой кладки [35]

Вид сооружений и конструкций	Отклонения в ширине зазоров (швов) между массивами, см		Отклонения отдельных массивов от плоскости курса, см	
	средней	предельной	верхней	нижней
Оградительные из 3—4 курсов	4,0	10,0	10,0	7,0
То же, из 5—6 курсов	4,0	12,0	12,0	8,0
Набережные из 3—4 курсов	4,0	7,0	7,0	5,0
То же, из 5—6 курсов	4,0	10,0	10,0	7,0
Отдельные опоры, головные участки сооружений, особые участки стенок (углы сопряжений)	3,0	5,0	5,0	5,0

Примечания: 1. Предельные отклонения по ширине зазоров допускаются не более чем в 10% общего количества швов.

2. Берменные массивы укладываются вплотную к массивам первого курса. Массивы, уложенные на откосы, должны примыкать ребрами к берменным массивам.

3. При укладке массивов на бермы и откосы постели допускаются зазоры между ними для прямых участков 30 мм, для углов и сопряжений — 20 мм.

5. Установка массивов-гигантов

Массивы-гиганты представляют собой монолитные или сборные железобетонные плавучие короба с продольными и поперечными перегородками. Для изготовления сборных железобетонных элементов массивов применяют гидротехнический бетон (табл. 66).

При изготовлении сборных железобетонных элементов массивов допускаются отклонения [35]:

По длине элементов:

для днища ±10 мм

для остальных элементов ±10 »

По ширине элементов:

для торцовых стен и диафрагм ±5 »

для остальных элементов ±10 »

По толщине для всех элементов —5 »

По положению закладных частей:

для размеров, измеряемых вдоль стыка ±15 »

то же, поперек стыка ±10 »

» по толщине стыка ±5 »

Поверхностные раковины глубиной до 5 мм на 1 м² поверхности 50 см²

Отколы по ребрам глубиной до 5 мм на каждые 10 м ребер 1 шт.

Общая длина отколов на 10 м 50,0 см

Для уменьшения деформаций при неравномерных осадках основания сооружения из массивов-гигантов разбивают на самостоя-

тельные секции длиной 20—25 м, но не более трехкратной высоты сооружения. Между массивами оставляют зазоры 20—25 см, которые после окончания монтажных работ должны быть закрыты. В противном случае в этих местах создаются токи воды со скоростями, вымывающими камень из-под массивов. Для затопления отсеков в стенках предусматривают отверстия или кингстоны (задвижки).

Массивы-гиганты собирают из плоских сборных железобетонных элементов, доставляемых на сборочную площадку, устроенную на берегу. Сборку производят на деревянной платформе, устанавлива-

Таблица 66. Рекомендуемые марки бетона для изготовления сборных железобетонных элементов массивов

Элементы	Марка бетона		
	по прочности	по водонепроницаемости	по морозостойкости
Плиты днища	400	В—4	Мрз—100
Плиты фасадные	300	В—8	Мрз—200
Диафрагмы	300	В—4	Мрз—100

емой на косяковых салазках или тележках. Для сборки и спуска на воду массивов-гигантов во многих случаях можно использовать стапели и слипы.

Для омоноличивания стыков сборных железобетонных элементов и гидроизоляции массивов необходимо оборудование: цемент-пушка, компрессор, смесительная установка с бетономешалкой емкостью 250 л, растворонасос и электросварочные агрегаты.

После сварки стыков и их торкретирования производят спуск массивов-гигантов на воду по временным деревянным склизам (стапелям), имеющим уклон 1/8—1/10.

Для спуска массива на воду в речных условиях используют подъем воды в реке при весеннем паводке или за перемычку, ограждающую сборочную площадку, закачивают воду до уровня, обеспечивающего всплытие собранной секции. На случай возможных отклонений в ожидаемых уровнях воды в массив закладывают специальные рамы для остропки понтонов.

Испытание на водонепроницаемость массива-гиганта производят выдерживанием его на косяковых тележках при погружении в воду на глубину, при которой имеется незначительная отрицательная плавучесть. Расчет стенок и днища массива-гиганта в момент спуска на воду, при транспортировке и заполнении отсеков балластом производят на стадии строительства.

Следует учитывать, что при спуске массива-гиганта по наклонному стапелю возможно образование волны высотой до 2 м. Поэтому в расчетной схеме следует принимать глубину воды с поправкой на указанную волну.

При транспортировке секции массива-гиганта на стенки его перпендикулярно к направлению движения действует гидродинамическое давление, которое можно определить по формуле

$$P = \gamma F_{\text{подв}} \frac{V^2}{2g},$$

где γ — удельный вес воды, т/м^3 ;

$F_{\text{подв}}$ — площадь стороны подводной части массива-гиганта, перпендикулярной к направлению движения, м^2 ;

V — относительная скорость перемещения секции массива-гиганта и воды, м/сек ;

g — ускорение силы тяжести, м/сек^2 .

Благодаря собственной плавучести секция массива-гиганта транспортируется к месту установки буксирами. Буксировку и установку массивов производят при волнении до 2 баллов на период не менее двух суток. Перед транспортировкой выполняют поверочный расчет плавучести и остойчивости секции массива-гиганта.

Проверка плавучести заключается в вычислении осадки

$$T = \frac{Q - 2g}{kbl},$$

где Q — водоизмещение секции на плаву, т ; $Q = \frac{G}{\gamma_{\text{в}}}$.

Здесь G — вес секции с водяным и сыпучим балластом, т ;

$\gamma_{\text{в}}$ — объемный вес речной или морской воды, т/м^3 (табл. 67);

g — объем консольных выступов секции, м^3 ;

k — коэффициент полноты водоизмещения, $k = 0,97$;

b, l — соответственно ширина и длина секции, м .

Таблица 67. Объемный вес воды в морях СССР [9]

Море	Объемный вес воды, т/м^3	
	летом	зимой
Азовское	1,003	1,008
Балтийское	1,01	1,012
Баренцево	1,027	1,028
Белое	1,018	1,020
Берингово	1,023	—
Каспийское	1,005	1,010
Охотское	1,025	—
Северное	1,025—1,027	—
Черное	1,009—1,011	1,011—1,014
Японское	1,021	1,028

Осадку следует назначать с учетом запаса под днищем около 1 м и в надводной части с учетом волнения и возможного крена во время буксировки.

Определение остойчивости секции (рис. 20) сводится к вычислению метацентрической высоты по формуле

$$h = \rho + y_w - y_c,$$

где ρ — метацентрический радиус;

y_w — расстояние от дна секции до центра плавучести, м;

y_c — расстояние от дна секции до центра тяжести, м.

Метацентрический радиус определяют из выражения

$$\rho = \frac{I}{V},$$

где $I = \frac{lb^3}{12}$ — момент инерции площади ватерлинии относительно продольной оси секции;

V — объем погруженной части (водоизмещение) секции, принимаемый при малых углах крена (до 10—15°)

по формуле $V = \frac{lb^2}{8} \operatorname{tg} \alpha$, где α — угол крена.

Угол крена определяют от действия неравномерного распределения веса элементов секции и балласта относительно оси симметрии (их обычно стараются уравновесить) и от ветровых нагрузок.

Вычисление ветровых нагрузок производят умножением величины давления (по шкале Бофорта) на площадь парусности (площадь надводной части секции). Величину давления ветра нужно принимать с коэффициентом 2 (поправка на шквал).

Для первоначальной оценки момента m , кренящего секцию на 1 см, т. е. для определения момента, кренящего секцию на борт так, что один из бортов погружается, а другой выходит из воды на 1 см, можно использовать приближенную формулу

$$m = \frac{l}{600} (b^2 + 6T^2),$$

где l , b — соответственно длина и ширина секции, м;

T — осадка, м.

Знание момента, кренящего секцию на 1 см, позволяет решить ряд практических задач, встречающихся при буксировке и установке массивов-гигантов: определить величину угла крена от усилий, действующих на секцию, определить величину силы, которую надо приложить к борту, чтобы поставить секцию на ровный киль.

Для секций массивов-гигантов при буксировке на малые расстояния при тихой погоде можно принимать величину метацентрической высоты $h = 0,15—0,2$ м. В других случаях метацентрическая высота должна быть не менее 0,2—0,5 м.

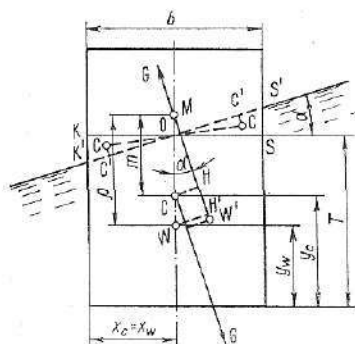


Рис. 20. Схема определения остойчивости секции массива-гиганта.

К месту установки секции транспортируют с помощью буксира и вспомогательного (кормового) катера, снабженного водооткачивающим насосом производительностью не менее $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ на случай поступления воды в массив.

Силу тяги буксиров определяют из выражения

$$T = T_v + W + T_6 + T_y,$$

где T_v — давление воды на секцию массива-гиганта, кг;
 W — суммарное давление ветра на буксир и секцию, кг;
 T_6 — собственное сопротивление буксира, кг;
 T_y — сила тяги, необходимая для создания требуемого ускорения или замедления плавучей системы, кг.

Мощность буксира устанавливают по формуле

$$N = \frac{T}{p},$$

где p — удельная сила тяги буксира, принимаемая 8—13 кг/л. с.

На месте установки массив закрепляется при помощи четырех оттяжек, закрепленных к якорям. По углам секции предварительно разбивается шкала осадок, за которой ведется наблюдение. Равномерность погружения регулируют увеличением или уменьшением подачи воды в отдельные отсеки. Необходимо следить, чтобы тросы оттяжек погружаемой секции были постоянно в натянутом положении.

После обследования каменной постели водолазами (она должна быть выровнена тщательно — отклонение $\pm 3 \text{ см}$) каждый массив-гигант устанавливают в створ сооружения.

После установки в створ массив затопляют водой, равномерно подавая ее во все отсеки по трубам, укладываемым вдоль секции. При погружении секции на постель к ней подвешивают кранцы во избежание скалывания кромок при ударах о ранее установленные массивы. Массив заливают водой до тех пор, пока он не коснется постели. Затем производят окончательную выверку его положения в плане и посадку на постель. Если установленный массив после посадки на основание займет неправильное положение или водолаз обнаружит неплотности в прилегании днища к постели, необходимо произвести разгрузку балласта.

После всплытия массива-гиганта необходимо снова проверить основание, устранить дефекты и вторично произвести его установку.

Для обеспечения плотного опирания массива-гиганта по всей площади днища и уменьшения просадок основания иногда под днище массива через трубки, заложенные при его изготовлении, нагнетают цементный раствор. Загружают массивы-гиганты песчано-гравийной смесью, бутовым камнем или бетоном, подвозимыми баржами, при помощи плавучих кранов.

При возведении сооружений из массивов-гигантов водолазу необходимо контролировать ширину и состояние берм каменной постели с обеих сторон установленного массива; правильность примыкания массива к ранее установленным элементам; величину швов

между установленными элементами; положение массива относительно вертикали; места неплотного касания массива и постели. Результаты подводного осмотра оформляются актом.

Допускаемые отклонения при монтаже сооружений из массивов-гигантов, см [35]:

Зазор между массивами	10
Отклонение ящика массива от створной линии	8

6. Устройство оградительных сооружений откосного типа

Оградительные сооружения откосного типа возводят из каменной наброски, из наброски бетонных массивов и фасонных блоков.

Наиболее простой является каменная наброска. Она применяется при наличии дешевого местного камня и относительно небольшой высоте волн. Однако заготовка, транспортировка и наброска естественных камней большого веса (около 10 т) представляет сложную задачу.

При постройке сооружений из каменной наброски отметку верха дамбы над расчетным уровнем водной поверхности принимают равной

$$Z = (1,3 \div 1,6)h + \Delta h,$$

где h — высота волны, м;

Δh — высота наката волн при расчетной скорости ветра, м.

При расчете величин h и Δh руководствуются требованиями, изложенными в «Технических условиях определения волновых воздействий на морские и речные сооружения и берега» (СН 92—60).

Вес камней и массивов Q для сооружений в зоне обрушения волн определяют по формуле

$$Q = \eta \frac{\mu \gamma_m h^2 \lambda}{\left(\frac{\gamma_m}{\gamma} - 1 \right)^3 \sqrt{1 + m^2}},$$

где η — коэффициент запаса, равный 1,5 для наброски из камней, 2 — для массивов;

μ — эмпирический коэффициент.

Значение коэффициента μ для сооружений откосного типа из различных материалов и конструкций наброски

Естественный рваный камень	0,017
Массивы обыкновенные бетонные	0,025
Тетраподы	0,008
Трибары, отсыпанные в два слоя	0,0056
Трибары, уложенные с зацеплением друг за друга	0,0026

γ_m — объемный вес массива или камня;

γ — объемный вес воды;

h, λ — соответственно высота и длина волны;

m — коэффициент, характеризующий крутизну откоса ($1 : m$ — отношение высоты к заложению).

Высота наката волны на откос

$$\Delta h = \frac{2k_m}{m} h \sqrt[3]{\frac{\lambda}{h}},$$

где k_m — коэффициент, зависящий от типа покрытия откоса.

Значение коэффициента k_m для различных покрытий

Асфальтобетонное	1,0
Бетонное	0,9
Мостовая (каменная кладка)	0,75—0,80
Наброска из булыжника	0,60—0,65
» из рваного камня	0,55
» из массивов	0,50

Наброска из массивов производится при волнении моря до 3 баллов с помощью плавучих кранов или шаланд и барж с наклонной палубой, оборудованной механизмами для сбрасывания массивов (например, рольганг). Соотношение размеров сторон массивов рекомендуется принимать 1 : 1 : 1,5. Минимальную толщину слоя наброски массивов назначают равной удвоенной минимальному размеру отдельного массива.

В состав водолазных работ при строительстве откосных сооружений в виде наброски входят: обследование основания, установка бордюрных массивов вдоль продольных сторон сооружения и периодическая проверка работ в процессе наброски массивов (наброска выполняется без участия водолазов).

Для наброски допускается грубое равнение постели (отклонение от заданной отметки не более ± 20 см). В местах установки бордюрных массивов, а также берм и откосов (если они прикрываются массивовой кладкой) требуется тщательное равнение с отклонением ± 8 см.

Работы по устройству наброски из бетонных массивов производят в следующем порядке.

После устройства и проверки состояния постели по двум продольным сторонам сначала укладывают бордюрные, а затем оградительные массивы. Водолазные работы выполняются те же, что и при установке массивов правильной кладки.

В процессе работ проводят промеры профилей сооружения через каждые 5 м по длине при расстоянии между промерными точками в каждом профиле 1 м. Отклонение площади каждого профиля от проектной не должно быть более $\pm 5\%$. Если проектом предусмотрена укладка берменных или откосных массивов, то бордюрные массивы не укладывают.

Допускаемые отклонения при укладке отдельных массивов, см [35]:

Отметки верха массива	± 4
Выступы массивов от проектной продольной стороны	± 25
Ширина вертикальных швов	5

Современные индустриальные конструкции — фасонные блоки применяют в самых тяжелых гидрогеологических условиях. При их

применении снижается расход бетона на единицу площади покрытия и повышается волногасящая способность. Для изготовления фасонных блоков применяется бетон марки 300 с осадкой конуса 2 см и В/Ц 0,5.

Толщину слоя наброски из фасонных блоков определяют по формуле

$$\delta = K \sqrt[3]{V},$$

где K — коэффициент толщины слоя наброски, принимаемый по табл. 68.

V — объем блока, м^3 .

Количество блоков n , необходимое для создания защитного покрытия на площади F , определяют по формуле

$$n = K \frac{F}{\sqrt[3]{V}} (1 - \Pi),$$

где Π — пористость наброски (отношение объема пор ко всему объему наброски), принимаемая по табл. 68.

Таблица 68. Показатели, характеризующие наброску из фасонных блоков для оградительных сооружений откосного типа

Вид фасонного блока	Число слоев	Характер наброски	Коэффициент толщины слоя наброски, K	Пористость Π , проц.	Относительное количество бетона на 1 м^2 равноустой- чивого по- крытия
Обыкновенный призматический массив	2	Беспорядочная	2	40	1,45—1,55
Тетрапод	2	»	2,08	50	1
Квадрипод	2	»	1,9	49	0,93
Гексапод	1	Упорядоченная	1,13	43	—
	2	Беспорядочная	2	47	1,14
Трибар	1	Упорядоченная	1,13	47	—
	2	Беспорядочная	2	54	0,78—0,83
Модифицированный куб	1	Упорядоченная	1,12	27	—
	2	Беспорядочная	2,2	47	1,15
Дипод	1	Упорядоченная	1,67	50	0,68—0,72
	2	Беспорядочная	2	50	0,9—0,93

При упорядоченной укладке фасонные блоки на глубине более 3 м укладывает водолаз и устанавливает в местах укладки буй. Крановщик, ориентируясь на буй, подает блок к месту укладки. Упорядоченная укладка фасонных блоков применяется также при установке бордюрных рядов для свободной наброски. Отклонение бордюрных рядов от проектной линии не должно превышать $\pm 25 \text{ см}$ [35].

При беспорядочной наброске работа водолазов вблизи крана завершается.

Для укладки тетраподов под водой применяют тросовый захват конструкции Н. В. Красова, с помощью которого снятие захвата

после установки блока под водой выполняют дистанционно без водолазов. Захват представляет собой траверсу, к который прикреплены три грузовых троса, соединенных с захватными лапами. Захватные лапы шарнирно прикреплены к раме с тремя рычагами, которые расположены соответственно осям конусов тетрапода. Пользоваться тросовым захватом можно с помощью кранов, имеющих два крюка — грузовой и вспомогательный (К-124, К-161, Э-1004, ДЭК-25 и некоторые плавучие краны).

7. Установка ряжей

Ряжевые гидротехнические конструкции бывают деревянные и железобетонные. Они менее чувствительны к неравномерным осадкам и к неровностям основания, поэтому при устройстве каменной постели применяют грубое равнение, допускающее отклонение от заданной отметки ± 20 см. При плотных грунтах и неразмываемом основании допускается устройство ряжа без днища непосредственно на дно водоема. Ряжи сплошной рубки выполняют из бревен диаметром 20—26 см и длиной 6,5—8,5 м, а ряжи сквозной рубки — из брусьев 20×20 ÷ 22×22 см.

Установку ряжей производят при волнении водной поверхности до 2 баллов. Все работы по установке и заполнению ряжей камнем должны быть закончены в течение двух суток. Устройство ряжевых конструкций осуществляют как в летнее, так и в зимнее время.

Летом ряжи собирают на береговой площадке, предварительно спланированной. Ряж рекомендуется собирать на берегу до полной высоты для пригонки венцов и угловых врубок. Затем верхнюю часть ряжа разбирают, оставляя 5—6 венцов, и при помощи перекаточных путей и катков спускают в воду.

Буксировку ряжа к месту установки производят после траления и водолазного осмотра пути следования при отсутствии препятствий. В тех случаях, когда ряж посажен на камни, не рекомендуется стаскивать его буксиром, так как это может привести к разрушению нижних венцов. Ряж следует поднять понтонами. Понтоны заполняют водой, крепят к ряжу, затем откачивают воду, чем обеспечивается приподнимание и снятие ряжа с камней. Доставленный к месту установки ряж опускают, наращивая сверху венцами и пригружая окончательно его камнем.

В зимнее время ряж рубят на льду при толщине льда не менее 20 см. После вырубки 6—8 венцов приступают к спуску ряжа на воду. На месте установки прорубают по продольным сторонам ряжа майпы размерами в плане несколько более ряжа, оставляя перемычки по 1,0—1,5 м, на которых удерживается ряж. Перемычки одновременно разрушают взрывами. Лед из-под ряжа не удаляют, он тает за время на рубки верхних венцов.

Работа водолаза при установке ряжа заключается в контроле за правильным положением устанавливаемого ряжа относительно по-

стели и других ряжей. После установки ряжа водолаз проверяет плотность прилегания его к постели, а также размеры ее берм и откосов. Если установленный ряж после посадки на основание займет неправильное положение, внутрь ряжа спускают водолаза для разгрузки камней корзинами. Размер корзин должен быть таким, чтобы они свободно проходили в банки ряжа при нахождении в них водолаза. После того как у ряжа появится плавучесть, водолаз переходит из ряжа на грунт и продолжает наблюдение за его установкой.

При выполнении операций по установке ряжа на место необходимо определять силу всплытия. Силу всплытия, действующую на 1 м стенки ряжа, определяют по формуле

$$N = n(\gamma - \gamma_d) \frac{\pi d^2}{4},$$

где n — число венцов, расположенных выше днища ряжа, шт.;

γ — объемный вес воды, кг/м^3 ;

γ_d — объемный вес дерева, кг/м^3 ;

d — средний диаметр бревен в стенках ряжа, см.

При определении количества камня его объем назначают равным 85% внутреннего объема банок.

Ряжевые конструкции из железобетонных элементов применяют при небольших объемах строительства «насухо» в тех случаях, когда затруднены транспортировка и монтаж крупногабаритных элементов. Основным недостатком ряжевых конструкций — высокая трудоемкость монтажных работ.

При сборке и установке ряжей допускаются отклонения в размерах [24]:

По длине, ширине и высоте	100 мм
Перекосы от высоты, ширины и длины ряжа	1%
Щели между венцами в лицевых стенках и в сопряжениях	Не более 10 мм
Лицевая поверхность	100 мм
Стенки от вертикали	0,5% высоты стенки
В положении ряжей:	
по смещению осей	100 мм
по перекосу загруженного ряжа	100 »

8. Возведение причальных сооружений уголкового типа

При строительстве причальных сооружений на грунтах, не допускающих забивки шпунта и свай, экономичными и индивидуальными являются набережные уголкового типа из сборного железобетона. Имеются три типа конструкций уголкового типа: с внешней анкерровкой, с анкерровкой к фундаментным плитам (внутренняя анкерровка) и контрфорсная уголковая стенка.

Элементы стенок уголкового типа изготавливаются в заводских

условиях. К их изготовлению предъявляются повышенные требования. Сколы кромок и трещины по лицевой плоскости вертикальных элементов не допускаются. Особое внимание уделяется точности установки закладных частей и узлов соединения железобетонных элементов.

Для фундаментных плит рекомендуется применять бетон марки 300, В-4, Мрз 100, а для вертикальных элементов — бетон марок 300—400, В-8, Мрз 200.

Анкерные тяги, применяемые для сооружения уголкового типа, выполняют из полосовой или круглой стали.

Постройка сооружений уголкового типа под водой возможна как поэлементно, так и в пространственных блоках, предварительно

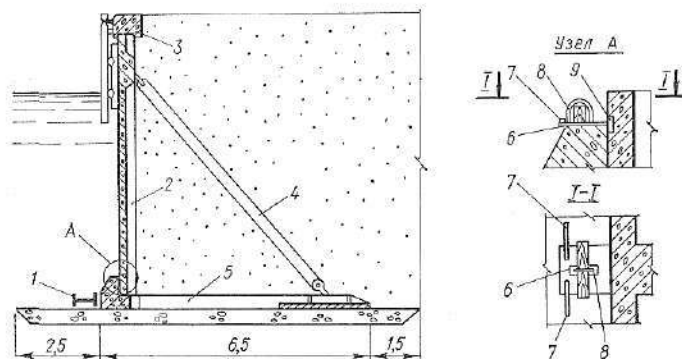


Рис. 21. Схема набережной уголкового типа:

1 — двутавровая балка; 2 — вертикальный элемент; 3 — шалочный брус из монолитного железобетона; 4 — металлическая анкерная тяга; 5 — фундаментная плита; 6 — монтажная планка с прорезью; 7 — стержни; 8 — подъемная скоба; 9 — закладная деталь.

собранных на берегу. Выбор способа установки зависит от грузо-подъемности кранов. Схема набережной уголкового типа показана на рис. 21.

Поэлементный монтаж набережной уголкового типа ведут в следующем порядке. На предварительно спланированной постели разбивают линию кордона с помощью тонкого троса, натянутого на поверхности вдоль этой линии. Концы троса закрепляют за неподвижные предметы (сваи). С помощью футштока линию кордона переносят на постель, где водолаз устанавливает направляющую.

Направляющей для установки фундаментных плит в проектное положение по отношению к линии кордона может служить балка из двутавра, уложенная на поверхности каменной постели.

Правильность высотных отметок постели проверяют сверху путем нивелирования верха футштока, который водолаз устанавливает по поперечникам через 3—5 м по длине сооружения при расстоянии между промерными точками в каждом профиле 1—2 м. Футшток желательно иметь с отвесом для удобства наблюдения при постановке его на постель.

После установки на место фундаментной плиты приступают к монтажу вертикальной. Для точной установки на нижнем конце вертикальной плиты предусмотрена монтажная планка с прорезью для подъемной скобы, расположенной на выступе фундаментной плиты. Она служит направляющей для установки под водой в проектное положение вертикальной плиты на фундаментную, а также для закрепления элементов. К планке приваривают два стержня для удобства наводки ее водолазами. Перед установкой фундаментной плиты под водой к закладным деталям при помощи шарнирного соединения крепят нижний конец анкерной тяги. К верхнему концу анкерной тяги привязывают оттяжку из пенькового каната. Строповку плит вместе с закрепленной тягой осуществляют за подъемные скобы.

При строительстве сооружений уголкового типа с внешней анкерной монтажной тягой длиной 13—15 м выполняют с помощью траверсы, подвешенной к стреле крана. Тяги покрывают антикоррозийным составом, закрепляют в шарнире вертикальной плиты и опускают на переносные подмости, установленные на береговой части откоса. Затем к свободному концу тяги прикрепляют анкерную плиту и наносят на нее антикоррозийное покрытие.

Погружение анкерной плиты и тяги до проектной отметки выполняют с помощью гидромонитора. Перед погружением в воду каждый блок ориентируется относительно ранее установленных и затем опускается. На расстоянии 0,3—0,5 м от дна опускание прерывается. Дальнейшие операции по установке производят водолазы. После установки плиты на постель верхний конец анкерной тяги при помощи оттяжки поднимают вверх и закрепляют временно на вспомогательном поплавке.

Вертикальную плиту краном выставляют в створ линии кордона, заводят четвертью в четверть ранее установленной соседней плиты и опускают в воду. Водолаз устанавливает вертикальную плиту на фундаментную таким образом, чтобы прорезь монтажной планки вертикального элемента совпала с подъемной петлей фундаментной плиты. После этого верх вертикальной плиты устанавливают в створе кордона набережной, а в скобу на переднем выступе фундаментной плиты водолаз забивает клин. Вверху вертикальные плиты закрепляют планками, привариваемыми к выпускам арматуры и закладным деталям. Омоноличивают стенки бетоном при помощи короба, опущенного под воду. Иногда швы перекрывают замками из металлического шпунта или уголков.

Возведение причальных сооружений уголкового типа в зависимости от темпов строительства могут выполнять две или несколько водолазных станций. При этом одна станция и звено подсобных рабочих выполняют работы по отсыпке и тщательному выравниванию каменной постели (отклонение ± 3 см), а другая монтирует элементы причала. При монтаже применяют подводные телевизионные установки.

Допускаемые отклонения при монтаже стенок уголкового типа [35]

Фундаментные плиты

Отклонение отметок верхней плоскости плиты (в месте опирания вертикальной)	± 10 мм
Отклонение внутренней грани опорного выступа от плоскости кордона	± 10 »
Смещение плит в плане вдоль кордона и зазоры между плитами не должны превышать	20 »
Разница отметок верхней плоскости плиты вдоль ее продольной оси	± 20 »
То же, вдоль поперечной оси	± 10 »

Вертикальные (лицевые) плиты

Зазор в четвертях	-15 »
Отклонение от плоскости кордона (по длине секции)	± 20 »
Зазор между лицевой плоскостью плиты и плоскостью опорного выступа фундаментной плиты	-10 »
Наклон в плоскости кордона	2 мм на 1 м

В тех случаях, когда в районе причала имеется база, позволяющая вести укрупненную сборку элементов, а также кран достаточной грузоподъемности, — сооружения уголкового типа целесообразно возводить из крупных блоков. Для монтажа укрупненных блоков применяют кондуктор, прикрепляемый к фундаментной плите тросами. Это позволяет проверять правильность установки блока под водой по положению верхней рамы, выступающей над водой. По окончании монтажа блока головки тросов выводятся из монтажных скоб фундаментной плиты. Рама снимается и используется для установки очередного блока. Стыкуясь, блоки образуют вертикальные и горизонтальные швы. Во избежание вымывания песчаной засыпки и для нормальной эксплуатации стенки эти швы перекрывают гидрорелином, изготовляемым в виде рулонов:

Ширина	0,5—0,8 м
Толщина	8 мм
Предел прочности при растяжении	60—70 кг/см ²
Относительное удлинение	200—250%
Температура хрупкости	-45° С

В подводной части полосы гидрорелин закрепляют за закладные петли лицевых плит при помощи металлических планок и клиньев, а в надводной — навешивают на поверхность верхней надстройки.

9. Возведение сооружений на оболочках

Для строительства фундаментов мостовых опор, портовых сооружений и других объектов транспортного назначения применяют оболочки самых различных диаметров. Различают оболочки малого (0,4—0,6 м), среднего (1—2 м) и большого диаметра (свыше 2 м).

Для оболочек малого диаметра применяют ударный и вибрационный методы забивки, а для среднего и большого диаметра только вибрационный в сочетании с экскавацией грунта из оболочек эрлифтами, гидроэлеваторами и грейферами малой емкости.

Оболочки большого диаметра делятся на защемленные в грунте и гравитационные. Устойчивость гравитационных оболочек, мало заглубленных в грунт основания или вообще незаглубленных, обеспечивается весом оболочек и грунта заполнения. Оболочки диаметром до 1,6 м погружают вертикально и с наклоном. Оболочки диаметром более 2 м погружают только в вертикальном положении. Погружению оболочек предшествует геодезическая разбивка основных осей сооружения и вспомогательных — для рядов свай. Отклонения разбивочных осей рядов оболочек от проекта не должны превышать 1 см на каждые 100 м ряда.

Таблица 69. Вибропогружатели, рекомендуемые для погружения оболочек на глубину до 25 м [3]

Диаметр оболочки, м	Требуемые параметры вибрации		Погружение без выемки грунта в рыхлые водонасы- щенные пески и мягко- пластичные глины на глу- бину		Погружение с выемкой грунта в крупнозерни- стые, гравелистые пески, плотные глины на глу- бину	
	моменты эксцент- риков, кгм	возму- щающая сила, тс	до 15 м	до 25 м	до 15 м	до 25 м
0,4—0,6	100—200	27—50	ВП-30	ВП-80	ВП-30	ВП-80
0,6—1,0	200—300	50—100	ВП-3	ВП-80 ВП-160	ВП-3	ВП-80 ВП-160
1,0—2,0	300—500	100—150	ВП-80	ВП-80 ВП-160 ВП-170	ВП-160 ВП-170	ВП-170
2,0—3,0	500—600	150—300	ВП-170	ВП-170 ВП-250	ВП-170	ВП-170 ВП-250

Выбор вибропогружателя зависит от размеров оболочек, глубины погружения и характера грунтов. При погружении в средние и плотные грунты вибропогружатели выбирают в соответствии с табл. 69.

Технические характеристики вибропогружателей, применяемых при погружении оболочек, даны в табл. 70.

Вибропогружатели ВП-160, ВП-170 и ВП-250 могут быть спаренными и работать синхронно.

Вибропогружатель ВУ-1,6 имеет проходное отверстие, позволяющее извлекать из полости оболочки грунт без снятия вибропогружателя.

Вибропогружатели для погружений оболочек в песчаные грунты выбирают с частотой 600—800 циклов в 1 мин, а для глинистых грунтов 300—450.

Для вибропогружателей рекомендуется применять шланговый кабель марки КРПТ сечением $3 \times 70 + 1 \times 35$. Источник питания вибропогружателя следует выбирать с учетом перегрузки электродвигателя на 30—35%. Длина питающей линии не должна быть более 500 м от подстанции до пульта управления.

Таблица 70. Технические характеристики низкочастотных вибропогружателей

Наименование показателей	Единица измерения	Тип						
		ВП-3	ВП-30А	ВП-80	ВП-160*	ВП-170	ВП-250	ВУ-1,6
Возмущающая сила	тс	43,2 —	37 48 57	50 66 90	102 125 160	94 127 170	189 222 275	80 — —
Количество грузовых валов	шт.	4	4	4	8	8	2	—
Число оборотов эксцентриков	об./мин	408 — —	414 464 505	408 465 545	404/800 449/898 505/1000	408 475 550	540 600 667	845 — —
Статический момент эксцентриков	кг.м	236	202	275	352	500	300— 560	345
Мощность электродвигателя	квт	100	100	100	155	160	250	2×75
Габаритные размеры:								
высота	мм	2130	1988	2432	3326	3750	2232	—
ширина	»	1540	1759	1447	1226	1425	1894	—
длина	»	1560	1822	1955	2050	2050	2380	—
Вес вибропогружателя без переходника	т	8,0	6,1	9,2	11,2	11,9	12,5	11,9

* В числителе — для низкочастотного, в знаменателе — для двухчастотного вибропогружателя.

При погружении свай с помощью вибропогружателя расчетный отказ свай определяют по формуле

$$V_0 = \frac{an}{30} \left(\lambda - \frac{aP}{150 \frac{N}{an} + Q} \right),$$

где a — амплитуда колебания свай в последнем залого, принимаемая равной половине полного размаха колебания свай на последней минуте погружения, см;

n — число оборотов эксцентриков вибропогружателя в 1 мин;

λ — коэффициент, зависящий от отношения статического сопротивления грунта к динамическому (табл. 71).

Значение коэффициента λ для песка [3]

Песок сухой	2,5—4,0
» влажный	3—4,5
» водонасыщенный	4—7,5

P — расчетная нагрузка на сваю, т;

N — величина электрической мощности, расходуемой на погружение свай и определяемой по показаниям счетчика, установленного на пульте управления вибропогружателем, квт;

Q — суммарный вес свай, наголовника и вибропогружателя, т.

Амплитуду колебания оболочки замеряют в следующем порядке. К боковой поверхности оболочки приклеивают лист бумаги. Затем

быстро проводят карандашом в горизонтальном направлении. В результате на бумаге вырисовывается синусоидальная кривая, половина размаха по вертикали которой и есть величина амплитуды колебаний.

Обычно отказ V_0 назначают в пределах 1—5 см/мин.

Погружение оболочек с плавучих средств допускается при волнении до 2 баллов, а с крупных плавучих средств, обеспечивающих безопасность и качество работ,—и свыше 2 баллов. Плавучие копры при использовании их на акваториях, подверженных волнению, надежно раскрепляют для повышения остойчивости и прочности

Таблица 71. Значение коэффициента λ для глинистых грунтов [3]

Грунт	Консистенция		
	текучепластичная $B > 0,75$	мягкопластичная $B = 0,5 - 0,75$	тугопластичная $B = 0,25 - 0,5$
Супесь	4,0—5,0	3,0—4,5	2,5—4,0
Суглинок	3,5—4,5	2,5—4,0	2,2—3,5
Глина	3,0—4,5	2,2—3,5	2,0—3,0

Примечание. Величина B обозначает показатель консистенции глинистых грунтов, который определяют из соотношения $B = \frac{W - W_p}{W_n}$, где W —влажность грунта; W_p —предел раскатывания; W_n —предел пластичности.

элементов. Механизмы для навивки якорных тросов, а также для перекладки якорей (на кранах-якорницах) должны иметь грузоподъемность, превышающую вес якоря в 2—2,5 раза.

Погружение оболочек и свай для сохранения их проектного положения следует производить в направляющих каркасах и кондукторах. Однорядные каркасы применяют при вертикальном положении свай и оболочек на водотоках с глубиной воды до 15 м и скоростью течения менее 1 м/сек. При скорости течения более 1 м/сек, а также для наклонных свай и оболочек применяют многоярусные каркасы, изготавливаемые из дерева или металла. Во избежание повреждения свай в ячейках стальных каркасов устанавливают деревянные направляющие брусья длиной от 2 до 4 м при забивке вертикальных свай и 6 м — при забивке наклонных.

При погружении оболочек через каркасы смещение осей установленного и закрепленного каркаса от проектного положения в уровне верха каркаса должно быть не более 0,025 H (H — глубина воды в месте установки каркаса). Наклон оси установленного каркаса, выраженный через тангенс угла наклона, не должен превышать 0,01 расстояния между центрами ячеек каркаса.

При забивке оболочек на большие глубины значительные трудности представляет экскавация грунта из полости оболочек. Выбор способа экскавации зависит от вида грунта. Тяжелые, плотные суглинки и глины, крупный гравий, галька и т. п. разрабатывают грейферами, винтовыми бурами; илистые, песчаные и супесчаные

водонасыщенные — эрлифтами; суглинистые — эрлифтами с рыхлением водяными струями; песчано-галечные — гидроэлеваторами и гидрожелонками; скальные — ударно-канатным или роторным бурением.

Наружный подмыв грунта при опускании оболочек нежелателен, так как нарушается их устойчивость, возникают перекосы (особенно при погружении оболочек большого диаметра).

При экскавации грунта из полости оболочек эрлифтами и гидроэлеваторами следует обеспечивать центральное положение всасывающего устройства. Диаметр его принимают равным 150—200 мм. Для эрлифта с всасывающим устройством диаметром 150 мм требуется компрессор производительностью 9—12 м³/мин, с диаметром 200 мм — 15—18 м³/мин. Расход воздуха на выходе из трубки эрлифта должен быть не менее 2—3 м³/мин. Для подмыва применяют трубы диаметром 50—75 мм с конусными насадками с одним центральным отверстием 0,40÷0,45 диаметра трубы и четырьмя или восьмью боковыми отверстиями диаметром 6—10 мм, направленными под углом 30—45° к продольной оси трубы.

При погружении оболочек диаметром до 1,6 м применяют одну внутреннюю подмывную трубу. При погружении оболочек большого диаметра число труб назначают из расчета: одна труба на 1—1,5 м периметра оболочки. Расход воды на каждую трубу принимают 40—50 м³/ч при давлении на выходе струи от 4 до 20 атм в зависимости от плотности грунта (табл. 72).

Запрещается подмыв при погружении свай и оболочек производить вблизи существующих сооружений. Препятствия, встречающиеся при погружении оболочек, обнаруживают с помощью гидрощупа (подмывная труба диаметром 50 мм с центральным отверстием 20 мм; расход воды не менее 30 м³/ч, давление 9—10 атм). Гидрощуп опускают в оболочку и оконтуривают препятствие.

Обнаруженное препятствие обычно удаляют разбуриванием. Для этого в основании оболочки укладывают слой тампонажного бетона, а затем разбуривают вместе с препятствием.

Таблица 72. Напоры и расходы воды при погружении оболочек, свай и шпунта

Грунты	Глубина погружения в грунт, м	Напор у наконечника, атм
Илы, илистые и мелкозернистые пески, мягкие глины, супеси	5—15	4—8
	15—25	8—10
	25—35	10—15
Пески и супеси плотные, пески с примесью гравия и гальки, суглинки, глины средней плотности	5—15	6—10
	15—25	10—15
	25—35	15—20

При погружении оболочек диаметром 1,6 м и более препятствие, если его размеры невелики, ликвидирует водолаз. Для этого его опускают в оболочку, где он устанавливает границы и характер препятствия. Затем разрабатывается способ устранения препятствия (разработка валуна с помощью бетонолома, микроразрывов, раз-

делка препятствия из стали с помощью электрокислородной резки и т. п.).

При опускании оболочек в скальных породах наибольшее распространение получила разработка этих пород станками ударно-канатного бурения типа УКС-30, УКС-31, УКС-54 с долотами весом от 3,0 до 7,5 т в зависимости от диаметра скважины. Технические характеристики станков ударно-канатного бурения даны в табл. 73.

Кроме ударно-канатного бурения, разработку плотных и скальных пород в оболочках производят с помощью турбобура. Применение его дает максимальный эффект в сочетании с эрлифтом.

Таблица 73. Технические характеристики ударно-канатных станков

Наименование показателей	Единица измерения	Марка		
		УКС-30	УКС-31	УКС-54
Диаметр долота	мм	1300	1300/2600	2650
Вес бурового инструмента	т	3	4,5/7,5	7,5
Диаметр разбуриваемой скважины	мм	1350	1350/2700	2700
Число ударов				
максимальное	ударов	40	40	36
минимальное	в 1 мин	40	40	48
Высота подъема долота над забоем:				
максимальная	м	1	1	1
минимальная	»	0,5	0,5	0,6
Диаметр троса, поддерживающего инструмент	мм	26/30	36—42	36—42
Тип электродвигателя	—	АО-93/8	АМ-6	
Мощность	квт	50	90	100
Габаритные размеры бурового станка:				
высота	м	16,30	9,30	9,70
ширина	»	2,84	5,20	3,20
длина	»	5,00	9,00	8,90

Турбобур работает от насоса производительностью 150 м³/ч с давлением 50 атм. Вода от насоса по шлангам диаметром 75 мм подается в колонну, внутри которой расположена напорная труба диаметром 100 мм. Рабочим органом турбобура служит шарошка с победитовыми резцами марок ВК-8 или ВК-15. Для восприятия реактивного момента, возникающего при работе турбобура, к обечайке верхней секции оболочки прикрепляют болтами два двутавра № 30. Разработка грунта по всей площади оболочки обеспечивается путем перестановки двутавров из одного положения в другое.

Всасывающее устройство эрлифта подвешивают на 1—1,5 м выше фрезы, что обеспечивает наибольшее содержание грунта в пульпе.

В тех случаях, когда необходимо погружать оболочки в существующий береговой откос, требуется предварительное устройство водолазами горизонтальной площадки под каждую оболочку. В противном случае оболочки смещаются в сторону воды или получается завал. Завал вызывает дополнительные работы при погружении

оболочек в направляющем кондукторе, так как приводит к заклиниванию его.

Заполнение полости оболочек бетоном осуществляют способом ВПТ. Для обеспечения надежного контакта бетона с основанием перед подачей первой порции бетона необходимо сначала взмутить шлам, оставшийся в скважине после разработки грунта, напором воды в течение 5—15 мин, а затем откачать. При заполнении оболочек бетоном интенсивность укладки смеси принимают из расчета 4 м³/ч летом и 5 м³/ч зимой, но не менее 4 м ствола в 1 ч. Нижний конец трубы должен быть заглублен в бетон не менее чем на 2 и не более чем на 4 м.

Зазоры между оболочками заполняют также бетоном способом ВПТ. Для опалубки целесообразно применять стальные трубы, представляемые к оболочкам с двух сторон, чем обеспечивается плотность между опалубками и оболочкой. Заглубление труб в грунт на 1,5—2 м производят с помощью гидроиглы, вставляемой в трубу-опалубку. Грунт между опалубкой стыка удаляют эрлифтом. После бетонирования зазоров трубу-опалубку извлекают краном грузоподъемностью 3—5 т и переставляют на соседний стык.

Цилиндрические оболочки диаметром 10,5 м обеспечивают устойчивость причальных сооружений при глубине воды до 10 м без каких-либо анкерных или разгрузочных устройств.

Их собирают на монтажной площадке, расположенной в зоне действия плавучего крана необходимой грузоподъемности, из отдельных плит-скорлуп заводского изготовления. Для удобства укрупнительной сборки оболочек применяют кондуктор. Он представляет собой пространственную конструкцию, определяющую контур будущей оболочки и имеет нижние и верхние винтовые упоры, с помощью которых обеспечивают проектное положение плит в собираемой оболочке. Установку плит в кондуктор производят

Таблица 74. Рецепты клеевых составов и изолирующих мастик на основе эпоксидных смол

Компонент	Номер рецепта				
	1	2	3	4	5
Эпоксидная смола ЭД-5	100	100	100	—	100
То же, ЭД-6	—	—	—	100	—
Пластификатор — полиэфир МГФ-9	20	—	—	—	—
То же, дибутилфталат	—	—	2,5—10	20	—
Отвердитель — полиэтиленполиамин	—	10	10	10	10
Наполнитель — цемент	150—200	100	100—150	100	—
Растворитель — толуол, бензол	—	—	—	—	10

краном на пневмо- или гусеничном ходу. После установки и выверки проектного положения всех плит производят электросварку стыков соединительными накладками. Затем кондуктор извлекают из оболочки и переставляют на новое место для сборки следующей оболочки. Гидроизоляцию стыков выполняют мастиками (табл. 74).

Зависимость жизнедеятельности клея (рецепт № 3, табл. 74) от количества пластификатора (при температуре 20—25° С):

Количество дибутилфталата, вес. ч.	Время жизнедеятельности, мин
0	85
2,5	110
5	150
10	180
20	210

Зависимость скорости твердения клея (рецепт № 2, табл. 74) от температуры воздуха:

Температура воздуха, град С	Время твердения, ч
15	18
18	15
20	12
25	8

Мастику наносят на сухую и тщательно очищенную поверхность. Оболочку в конструкцию устанавливают плавучим краном, на каменную постель, выравниваемую водолазами. При этом весьма тщательное равнение с точностью ± 3 см обеспечивают по кольцу, на котором устанавливают оболочку. На остальной площади, включая бермы и откосы, производят грубое равнение. При установке оболочек на постель допускается отклонение от проектной плоскости кордона ± 20 мм.

Зазоры между оболочками перекрывают с двух сторон щитами из двух железобетонных плит, скрепленных между собой, которые устанавливают между оболочками плавучим краном. Образовавшуюся полость заполняют подводным бетоном. Для того чтобы бетон не вытекал, водолазы конопатят щели. Стык температурно-осадочного шва заполняют щебнем.

Допускаемые отклонения оболочек от проектного положения [24]

Оболочки диаметром до 60 см:

при однорядном расположении При длине оболочки до 10 м — 0,2 D

для кустов и лент с расположением оболочек в 2—3 ряда То же, 0,3 D

для кустов и лент с расположением свай более чем в 3 ряда и для свайных полей » 0,4 D

Оболочки диаметром $60 < D < 200$ см При длине оболочки до 10 м — 0,4 D, но не более 40 см; при длине оболочки более 10 м — 0,4 D, но не более 50 см

Оболочки диаметром более 200 см При длине оболочки до 10 м и выше — не более 60 см

При отклонении оболочек от проектного положения расстояние в свету от оболочки до края ростверка должно быть не менее толщины стенки оболочки и не менее 10 см. Для оболочек длиной более 20 м допуски указываются в проекте. Число оболочек, имеющих

отклонение от проектного положения, не должно превышать 25% их общего числа в основании. Тангенс угла отклонения продольной оси оболочки от проектного положения не должен превышать 1/100.

10. Опускание колодцев

Опускные колодцы обычно сооружают массивными или сборными из железобетона, бутобетона и бетона.

Допускаемые отклонения в размерах опускных колодцев [24]:

В размерах поперечного сечения:

по длине и ширине	0,5%, но не более 12 см
по радиусу закругления	0,5%, но не более 6 см
по разности диагоналей	1% длины диагонали
В толщине стен бетонных и бутобетонных	±40, —30 мм
То же, железобетонных	±10 мм

Проверка размеров секций колодцев производится до их опускания. Увеличение размеров колодца в плане по сравнению с размерами колодца на уровне ножа не допускается. Опускные колодцы погружаются в грунт, как правило, под действием собственного веса. При опускании вес колодца на проектной отметке с учетом взвешивания в воде должен превышать возможную силу бокового трения грунта не менее чем на 25%.

Величину сил трения определяют по опытным данным погружения колодцев в аналогичных условиях. При отсутствии таких данных можно принимать следующие ориентировочные значения сил трения на 1 м² боковой поверхности колодца о грунт:

Песок	1,2÷2,5 т/м ²
Гравий	1,5÷3,0 »
Глина	2,5÷5,0 »

При опускании колодцев водонасыщенные нескальные грунты из полости удаляют гидроэлеваторами, эрлифтами или грейферами сначала в средней части котлована, а затем в непосредственной близости от ножа и из-под него. Если колодец разделен на секции, то грунт из затопленных шахт удаляют равномерно, не допуская разницы уровней в соседних шахтах выше 0,5 м.

При разработке несвязных грунтов, чтобы не произошел наплыв их, уровень воды в колодце должен превышать уровень воды вне колодца на 3—4 м.

При разработке мягкопластичных и текучепластичных грунтов уровень воды в колодце принимают равным уровню воды в водоеме. В этом случае грунт разрабатывают эрлифтом или гидроэлеватором с предварительным разрыхлением грунта струей воды под напором 60—100 м. Наконечник размывной трубы располагают на 10—30 см ниже всасывающего отверстия.

Вертикальность погружаемого колодца и правильность его положения в плане при опускании следует проверять не реже чем через 1 м по глубине погружения.

Иногда препятствием для опускания колодцев являются крупные валуны, металлические элементы, сваи и топляки. Их ликвидируют водолазы. Валуны подрывают мелкими шпуровыми зарядами, металлоконструкции удаляют подводной резкой, топляки разделяют ножовкой, топором или отбойным молотком и др.

Смещения и перекосы выправляют также односторонним подбором грунта или подмывом внутри полости колодца. При этом под нож стенки колодца, опережающей опускание, рекомендуется подвести шпалы, которые извлекают после выравнивания колодца.

Для исправления перекоса при опускании колодца применяют подмывные трубы, устанавливаемые по его периметру. Вода, подаваемая через отдельные секции подмывных труб, регулирует опускание колодца.

Другим простым и эффективным способом исправления перекоса колодца является вибропогружение рядом с его стенкой стальной шпунтины.

К плоской шпунтине приваривают косынку, которая при опускании несколько увеличивает отодвигаемый от колодца слой грунта. Если одного погружения для выправления перекоса недостаточно, то после извлечения шпунтина погружается рядом и т. д. После нескольких погружений колодец принимает вертикальное положение.

Перекося колодца при опускании бывает двух видов: отклонение от вертикального положения и смещение колодца в плане с наклоном.

Перекося колодца можно устранять путем создания восстанавливающего момента, под действием которого колодец возвращается в вертикальное положение. Приложение силы, создающей восстанавливающий момент, сочетают с разработкой грунта из-под ножа с повышенной стороны колодца. Возвращение в проектное положение колодцев, сместившихся в плане, производят путем искусственного наклона, обратного тому, от которого произошло смещение.

Если колодец смещается в сторону, восстановить проектное положение можно путем установки наклонных упорных стоек, создающих при опускании колодца горизонтальные усилия.

При опускании колодцев с поверхности воды применяют направляющие устройства (стационарные или плавучие) для обеспечения точной установки на дно. Для установки колодца в проектное положение применяют становые и пеленажные тросы. Тросы крепят к кольцам, заделанным в тело бетона по наружному периметру колодца. Расстояние от низа до колец принимают из условия, чтобы равнодействующая давления воды на поверхность колодца и сила натяжения тросов создавали пару сил с возможно меньшим плечом. После посадки колодца на дно и некоторого заглубления ножа в грунт водолазы извлекают тросы наружу.

Для защиты установленного на дно колодца от навала судов устанавливают ограждение из цепей, закрепленных к якорям со стороны фарватера. Иногда вследствие неправильного ведения работ по бетонированию на плаву колодец устанавливают на дно с отклонениями от проектных осей моста. Такое положение может созда-

ться и на быстротоках, когда под днищем наплавного колодца происходит неравномерное вымывание грунта, вследствие чего колодец перекашивается, смещаясь в плане. В этом случае водолазы должны размыть грунт ниже отметки самой низкой части колодца, а затем выравнять все дно под колодцем на эту отметку. В результате колодец вновь приобретает некоторую плавучесть, что позволяет исправить его положение относительно осей и обеспечить равномерную посадку.

В тех случаях, когда собственного веса недостаточно, применяют меры по облегчению опускания колодца: разработку грунта не только внутри, но и снаружи; пригрузку, устройство по внешним стенам колодца подмывных или воздушных трубок. Эффективным также является избыточное давление воды внутри колодца, при котором в результате перемещения воды в грунте вдоль боковой поверхности колодца несколько уменьшаются силы трения. Во избежание наплыва грунта в колодец следует поддерживать разность уровней воды в колодце и водоеме для разных грунтов в пределах, м:

Гравийно-галечные группы	3—5
Пески	2—3
Супеси	1—2
Суглинки	2—5
Глины пластичные	3—5

После заглубления колодца до проектной отметки водолаз производит освидетельствование основания при затопленном котловане. Он проверяет состояние поверхностного слоя грунта на контакте с ножом колодца, при наличии глинистых отложений у стен колодца устанавливает их толщину, отбирает пробы грунта в четырех точках по периметру и одну в центре его. Промеры для определения отметок поверхности грунта производят в 6—8 точках по периметру и в центре.

После окончания промерных работ комиссия составляет акт освидетельствования и приемки основания, разрешающий устройство бетонной подушки.

Допускаемые отклонения от проектного положения опущенных колодцев:

горизонтальное смещение не должно быть больше 0,01 глубины погружения;

тангенс угла отклонения от вертикали не должен превышать 0,01.

Перед заполнением шахты колодца бетоном поверхность грунта основания выравнивают слоем щебня и гравия толщиной не менее 15 см с грубым равнением, которое выполняют водолазы ручным гидропультотом или обычными граблями.

Устраивать тампонажную подушку можно насухо при возможности осуществить водоотлив или подводным бетонированием способом ВПТ. Толщина слоя бетона, укладываемого подводным способом, должна быть не менее 1 м. Воду из колодца откачивают для заполнения его насухо, когда прочность бетона подушки достигнет не менее 25 кг/см².

11. Шпунтовые стенки и ограждения

Устройство шпунтовых стенок и ограждений обеспечивает выполнение работ в осушенном котловане. Погружение шпунта на воде производят плавучим копром. При волнении водной поверхности, превышающем 2 балла, производство работ не допускается.

Плавучие копры, работающие в местах, подверженных волнению, оборудуют не менее чем шестью якорями: носовым, кормовым и четырьмя палильонажными. При работе в защищенных от волнения акваториях копры разрешается закреплять четырьмя якорями.

Таблица 75: Характеристика профилей для стального шпунта по ГОСТ 4781—55*

Наименование показателей	Единица измерения	Шпунт							
		плоский		корытный				z-образный	
		ШП-1	ШП-2	ШК-1	ШК-2	Ларсен-IV	Ларсен-V	ЩД-3	ЩД-5
Площадь поперечного сечения шпунтовой сваи	см ²	82,5	39	64,0	74	94,4	127,6	78	119
Вес 1 м шпунтовой сваи	кг/м	65	30	50,0	58	74,0	100,0	61	93
Осевой момент инерции поперечного сечения шпунтовой сваи (относительно оси стенки)	см ⁴	332	80	730,0	2243	4660,0	6243,0	7600	20100
Осевой момент сопротивления шпунтовой сваи (относительно оси стенки)	см ³	74	28	114,0	260	405,0	461,0	630	1256
Ширина между осями замков	мм	400	200	400	400	400	420	400	400
Высота профиля	»	85,5	—	106	—	180	170	240	320

Ограждение из деревянного шпунта применяют при глубине погружения его в грунт до 6 м, если в грунте отсутствуют включения в виде камней, топляков и т. п. При глубине до 3 м применяется дощатый шпунт толщиной до 10 см с треугольной формой паза и гребня, при глубине более 3 м — шпунт из брусев толщиной до 24 см с прямоугольной формой гребня. Для удобства погружения деревянный шпунт сплавляют в пакеты из двух-трех шпунтин, скрепляемых скобами. Допускаемые отклонения от размеров деревянного шпунта по толщине — 10±0 мм, в размерах паза и гребня — ±2 мм.

Ограждение из стального шпунта (табл. 75) применяют при глубине погружения в грунт более 6 м, а также при меньших глубинах в плотных глинистых или гравелистых грунтах, не допускающих забивку деревянного шпунта, или при глубине более 3 м. Соедине-

ние шпунтин различных профилей и образование угловых шпунтин производят на заклепках или сваркой (внахлестку или с применением продольных накладок). Погружение стального шпунта производят забивкой молотами или вибропогружением.

При забивке стального шпунта для предотвращения попадания в полость замка крупных включений грунта рекомендуется закладывать в нижнем торце болт или специальную стальную пробку.

Для уменьшения фильтрации перед забивкой шпунта рекомендуется залить или промазать замки противотриационным составом (солидол, мазут, опилки и глинистый порошок).

В ряде случаев при ликвидации фильтрации без водолазов обойтись невозможно. Это прежде всего подготовка основания (уборка отдельных каменных глыб, топляков), установка направляющих каркасов, борьба с фильтрацией через замки и прорывами воды под шпунтом.

Для уменьшения фильтрации забитого шпунтового ограждения применяется состав из просеянных сухих древесных опилок и шлака. Состав загружается в металлический ящик небольшого объема. По мере откачки воды из ограждения водолаз по команде сверху подносит ящик к замкам шпунта на отметке дна. После открывания ящика опилки и шлак всплывают и забивают пути фильтрации в замковых соединениях.

В зимнее время для борьбы с фильтрацией выполняют естественное обмораживание шпунта. Для этого постепенно откачивают воду из котлована, в результате чего обнаженная поверхность шпунта обмерзает, а на внешней стороне (со стороны воды) образуется слой льда, который перекрывает все щели в шпунтовом ограждении.

Глубину забивки шпунта в грунт, исходя из устойчивости грунта на вымывание из-под шпунта, назначают из условий:

$$\text{для однорядного } h \geq \frac{H}{3i}, \quad \text{для двухрядного } h \geq \frac{H}{5i},$$

где H — высота от горизонта воды до дна котлована;

i — выходной градиент триационной воды, равный для глин 0,75—1,0, для суглинков 0,5—0,75, для песков 0,4—0,5.

При забивке стального шпунтового ряда для предотвращения его наклона по ходу забивки рекомендуется всю стенку или часть ее устанавливать одновременно, после чего производить погружение. Погружение стенки производят в два-три приема.

Стальные и деревянные шпунтовые сваи, отклонившиеся в плане свыше допусков, разрешается выправлять. Горизонтальное усилие не должно вызывать остаточных деформаций стальных свай и поломки деревянных. Сваи выправляют при помощи стяжек из пенькового каната и временных распорок, закрепленных к соседним сваям.

Допускаемые отклонения при погружении стального шпунта плавающим копром принимают:

На отметке верха шпунта	Не более 300 мм
На отметке поверхности грунта	150 мм

Для извлечения стального шпунта применяют те же вибропогружатели, что и для погружения. Сопротивление извлечению шпунта при вибрировании для песчаных, супесчаных и суглинистых грунтов принимается в зависимости от глубины забивки:

Глубина забивки, м	Сопротивление грунта, т
5	1,5
8	3
10	7
12	12
14	20

В глинистых грунтах эти сопротивления принимаются в 1,5 раза больше.

Необходимую грузоподъемность крана для извлечения шпунта назначают из выражения

$$P=1,2(S+Q),$$

где S — максимальное сопротивление грунта извлечению шпунтины;

Q — суммарный вес вибратора, шпунтины и амортизатора.

Для уменьшения сопротивления грунта извлечению шпунтины применяют размыв грунта вдоль стенки ручным гидропультом или погружением размывных трубок вдоль шпунтовой стенки.

Железобетонный шпунт применяют для постоянных сооружений. Бетон шпунта перед погружением должен иметь 100%-ную проектную прочность.

При изготовлении железобетонного шпунта таврового и прямоугольного сечений допускаются следующие отклонения [35]:

По длине:	
для таврового сечения	± 3 см
для прямоугольного	$\pm 0,5\%$
По размерам поперечного сечения	± 5 мм
По размерам гребня	+0
	—5 »
По размерам паза или четверти	+5 »
	—0 »
По смещению острия от центра	± 10 »
По толщине защитного слоя	+5 »
	0 »
Кривизна по длине	Не более 0,001
	длины шпунтины
По смещению закладных частей для таврового сечения	± 10 мм

Погружение шпунта в грунт допускается только при помощи направляющих устройств. Направляющие должны закрепляться не менее чем четырьмя сваями, забитыми в грунт.

Плавающие направляющие должны быть отбалансированы в рабочем состоянии и иметь крен и дифферент в пределах 1—2 см. Шпунт погружают до заданной отметки с отклонением от проекта до ± 10 см.

При погружении железобетонного шпунта с помощью вибропогружателя в зависимости от вида грунта основания можно пользоваться данными табл. 76.

Допускается погружать шпунт в песчаные и гравелистые грунты с помощью подмыва без вибрации. Выбор характеристик подмывных трубок в зависимости от вида грунта приведен в табл. 77.

Таблица 76. Область применения вибропогружателей в зависимости от вида грунта основания и высоты шпунтовой стенки

Тип вибро-погружателя	Высота стенки 6 м				Высота стенки 9—10 м			
	Песок	Песок с гравием 20%	Суглинок пластичный и тугоплавкий	Глина пластичная	Песок	Песок с гравием 20%	Суглинок пластичный и тугоплавкий	Глина пластичная
ВП-1	+	+	—	—	—	—	—	—
ВП-3М	—	—	+	+	+	+	+	+
ВП-170	—	—	+	+	—	+	+	+

Подмывные трубки снабжают коническими наконечниками, имеющими диаметр выходного отверстия, равный 0,4—0,45 внутреннего диаметра подмывной трубки. Кроме центрального отверстия, наконечник снабжают рядом боковых отверстий диаметром 6—10 мм, направленных под углом 30—45° к вертикали.

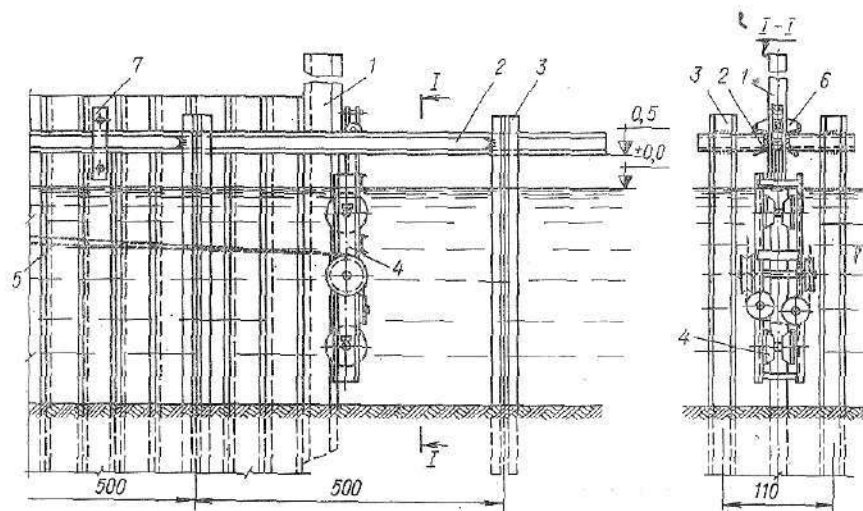


Рис. 22. Направляющие с прижимной тележкой:

1 — погружаемая шпунтина; 2 — направляющая рама из двух шпунтин типа Ларсен-V; 3 — маячная свая — коробка из двух шпунтин Ларсен-V; 4 — прижимная тележка; 5 — натяжной трос; 6 — каток; 7 — сжимы (размеры в см).

Железобетонные шпунтовые стенки отличаются отсутствием плотных замков, что требует обеспечения грунтонепроницаемости стенки. Для более плотного стыка в шпунте имеются пазы или гребни.

Уменьшение зазоров между забиваемыми шпунтинами достигается за счет применения прижимной тележки (рис. 22). Стыки шпунтовых стенок перекрывают также деревянными коробами и щитами, заполненными фильтром из грунта мелкой и крупной фракции.

Таблица 77. Гидравлические характеристики подмывных трубок в зависимости от грунта

Грунты	Необходимый напор у неконечника, атм	Диаметр подмывных трубок, мм	Расход воды, л/мин
Илистые и мелкозернистые пески, супеси	4—8	50	1000—1500
Среднезернистые пески и слежавшиеся супеси, пески с примесью гравия и гальки	6—10	68	1500—2000

Короба и щиты устанавливают водолазы, погружая их подмывом на глубину не менее чем 1 м ниже проектной отметки дна.

При погружении железобетонного шпунта допускается [24]:

Смещение линии кордона от проекта на уровне верха шпунта	± 7 см на 30 м стенки
Зазор между отдельными шпунтинами на уровне верха стенки и на проектной отметке дна	Не более 2 см
Отклонение лицевой плоскости шпунта от вертикали	1/200

После окончания работ по забивке шпунтового ряда составляют акт приемки на основании журнала погружения шпунта и исполнительного чертежа с указанием положения каждой шпунтины в плане и профиле.

12. Свайные сооружения

Для деревянных свай пригодны лесоматериалы не ниже 2-го сорта. Влажность древесины не нормируется. Для шпунта может применяться лес 3-го сорта.

Железобетонные сваи сплошные квадратного сечения в зависимости от армирования бывают ненапрягаемые и предварительно напряженные с маркой бетона по прочности: для низких свайных ростверков не ниже 300; для высоких — не ниже 400.

Допускаемые отклонения от проектных размеров при изготовлении свай и шпунта, мм [24, 37]

Деревянные сваи:	
в диаметре свай	—20
в толщине шпунта	—10
в размерах паза и гребня	± 2
в кривизне свай (стрелка)	10
в длине острия	± 30

Железобетонные сваи:

в длине до 10 м	±30
то же, более 10 м	±50
в размерах сторон поперечного сечения	+5
	-0
в смещении острия от центра	10
в толщине защитного слоя	+5
	-0

В наклоне плоскости верхней торцевой грани к плоскости, перпендикулярной оси свай уклон 1%

При погружении свай в зависимости от их веса применяются вибропогружатели или свайные молоты (табл. 78 и 79).

При наличии песчаных (песчаных и гравелистых) грунтов сваи можно погружать с подмывом. Для этого применяют подмывные трубки диаметром 50—68 мм с насадками на конце (см. табл. 77).

Таблица 78. Применение свайных молотов для погружения деревянных свай

Свайные молоты	Диаметр свай, см									
	26		28		30		35		40	
	Длина свай, м									
	6,5	10	6,5	10	6,5	10	8	12	8	12
	Вес свай, кг									
	270	420	320	500	370	570	600	900	760	1200
Двойного действия — модель СССР	502	501	502			501			708	
Трубчатые дизель- ные — модель УР				500				1250	500	1250
Штанговые дизель- ные — модель ДМ	600	1200	600	1200	600		1200			1800

Таблица 79. Применение свайных молотов для погружения железобетонных свай квадратного сечения

Свайные молоты	Сечение свай, см							
	25×25		30×30		35×35		40×40	
	Длина свай, м							
	10	10	15	10	15	10	15	20
	Вес свай, кг							
	1600	2200	3300	3000	4600	4000	6000	8000
Одиночного действия — модель	1100	1500	СССМ 582			СССМ 680		
Двойного действия — модель	СССМ 708	СССМ 742,7		ВР-28			—	
Трубчатые дизельные — модель	1250	2500	1250	2500			—	

Погружение свай ведут до расчетного отказа. Величина отказа замеряется с точностью до 1 мм на протяжении не менее трех залогов (по 10 ударов для молотов одиночного действия и за 1 мин — для молотов двойного действия и дизель-молотов).

Нормы времени на погружение стальных железобетонных и деревянных свай, шпунтов и оболочек различными технологическими средствами приведены в табл. 80—84.

Таблица 80. Нормы времени на вертикальное погружение одной железобетонной оболочки диаметром до 60 см, чел.-ч. [37]

Вид копра	Тип молота	Длительность погружения, мин, до							
		5	10	20	30	45	60	90	120
Универсальный плавучий	Паровой	8,75	9,25	10	11	12,5	14	16	19

Таблица 81. Нормы времени на погружение одной деревянной свай, чел.-ч. [37]

Вид копра	Тип молота	Длительность погружения, мин, до									
		5	10	15	20	30	40	55	70	90	120
Универсальный с приводной лебедкой	Пневматический или паровой	3,4	3,85	4,35	4,9	5,75	6,75	8	9,5	11	14
	Дизельный	2,52	2,88	3,28	3,68	4,4	5,2	6,2	7,4	8,8	10,8
	Подвесной свободного падения	2,01	2,28	2,61	2,91	9,9	3,9	4,8	5,7	6,6	8,1

Таблица 82. Нормы времени на погружение одной стальной свай шпунтового ряда, чел.-ч. [37]

Вид копра	Тип молота	Длительность погружений одной шпунтовой свай, мин, до								
		5	10	20	30	40	60	75	95	120
Универсальный Неуниверсальный	Паровой	2,75	3,1	3,85	4,9	6	7,5	9,25	11	13
	Паровой или пневматический	3,65	4	4,75	5,75	6,75	8,25	10	12	14
	Подвесной свободного падения	2,19	2,4	2,85	3,45	4,05	4,95	6	7,2	8,4

Осматривая сваи, водолаз указывает направление отклонения, измеряет его и расстояние между сваями. Кроме того, водолазу приходится спиливать ручной ножовкой или пневматической пилой сваи

под водой, делать врубку, устанавливая раскосы и связи. Сваи спиливают по шаблону, устанавливаемому под водой при помощи футштока. Шаблон крепят к сваям гвоздями или скобами. Врубки на сваях для подкосов и шипы делают по шаблону — кондуктору, который предварительно закрепляют на свае гвоздями. Нижние

Таблица 83. Нормы времени на погружение одной стальной сваи шпунтового ряда, чел.-ч [37]

Установка	Длительное погружение одной сваи, мин, до					
	3	5	7	10	15	20
Вибропогружатель с самоходным полноповоротным краном	1,64	1,8	1,96	2,16	2,48	2,88

Таблица 84. Нормы времени на погружение одной железобетонной сваи шпунтового ряда, чел.-ч. [37]

Вид копра	Тип молота	Длительность погружения одной сваи, мин, до								
		5	10	20	30	45	60	90	120	150
Универсальный	Паровой	4,3	4,8	5,5	6,5	7,75	9,25	11,5	14,5	17,5

плоскости врубок водолаз выполняет пропилами, а наклонные — топором.

Для придания жесткости деревянному свайному основанию устанавливают подводные тязи из двух хомутов и тязи, оборудованной фаркопом. Положение нижнего хомута фиксируется забивкой костыля и прирубкой на свае. Аналогично устанавливается и верхний хомут. Оба они соединяются тягой, изготовленной из круглой стали, и с помощью фаркофа тязя натягивается до предела. Расположение тяжей перекрестное, благодаря чему ростверк может воспринимать боковые нагрузки с обеих сторон. При постановке тяжей на забитые сваи рекомендуется рычажная конструкция.

Иногда постановку подводных раскосов производят без водолазов. Для этого нижние хомуты подводных тяжей крепят болтами к сваям до их забивки, а верхние, надводные — после забивки.

При забивке сваи часто отклоняются от проектной оси. Наибольшее отклонение верхнего конца сваи не должно превышать $\frac{1}{30}$ ее свободной длины. Сваи с наклоном больше допустимого должны быть выдернуты или спилены у дна, а с допускаемым — выровнены постановкой подпорок, распорок или стягиванием тросов в зависимости от характера их наклона и местных условий.

Наращивание свай под водой осуществляют вполдерева с постановкой хомутов или впритык с постановкой деревянных или металлических накладок. Иногда стыковка производится с помощью патрубков. При этом требуется тщательная подгонка торцов сопря-

гаемых поверхностей, чтобы обеспечить равномерную передачу нагрузки.

Забивка металлических костылей и установка болтов в просверленные отверстия под водой осуществляется в основном вручную. Иногда можно выполнить забивку креплений с бота или с плавучих средств. При забивке в горизонтальную плоскость водолаз устанавливает крепление на место и слегка закрепляет его кувалдой. Затем подставляет подбабок, по которому сверху забивает крепление до отказа. Для того чтобы подбабок не соскочил со крепления, используют отрезок трубы. Забивку металлических креплений в вертикальную плоскость выполняют с помощью маятниковой бабы, спущенной с водолазного бота.

При строительстве свайных сооружений водолаз устанавливает: наличие и величину отклонения сваи от вертикальной оси; состояние и уклон подпричального откоса и откоса устоя; состояние подводных связей между сваями, наличие и точность постановки креплений, тщательность устройства узлов сопряжений.

13. Подводные части слипов и эллингов

Основные размеры. Слипы и эллинги служат для подъемов судов при их ремонте или после постройки. Слипы и эллинги бывают продольные и поперечные; в первых поднимаемое судно располагают длинной стороной перпендикулярно к берегу, во вторых — параллельно.

Существуют несколько типов слипов и эллингов, которые различаются главным образом по устройству судовозных тележек, позволяющих производить операции по подъему судов.

Основные размеры эллингов и слипов зависят от размеров судов, которые будут перемещаться по ним. Исходными данными являются осадка судна и уклон путей.

Осадку судна ориентировочно можно определить по формуле

$$T_c = \frac{P_{\text{сп}}}{b_m \cdot l_c \cdot \delta \cdot z},$$

где $P_{\text{сп}}$ — спусковой вес судна; обычно составляет $1/3$ его водоизмещения при полной загрузке, т;

b_m и l_c — соответственно ширина судна по миделю и длина, м;

δ — коэффициент полноты водоизмещения по грузовой ватерлинии;

z — коэффициент, учитывающий неравномерную осадку судна, равный 0,8.

Уклоны рельсовых путей для слипов и эллингов можно принимать по данным табл. 85.

Длину подводной части стапеля определяют из условия, чтобы глубина воды на пороге при расчетном низком горизонте была не менее средней осадки судна при спуске T_c .

Глубину на пороге определяют по формуле

$$h_{\text{пор}} = T_c + k + h_k + a + ib,$$

где k — запас на осадку — 0,3 м;

h_k — высота кильблоков 0,25—0,3 м;

a — высота тележки в верхнем конце, м;

i — уклон путей;

b — база тележки (расстояние между крайними катками), м.

Таблица 85. Уклоны рельсовых путей слипов и эллингов [10]

Тип сооружения	Уклон рельсовых путей	
	от	до
Поперечные эллинги и слипы для малых судов (до 1000 т)	1:8	1:4
Поперечные эллинги и слипы для средних судов (1000 т)	1:12	1:8
Продольные эллинги и слипы для малых судов	1:14	1:12
Продольные эллинги и слипы для средних судов	1:20	1:14

При двухъярусных системах дополнительно включается высота тележки

$$h_{\text{пор}} = T_c + k + h_k + a + ib + c,$$

где c — высота тележки, м.

По величине T_c и по уклону стапеля назначают длину его подводной части

$$L_c = \frac{T_c}{i}.$$

Рельсы. Применяемые для подводных путей рельсы должны удовлетворять следующим требованиям:

1) для слипов допускаются рельсы 1 и 2-го сортов, а также старородные I и II групп и некондиционные рельсы, используемые для промышленного (заводского) транспорта;

2) износ головки по высоте не должен быть больше 3 мм, причем величина износа головки измеряется по оси симметрии рельса;

3) износ головки рельса по ширине не должен превосходить 3 мм с каждой стороны головки;

4) рельсы должны быть полной длины и иметь на своих концах отверстия для болтовых соединений;

5) рельс не должен иметь концевых искривлений, волнистости и значительных местных повреждений в виде изломов, вмятин и пр.;

6) допускается в горизонтальной и вертикальной плоскости по всей длине рельса равномерная кривизна со стрелкой, не превышающей $\frac{1}{2000}$ его длины;

7) местные деформации и кривизна не должны превышать 2 мм при измерении линейкой длиной 0,5 м;

8) при возможности выполнения холодной правки старогодних рельсов к приемке допускаются рельсы, имеющие стрелку прогиба не более $\frac{1}{50}$ длины той хорды, относительно которой измеряется прогиб, причем рельс не должен иметь резких перегибов;

9) после холодной правки рельсы должны удовлетворять пп. 5—7 настоящих требований. Правка рельсов с помощью нагрева не допускается.

Некондиционные рельсы могут быть использованы для путей слипа при условиях:

предел прочности при растяжении не должен быть меньше 50 кг/мм²;

глубина волосовин и трещин после вырубки их не должна превышать 4 мм на длине не более 40 мм;

отклонения в размерах рельсов не должны превышать: по высоте рельса $\pm 1,25$ мм, по ширине подошвы ± 3 мм, по ширине головки $\pm 1,25 \div 1,00$ мм, по толщине шейки $+1,5 \div 1,0$ мм, несимметричность поперечного сечения относительно вертикальной оси в подошве 3 мм и в прочих размерах 0,5 мм.

Приемка маркированных рельсов 1 и 2-го сортов производится по наружному осмотру, а старогодних и некондиционных — по наружному осмотру и обмерам.

При укладке пути на новых шпалах при наличии подкладок на каждой шпале надо давать уширение пути на 2 мм. После непродолжительной эксплуатации путей ширина колеи примет требуемые проектные размеры. Рельсы укладывают со стыками на весу. Стыки каждой пары рельсов одного звена должны быть расположены по угольнику и лежать в одной плоскости. Забег стыков не должен превышать 10 мм. При установке болтов в стыках гайки у четырех крайних должны быть обращены наружу колеи, а две средних — внутрь колеи.

Между торцами стыкуемых рельсов должны быть оставлены зазоры. Величина зазоров принимается в зависимости от температуры в момент укладки рельсов (табл. 86).

Подрельсовые основания. При строительстве слипов и эллингов подводная часть является наиболее ответственной и трудоемкой. Строительство подводных частей слипов и эллингов осуществляют либо за защитными перемычками с водоотливом, либо методом подводного монтажа.

Выбор способа производства работ зависит от конструктивных особенностей подводных частей. Наиболее распространенными являются слипы и эллинги на балластно-шпальном основании (рис. 23). Шпалы в зависимости от условий эксплуатации могут быть как деревянными, так и железобетонными, чаще из струно-напряженного железобетона.

При укладке подводной части подъемно-спускового устройства на балластно-шпальном основании все пути подводной части монтируют на общей металлической раме или отдельно на металличе-

ских рамах под каждый путь. В последнем случае параллельность путей достигается постановкой между дорожками специальных кондукторных тяг. Однако в том случае не обеспечивается необходимая жесткость конструкции.

Возведение подводной части подъемно-спускового устройства слипа осуществляется в такой последовательности: установка маяков (направляющих реек) по осям дорожек наклонной части слипа;

Таблица 86. Температурные зазоры для рельсов длиной до 12,8 м

Величина зазора, мм	Температура рельса, град С, соответствующая величине зазора для полос											
	северной				средней				южной			
	при длине рельсов, м											
	10,67—11,00		12,5—12,8		10,67—11,00		12,5—12,8		10,67—11,00		12,5—12,8	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
0	+55	+55	+55	+55	+60	+60	+60	+60	+65	+65	+65	+65
1,5	+55	+43	+55	+45	+60	+48	+60	+50	+65	+53	+65	+53
3,0	+43	+31	+45	+35	+48	+36	+50	+40	+53	+41	+55	+45
4,5	+31	+18	+35	+25	+36	+24	+40	+30	+41	+29	+45	+35
6,0	+18	+7	+25	+15	+24	+13	+30	+20	+29	+17	+35	+25
7,5	+7	-5	+15	+5	+12	0	+20	+10	+17	+5	+25	+15
9,0	-5	-17	+5	-5	0	-12	+10	0	+5	-7	+15	+5
10,5	-17	-29	-5	-15	-12	-24	0	-10	-7	-19	+5	-5
12,0	-29	-41	-15	-25	-24	-36	-10	-20	-19	-31	-5	-15
13,5	-41	-53	-25	-35	-36	-48	-20	-30	-31	-43	-15	-25
15,5	-53	-65	-35	-45	-48	-60	-30	-40	-43	-55	-25	-35
16,5	—	—	-45	-55	—	—	-40	-50	—	—	-35	-45
18,0	—	—	-55	-65	—	—	-50	-60	—	—	-45	-55

дноуглубительные работы; устройство направляющих; подсыпка выравнивающего слоя песка с грубым разравниванием; отсыпка щебеночных балластных оснований с весьма тщательным разравниванием; монтаж путей подводной части на металлической раме с использованием готовых путей надводной части подъемно-спускового устройства; стаскивание на воду и опускание на подготовленное основание подводной части; подбивка щебня под шпалы, обкатка и рихтовка путей; заполнение шпальных ящиков и экранирование между путями из щебня.

При строительстве слипов и эллингов на шпально-балластном основании к дноуглубительным работам предъявляются следующие требования (СНИП III-М. 4—62):

отклонения от проектных размеров поверхности подводной наклонной части слипа при подводном способе производства работ не должен превышать +15 см;

отклонения от крутизны откосов при устройстве насыпей или выемок допускается только в меньшую сторону;

отклонения верхней бровки откосов в насыпи в плановом отношении не должны быть более +15 см.

Поскольку в результате разработки дноуглубительным снарядом поверхность дна получается неровной (в виде уступов), для ее вы-

равнивания устраивают песчаную подсыпку. Трудность при устройстве песчаной подсыпки под водой заключается в необходимости обеспечения большой точности, а также создании надлежащей плотности уложенного песка. Контроль за точностью песчаной отсыпки

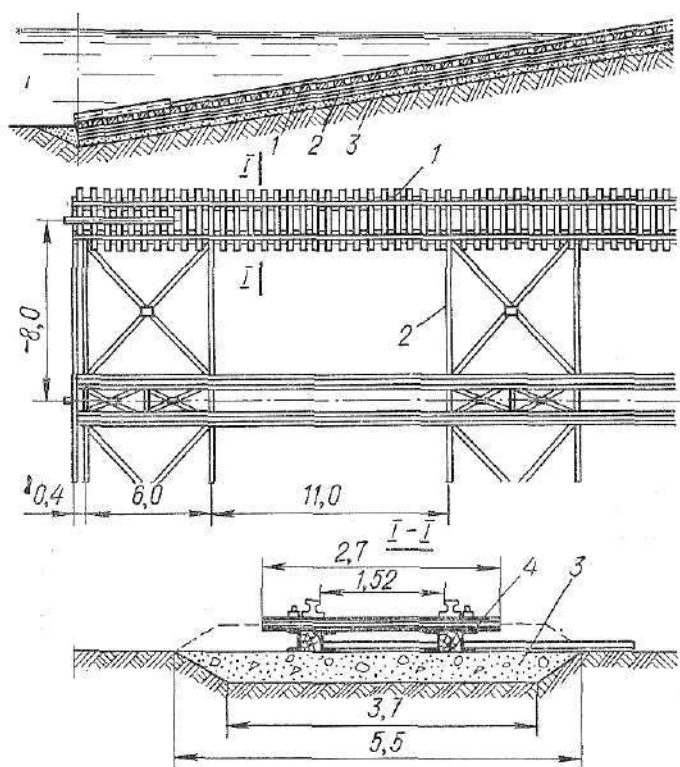


Рис. 23. Конструкция дорожек слипа на щебеночном балластно-шпальном основании:

1 — железнодорожный путь; 2 — металлическая рама; 3 — балласт; 4 — шпалы размером 20×20 см.

достигается устройством для каждой дорожки специальных направляющих, по которым водолаз устанавливает отклонения. Направляющие представляют собой два ряда деревянных свай, забиваемых по обе стороны дорожек, к которым прибивают наклонно доски толщиной 50 мм с таким расчетом, чтобы их верх совпадал с проектными отметками отсыпаемого грунта.

Песок отсыпают при помощи плавучего грейферного крана или гидронамыва. Правильность отсыпки песка устанавливается по величине зазора между рейкой, передвигаемой водолазом по установленным направляющим, и поверхностью отсыпаемого грунта.

Аналогично производят и отсыпку щебня. Направляющие в этом случае устанавливают так, чтобы верх их совпадал с подошвой шпал. Выравнивание поверхности балластных призм производят

вручную или с помощью механических планировщиков, подвешенных к косяковым тележкам.

Уплотнение балластных призм под водой в процессе их подсыпки достигается при помощи шпалоподбойников и площадочных вибраторов, приспособленных для подводных условий. Наилучшие результаты достигаются при укладке балласта слоями толщиной 20—25 см.

При работе нескольких водолазных станций целесообразно дорожки закреплять персонально за каждой водолазной станцией.

Таблица 87. Требования, предъявляемые к гранулометрическому составу балласта подрельсовых путей слипов и эллингов [8]

Балластный материал	Нормальные размеры частей, мм		Содержание частей нормальных размеров, проц. по весу	Допуски				
				по содержанию, проц. по весу				песка
	от	до		максимальный размер частей, мм	размерами менее нормальных частей	размерами более нормальных частей	дробленых частей	
Щебень твердых пород	25	70	90	100	5	5	100	—
Гравий сортированный	3	40	90	60	5	5	20—100	—
Гравий карьерный	3	60	От 50 до 80	100	20—50	5	—	Не менее 20 и не более 50

с тем, чтобы все работы от начала строительства до обкатки и сдачи дорожки в эксплуатацию выполнялись одними и теми же исполнителями.

Применяемый балласт должен удовлетворять требованиям, указанным в табл. 87 и 88.

Сборку подводных путей в единую систему на монтажной металлической раме выполняют на берегу, лучше всего на законченной надводной части подъемно-спускового устройства.

Спуск рамы со смонтированными на ней путями под воду и укладку ее на подготовленную щебеночную постель производят при помощи лебедок, установленных на плавучих средствах. Можно также использовать подъемные лебедки слипа. По мере продвижения рамы на воду производят подвешивание ее к понтонам, количество которых определяют расчетом в зависимости от веса рамы и смонтированных на ней путей. После этого производят выверку положения рамы по створам дорожек и опускают ее на постель при помощи лебедок, установленных на понтонах.

После укладки водолазы обследуют положение рамы, особо обращая внимание на плотность ее прилегания к основанию и отсутствие деформации.

Закончив обследование и предварительную нивелировку головок рельсов, а также устранив дефекты в положении рамы, производят

Т а б л и ц а 88. Требования, предъявляемые к качеству материалов, применяемых для балласта подрельсовых путей слипов и эллипгов [8]

Балластный материал	Механические характеристики			Вологопоглощение по истечении 48 ч, проц.	Требования к морозостойчивости	Чистота материала	Структура
	сопротивление удару на копре ПМ	износ, проц. по весу в барабане № 1	износ, проц. по весу в барабане № 2				
Шебень из естественных каменных материалов: твердых средней твердости слабых	75—100 и более 50—75 35—50	До 15 15—30 30—45	До 5 5—7 7—10	1,5	Образец не должен разрушаться после 25-кратного замораживания и оттаивания	Должен быть очищенным от грязи и мусора; пылевидных частиц должно быть не более 1%	
Гравий сортированный	>50	30	15	<1,5	Загрязнение частицами линейных размеров менее 0,1 мм, не более 1%	Содержание непрочных пород (слабых известняков, глинистых или известняковых песчанков, выветренных гранитов и других) не должно превышать 15% общей массы	
Гравий карьерный	>50	30	15	<1,5	Пылеватых частиц менее 0,1 мм не должно быть более 6%, в т. ч. каменных частиц не более 1%		

риховку и обкатку наклонной части подъемно-спускового устройства. Для обкатки путей используют постоянные косяковые тележки слипа, которые оборудуют нивелировочными рейками и загружают балластом.

Для сохранения максимальной расчетной нагрузки на катки часть их заклинивается специальным образом. После 4—6 проходов производят контрольное нивелирование головок рельсов с одновременной вывеской отдельных участков пути по нивелиру в проектное

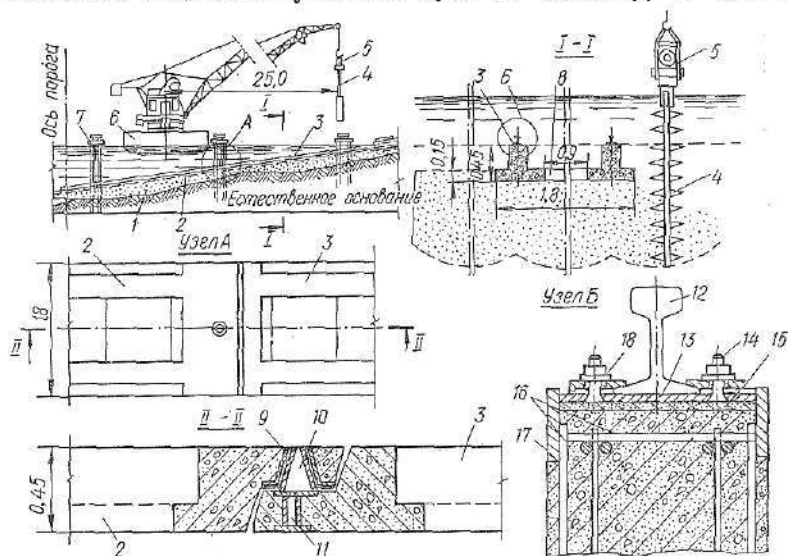


Рис. 24. Конструкция дорожек слипа на уплотненном песчаном основании:

1 — подсыпка песчаным грунтом; 2 — нижняя балка; 3 — верхняя балка; 4 — виброуплотнитель; 5 — вибропогрузатель; 6 — плавучий кран; 7 — временные монтажные опоры; 8 — отверстие для виброуплотнителя; 9 — конус верхней балки; 10 — конус нижней балки; 11 — отверстие для направляющего штыря; 12 — рельс; 13 — стальная подкладка; 14 — болт с потайной головкой; 15 — цементная подливка; 16 — арматурные анкеры; 17 — закладные плиты; 18 — пружинная шайба.

положение. При этом щебень под шпалами или удаляется или добавляется в зависимости от необходимости. Вывешивание необходимо производить со специально оборудованной тележки с реечными домкратами. Обкатка пути считается законченной, если трехкратная повторная прокатка нагруженной тележки не вызывает дополнительных остаточных просадок пути более чем на 1 мм.

Другой тип слипов — конструкции подводной части из железобетонных блоков на щебеночном или на песчаном балластном основании (рис. 24).

Щебеночное основание планируют с помощью подводного ножа-планировщика шириной 3,5 м, прикрепленного к смонтированной на береговом блоке инвентарной косяковой тележке. Нож-планировщик при планировке перемещается по консоли с помощью тягового и возвратного тросов, прикрепленных к двухбарабанной элек-

тролебедке грузоподъемностью 1,5 т. При планировке обеспечивается качество выравнивания, соответствующее весьма тщательному выравниванию (+3 см). На спланированное основание монтируют пионерным способом железобетонные блоки, которые в процессе сборки объединяют болтами, устанавливаемыми водолазами вручную. Точность установки блоков обеспечивается с помощью специальных направляющих, установленных на косяковой тележке, а соосность блоков рельсовых путей — с помощью пазов и выступов, имеющих на верхнем и нижнем торцах блоков. Для обеспечения связи между соседними дорожками слипа и общей жесткости наклонной части в стальные карманы из уголков вставляют железобетонные распорки.

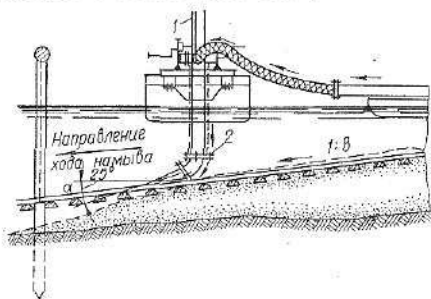


Рис. 25. Устройство балластной постели слипа из песка:

1 — намывное устройство; 2 — шелевидный патрубков.

При устройстве слипа из железобетонных блоков на песчаном основании железобетонные блоки предварительно вывешивают на временные монтажные опоры из свай, объединенных между собой швеллерами. К ним подвешивают траверсы с винтовыми домкратами. На траверсы устанавливают с помощью плавучих кранов балки слипа. После укладки балок на траверсы водолазы ручными винтовыми домкратами, упираемыми в сваи монтажных опор, сдвигают балки в плане в проектное положение. В вертикальном положении балки устанавливают также с помощью винтовых домкратов, смонтированных на монтажных площадках опор. Контроль правильности установки балок обеспечивается с помощью геодезических инструментов, направляемых на вежи, прикрепляемые к балкам во время монтажа.

После выверки положения балок в плане и профиле производят намыв песка под балки с помощью намывного устройства со шелевидным патрубком (рис. 25). Поскольку плотность уложенного песка после намыва оказывается недостаточной, производят дополнительное механическое уплотнение с помощью виброуплотнителя. Окончив уплотнение песчаного основания, траверсы ослабляют и окончательно укладывают балки на грунт.

Для сохранения песчаного основания от размывов в зоне волнового воздействия на песок отсыпают слой щебня толщиной 15—20 см. Конструкции слипов балочного типа устраивают на опорах из железобетонных пустотелых массивов, свай или оболочек, омоноличиваемых подводным бетоном. В первом случае пустотелые массивы устанавливают на каменную или щебеночную постель, усиленную инъекцией цементного раствора. Нижний массив имеет постоянную высоту на всех опорах, верхний — переменную, в зависимости от принятого проектом уклона путей. На опоры устанавливают железобетонные пролетные строения с коробами над поло-

стями опорных массивов. Омоноличивание массивов с пролетным строением выполняют путем установки арматурного каркаса и укладки подводного бетона после монтажа и тщательной выверки положения продольных железобетонных балок.

При слабых грунтах целесообразно применять опоры из свай или из центрифугированных железобетонных оболочек (рис. 26). Сваи и оболочки погружают с помощью забивных молотов и вибропогружателей. Процесс погружения оболочек совмещают с извлечением

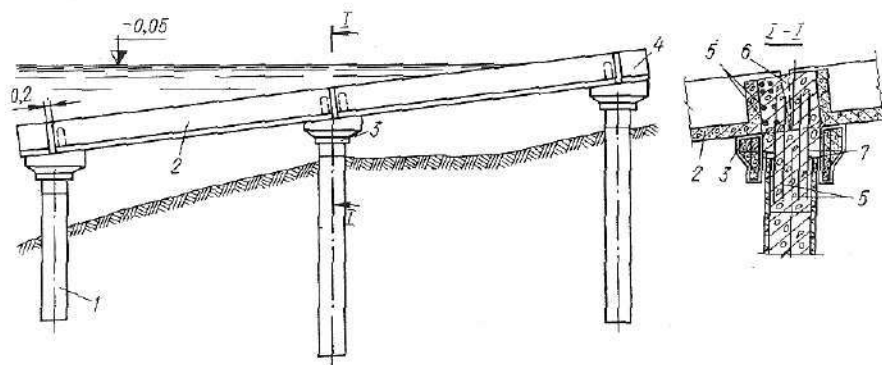


Рис. 26. Конструкция слипа на основании из оболочек:

1 — оболочки; 2 — балка; 3 — капитель; 4 — венчающие блоки; 5 — арматура стыка омоноличивания; 6 — бетон омоноличивания; 7 — ограничители из швеллеров.

из них грунта с помощью грунтонасосов. Для погружения свай и оболочек ниже уровня воды применяют подбабок, изготовленный из металла или из секции оболочки. При забивке свай отклонения от проектного положения не должны превышать значений, приведенных в п. 7.4 СНиП III-Б. 6—62.

На погруженные сваи и оболочки устанавливают сборные или бетонируют монолитные капители, на которые устанавливают балки. Длину балок назначают по проекту. Балки вместе с прикрепленными к ним рельсами устанавливают на опоры с помощью плавучих кранов. Для замеров планового и высотного положения на балках закрепляют визирную рейку.

После установки балок и нивелировки головок рельсов водолазы соединяют накладками рельсы соседних балок и конопатят щели в узлах омоноличивания. Балки между собой, а также с капителью и оболочкой соединяют с помощью подводного бетонирования.

Выполненный слип должен быть подвергнут технической приемке, в ходе которой комиссии, кроме проектной документации, предъявляются акты на скрытые работы по водолазному обследованию основания, фактическому размещению свай основания, на правильность монтажа балок, на установку арматуры узлов омоноличивания, на заполнение оболочек бетоном и омоноличивание узлов. Кроме того, должны быть выполнены требования, предъявляемые к точности монтажа рельсовых путей согласно нормативным допускам (табл. 89 и 90).

Таблица 89. Допускаемые отклонения для рельсовых путей гребенчатых слипов, мм [СНиП III-М. 4—62]

Отклонения	Для рельсовых путей	
	по железобетонным плитам или балкам при строительстве за перемычкой	на балластно-шпальном основании при подводном способе строительства
<i>Наклонные пути</i>		
Местные повышения головок рельсов обеих ниток при условии плавного разгона (не более 1 : 500)	± 20	± 40
Превышение головки рельса одной нитки над головкой рельса второй нитки в любом поперечном сечении	2	7
Превышение головок рельсов одного или нескольких подъемных путей на всей их длине по отношению к остальным путям	± 20	± 50
Фактического уклона плоскости подъемных путей по всей их длине от заданного проектом	$\pm 0,001$ (1 мм на 1 м)	$\pm 0,002$ (2 мм на 1 м)
Колея рельсового пути (расстояние между внутренними гранями головок рельсов)	+3 —0	+3 —0
Фактического уклона одного или нескольких подъемных путей по отношению к уклону плоскости остальных путей	$\pm 0,001$ (1 мм на 1 м)	$\pm 0,001$ (1 мм на 1 м)

Таблица 90. Допускаемые отклонения для рельсовых путей одноярусных и двухъярусных слипов, мм [СНиП III-М. 4—62]

Отклонения	Для рельсовых путей	
	по железобетонным плитам или балкам на свайном основании при строительстве за перемычкой или подводным способом	на балластно-шпальном основании при строительстве за перемычкой
Завышение головки рельса по отношению к проектной отметке в любом поперечном сечении рельсовых путей	6	8
Превышение головки рельса одной нитки пути над головкой рельса второй нитки одноколейного пути в любом поперечном сечении	2	3
Превышение головок рельсов одного пути над головками рельсов смежного пути в любом поперечном сечении	3	
Местный уклон по длине горизонтальных рельсовых путей	$+0,0005$ (1 мм на 2 м)	$+0,0005$ (1 мм на 2 м)
Отклонение продольной оси слипа или стальной оси в плане от проектного положения (непараллельность), измеренное в начале и конце рельсовых путей	10	10

Отклонения	Для рельсовых путей	
	по железобетонным плитам или балкам на свайном основании при строительстве за перемычкой или подводным способом	на балластно-шпальном основании при строительстве за перемычкой
Непараллельность осей рельсовых путей (колен) в плане относительно продольной оси слипа или стапельного места при расстоянии от продольной оси: 20 м и менее более 20 м	± 4 ± 6	± 4 ± 6
Ширина пути (расстояние между осями головок рельсов) или колея пути (расстояние между внутренними гранями головок рельсов): 2,5 м и менее более 2,5 м	± 2 ± 3	± 2 ± 3

14. Прокладка подводных тоннелей

Тоннельные переходы через водоемы сооружают закрытым или открытым способами. Закрытый способ предусматривает проходку ствола щитовым или горным способом без нарушения среды над тоннелем. Открытый производится с нарушением среды над тоннелем: способом подводного котлована и установкой готовых конструкций. Выбор способа сооружения подводных тоннелей производится с учетом топографических, геологических, гидрогеологических и других местных условий.

При закрытом способе сооружения наиболее рациональной считается проходка тоннелей с помощью герметических щитов при разработке грунта способом гидромеханизации без применения сжатого воздуха в рабочей зоне. Закрытым способом, как правило, сооружают тоннели с круглым поперечным сечением.

Открытый способ производства работ позволяет придать тоннелю прямоугольную или близкую к ней форму поперечного сечения как в процессе строительства, так и при эксплуатации.

Заложение тоннелей под руслом водотока назначают в зависимости от глубины и ширины водоема, а также от величины пригруза над тоннелем. В плане тоннели обычно располагают на прямой, однако бывают и криволинейные трассы.

Минимальный уклон железнодорожных тоннелей принимают 0,003, в особых случаях — 0,002. Наибольший уклон выбирают в зависимости от руководящего уклона и требуемого смягчения его.

Продольный уклон автодорожных тоннелей назначают в пределах 0,035—0,050.

Рамповые участки сооружают обычно в открытых котлованах с применением водопонижения за шпунтовыми или грунтовыми перемычками.

При открытом способе сооружения подводных тоннелей наиболее распространенным является опускание готовых секций на естественное или свайное основание.

Обычно полная нагрузка на фундамент или основание секций направлена вниз, т. е. имеет отрицательную плавучесть. В отдельных случаях секциям тоннелей придают положительную плавучесть для возможности исправления ошибок при установке их в проектное положение. Такие секции погружают силовым методом, при котором они подтягиваются к фундаментам с помощью тросов и лебедок.

По своей конструкции фундаменты и искусственные основания могут быть разделены на четыре группы (табл. 92).

Условия их применения зависят от геологических и гидрогеологических характеристик, а также от поперечного очертания секций и применяемого оборудования.

Тоннельные секции изготовляют в сухих доках, устроенных в виде открытых выемок с откосами. Размеры доков целесообразно назначать с расчетом размещения всех тоннельных секций одновременно. Котлован сухого дока осушают способом глубинного водопонижения, для чего применяют иглофильтровые установки (см. табл. 91).

Погружные секции тоннелей различаются по виду поперечного сечения и материалу изготовления. Круглые секции изготовляют из стальных оболочек с внутренней обделкой из бетона или железобетона.

Таблица 91. Технические характеристики иглофильтровых установок

Наименование показателей	Единица измерения	Тип				
		ПВУ-2	ЛИУ-Б	ЛИУ-3	ЭИ-4	ЭИ-2,5
		Глубина водопонижения				
		до 5 м			от 5 до 18 м	
Производительность	$\text{м}^3/\text{ч}$	280	120	60	2,9—5,1	1—1,8
	$\text{л}/\text{сек}$	28	40	25		
Вакуумметрическая высота всасывания	м	7	8	8	—	—
Расход рабочей воды при напоре 60—100 м вод. ст.	$\text{л}/\text{сек}$	—	—	—	60—100	60—100
Диаметр сопла эжектора иглофильтра	мм	—	—	—	12	7
Диаметр иглофильтра	дюйм	—	—	—	4	2,5
Всасывающий коллектор						
длина звеньев	м	3	5,25	—	—	—
число звеньев	шт.	30	18	—	—	—
диаметр	мм	200	150	—	—	—
Мощность электродвигателя	квт	55	20	10	—	—

Таблица 92. Фундаменты и искусственные

Классификация			
Конструкция		Сооружение	
		основные работы	сопутствующие работы
I. Бетонная и железобетонная плита	На естественном грунте	Подводное бетонирование	Планировка гравийной или щебеночно-песчаной постели, дополнительно отсыпанной поверх плиты
	На искусственном основании		
II. Свайный фундамент	Железобетонный ростверк	Забивка или вибропогружение свай	
	Без ростверка		Преднапряжение свай
	Отдельные опоры	Буровые сваи Свай-оболочки	Объединение свай в опорную конструкцию
III. Заполнение пространства опор секций подводным бетоном	Между концевыми опорами	Укладка подводного бетона методом ВПТ	Устройство концевых опор постоянного типа Установка секций в проектное положение на временных опорах
	Под всей секцией		
VI. Песчаная, гравийная или щебеночно-песчаная постель	Намывная	Намыв под секцию на дно выемки	Равнение постели в процессе намыва
	Насыпная	Отсыпка по трубам из приемных бункеров шлангами с раскрывающимися днищами	То же, подводным грейдером, протягиваемым под секцией тоннеля

бетона, а также из стального каркаса, представляющего наружную и внутреннюю оболочки с бетонным заполнением. Многоугольные и прямоугольные секции бывают обычно железобетонными и различаются сечением элементов, армированием, а также по виду гидроизоляции. Секции изготовляют из водонепроницаемого бетона с прочностью на сжатие от 300 до 450 кг/см² при пластичности по осадке конуса 6—8 см. Секции придают положительную плавучесть, равную 2—3% полного веса. Наиболее целесообразной длиной секции считается 90—100 м. На период транспортировки и установки секции в торцах устраивают водонепроницаемые перегородки из стальных балок и железобетонной плиты. Для уплотнения секций в наружных стенах устраивают уступы для размещения стягивающих устройств (обычно гидравлические домкраты грузоподъемно-

основания погружных секций подводных тоннелей [20]

Характеристика			
Толщина до низа конструкции, м		Условия применения	
от дна выемки	от низа фундамента		
0,8—1,5	0,8—1,5	Слабые грунты, круглое или многоугольное сечение секции, большие временные нагрузки	
0,5—1	10—20	Очень слабые грунты	Круглое или многоугольное сечение секций
0,2—0,5	10—30		Прямоугольное сечение секций, большие временные нагрузки
0,4—0,9	15—90		Большая толща слабых пород, относительно малые временные нагрузки
0,4—0,6	0,4—0,6	Относительно крепкие породы;	Силовое погружение секций
		Облегченная конструкция секций	Гравитационное погружение секций
0,6—1,2	0,6—1,2	Широкие секции прямоугольного сечения, гравитационное погружение	
0,4—0,8	0,4—0,8	Большой объем работ, точность планировки ± 80 мм	
0,5—1	0,5—1	Кривизна опорной поверхности секции; точность планировки ± 30 мм	

стью до 200 т), а по контуру торцов — резиновые прокладки различного очертания с последующим замоноличиванием их изнутри.

Последняя секция обычно не доходит до готового участка тоннеля на 1,5—2 м. Для объединения установленных секций в этом месте водолазы устанавливают обойму с резиновым уплотнением по контуру, а затем герметизируют изнутри.

К месту установки секции перемещают буксирами, где закрепляют растяжками на якорях. Погружение секций на проектные отметки осуществляют путем балластировки водой понтонов, закрепленных к секции (гравитационное погружение) или силовым методом путем подтяжки секций к основанию.

Тоннельные секции изолируют оклеечной гидроизоляцией на битумной или синтетической основе и металлической.



РЕМОНТ СООРУЖЕНИЙ ПОД ВОДОЙ

Планирование, финансирование и организация ремонтных работ должны производиться в соответствии с указаниями «Положения о проведении планово-предупредительного ремонта морских и речных портовых, судоходных и судоподъемных гидротехнических сооружений» (М., Стройиздат, 1966).

При оценке технического состояния конструктивных элементов различают три характерные стадии разрушения.

Начальная стадия — незначительные разрушения: частичное шелушение поверхности бетона, мелкие раковины, отколы бетона в остроугольных участках элемента, начавшийся процесс округления формы элемента в пределах защитного слоя бетона (2—3 см по глубине).

Средняя стадия — многочисленные каверны и раковины, значительные по размеру отколы на ребрах, вымывание раствора, разрушение защитного слоя до обнажения арматуры в отдельных местах, образование трещин в железобетонных элементах, значительное округление формы элементов.

Конечная стадия — полное разрушение бетона на большую глубину: крупные каверны, потеря первоначальной формы элементов с выпадением разрушенного бетона, образование крупных трещин, сильная коррозия арматуры, полная потеря прочности бетона.

В соответствии с такой классификацией при начальной стадии разрушения производят профилактические, при средней — текущие, а при конечной — капитальные и аварийные ремонты.

При проведении подводных работ в зонах, примыкающих к гидротехническим сооружениям, необходимо строго соблюдать правила безопасности работ на воде и под водой. Согласно этим правилам подводные работы проводят по специальным нарядам, которые выдают начальник вахты или дежурный инженер сооружения. До выдачи наряда водолазной станции все работы в зонах ГЭС, плотин и насосных станций необходимо согласовать с энергодиспетчером, а работы в зоне шлюзов и других путевых сооружений — с диспетчером движения. Работы должны производиться вне границ опасных зон (табл. 93).

После выполнения работ начальник вахты обязан лично убедиться в их окончании, закрыть наряд и разрешить нормальную работу сооружения.

Водолазные работы на приливных морях следует производить во время наименьшей скорости течения. При работе у напорных сооружений со сквозными отверстиями (повреждения, щели в щитах, шлюзовых воротах, шандорах и т. п.) водолаз должен соблюдать те же требования, что и при работе на быстром течении. Кроме того,

Т а б л и ц а 93. Границы опасных зон у гидротехнических сооружений [27]

Сооружения	Расстояние от затворов		Сооружения	Расстояние от затворов	
	нижн. бьеф	верх. бьеф		нижн. бьеф	верхн. бьеф
Шлюзы	100	200	Водосбросы и водоспуски	30	50
Насосные станции	100	100	Заградительные и аварийные ворота	20	20
Гидростанции	200	300	Паромные переправы	1	10
Плотины	200	300			

следует применять защитные беседки, ограждающие водолаза от присоса к отверстию. Если живое сечение отверстий на рабочей глубине превышает размеры, опасные для водолаза, его уменьшают, подводя с напорной стороны щиты из бревен, труб, балок и т. п. Предельный напор воды и ширина сквозного отверстия в напорной стенке, при которых допускается спуск водолаза в защитной беседке [33]:

Напор, м	Допустимая ширина отверстия, см
2	38—40
4	18—20
6	12—13
8	10—11
10	7—8
12	6—7
14	5—6
16	4—5
18	4—5
20	3—4
22	3—4
24	3—4
26	3—4
28	2—3
30	2—3

При работе с ручными пневмобетоноломами водолазам необходимо соблюдать правила техники безопасности, предусмотренные Едиными правилами охраны труда на водолазных работах [13]. Перед началом работ производят осмотр поверхности бетона, расположенной выше рабочего места водолаза. При обнаружении слабого бетона его разбирают. Необходимо также очистить место стоянки водолаза от посторонних предметов и обломков разрушенного бетона. Включение бетонолома без пики или со вставленной пикой, но не прижатой к обрабатываемому участку бетона, запрещается. После каждого часа работы водолаза следует поднимать на поверхность для отдыха и заменять другим.

При производстве силикатизационных и цементационных работ необходимо соблюдать правила и требования техники безопасности, установленные СНиП III-A. 11—70:

1. Смонтированное напорное оборудование должно быть испытано на давление, превышающее в 1,5 раза максимальное рабочее, но не более 4 атм, о чем составляется соответствующий акт.

Таблица 94. Зависимость показателей долговечности бетона, применяемого при ремонте гидротехнических сооружений, от степени агрессивности внешней среды [6]

Группа агрессивности внешней среды	Марка бетона по прочности для элементов		Марка бетона по морозостойкости для элементов		В/Ц для элементов		Марка бетона по водонепроницаемости для элементов		Применяемые цементы для элементов	
	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных	железобетонных	бетонных
A _{oc}	400	300	300	300	0,4	0,43	В-8	В-8	Среднеалитовые низкоалюминатные портландцементы	
A _c	400	300	300	200	0,43	0,45	В-8	В-8	То же	
A _y	300	200	200	150	0,45	0,5	В-8	В-6	Среднеалитовые низкоалюминатные портландцементы	Обычные портландцементы с пониженным содержанием C ₃ A (до 8%), портландцементы с умеренной экзотермией
A _{му}	150	100	100	50	0,5	0,55	—	—	Обычные и сульфатостойкие портландцементы	

2. До начала работ по бурению скважин и цементации (силикатизации) сменный мастер и рабочие должны проверить исправность оборудования и инструментов, контрольно-измерительных приборов, защитных средств, надежность всех соединений шлангов с перфораторами и штуцерами растворонасосов.

3. Запрещается затягивать сальники и фланцевые соединения растворонасосов и растворопроводов на ходу под давлением, поднимать выше допустимого и резко снижать давление путем открывания кранов.

Бетон и вяжущее для него, применяемые для ремонта гидротехнических сооружений в зависимости от агрессивности условий, должны удовлетворять требованиям табл. 94 в отношении прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. При введении в бетоны пластифицирующих и воздухововлекающих добавок необходимо руководствоваться инструкциями по их применению.

Испытания бетона и бетонной смеси, применяемых при ремонте гидротехнических сооружений, должны проводиться в соответствии с ГОСТ 4800—59 и ГОСТ 4799—69.

1. Состав ремонтных работ

Способ ремонта определяется в зависимости от технического состояния сооружения, его конструкции, вида и характера разрушений и повреждений, имеющегося оборудования, а также от эксплуатационных и гидрометеорологических условий.

Состав подводных ремонтных работ зависит от конструкции гидротехнических сооружений и характера повреждения (табл. 95).

Таблица 95. Повреждения гидротехнических и мостовых сооружений и способы их устранения

Сооружения и характер повреждения	Способы устранения повреждений	Состав подводных работ
1. Сооружения из массивной кладки: а) размыв грунта перед сооружением и повреждение каменной постели; стенка сохранилась	Засыпка размыва участка грунтом или камнем и исправление каменной постели до проектных размеров	Обследование размыва участка с промерами глубин; обозначение границ участка буйками; отсыпка грунта или выравнивание постели с предварительным удалением илистых наносов
б) размыв грунта перед сооружением, повреждение каменной постели и смещение массива нижнего курса стенки	То же, заделка разошедшегося шва между первым и вторым курсами массивов подводным бетоном	Обследование размыва участка с промерами глубин и положений массивов; отсыпка грунта или выравнивание постели; удаление илистых наносов и очистка конструкций в месте укладки бетона от обрастаний; сверление отверстий в бетоне для заделки анкеров; установка арматуры и опалубки, конопатка шелей; подводное бетонирование; водолазный контроль за ходом бетонирования; снятие опалубки.
в) образование каверн в массивной стенке	Заделка каверны подводным бетонированием	Обмер каверны и очистка от ила, остатков бетона и обрастаний; сверление отверстий в бетоне для заделки анкерных штырей и болтов; установка арматуры и опалубки, конопатка шелей; установка бетонолитных труб; подводное бетонирование; водолазный контроль за ходом бетонирования; снятие опалубки.

Сооружения и характер повреждения	Способы устранения повреждений	Состав подводных работ
г) повреждение лицевой грани массивовой стенки	Установка по лицевой грани железобетонных плит-облицовок с укладкой подводного бетона	Разборка завалов перед стенкой; очистка поврежденного участка от слабого бетона и обрастаний; обмер повреждений; сверление отверстий в бетоне и заделка анкерных болтов; разборка каменной наброски для установки временных направляющих из двутавров; устройство направляющих для закрепления плит-облицовок; закладка основания направляющих каменной наброской; установка бетонных плит-облицовок; обследование установленных плит и уплотнение щелей между ними конопаткой; установка бетонолитных труб; бетонирование; контроль за ходом бетонирования
д) полное расстройство массивовой кладки без обрушения массивов	Разборка кладки и установка массивов в правильном порядке	Обследование, остроповка массивов для подъема их краном; удаление наносов с каменной постели; досыпка камня и выравнивание постели; установка массивов
е) полное разрушение стенки	Расчистка завалов и возведение новой стенки прежней конструкции вдоль оси, сдвинутой в сторону моря	Выполняется весь состав работ, предусмотренный проектом постройки
2. Сооружения из массивовой наброски. Развал наброски со смещением массивов за пределы профиля	Восстановление проектного профиля наброски и исправление бордюрной линии	Геодезические измерения бордюрной линии наброски; обследование положения отдельных элементов в наброске; остроповка массивов, сброшенных за пределы профиля или укладки их краном в первоначальное положение; подбивка камня или подкладка мешков с бетоном под неустойчивые массивы

Сооружения и характер повреждения	Способы устранения повреждений	Состав подводных работ
3. Сооружения из массивов-гигантов: а) размыв основания и нарушение каменной постели	Засыпка камнем мест размыва, восстановление каменной постели	Выполняются работы, описанные в п. 1 а
б) разрушение железобетонной стенки с образованием каверн	Заделка разрушенной стенки способом подводного бетонирования	Выполняются работы, описанные в п. 1 а. Кроме того, производится вырезка арматуры с помощью подводной электрокислородной резки для очистки каверны, установка защитной сетки из арматуры (закрепление опалубки возможно за стенки массива-гиганта с помощью лапчатых болтов и конопатки щелей)
в) расхождение швов между массивами	Заделка швов мешками с бетоном	Измерение швов; закладка швов мешками с бетоном с прошивкой стальными стержнями
4. Сооружения из свай и оболочек: а) образование каверн в железобетонных сваях со значительной коррозией арматуры в зоне переменного уровня	Восстановление арматуры и устройство железобетонного банджа	Очистка свай в месте повреждения; оголение арматуры, очистка ее с помощью стальных щеток; обмер повреждения для заготовки арматуры и опалубки; установка дополнительной арматуры; установка ящика с мятой жирной глиной для герметичности опалубки банджа; установка объемлющей опалубки; укладка бетона, контроль за бетонированием, снятие опалубки и ящика с глиной
б) разрушение свай или оболочек	Удаление остатков разрушенной свай и замена ее новой	Обследование свай и определение места ее строповки; остропка ее остатков для извлечения краном; контроль за правильным положением новой свай перед ее погружением; погружение свай до расчетного отказа

Сооружения и характер повреждения	Способы устранения повреждений	Состав подводных работ
в) местное разрушение железобетонной сваи с изгибом	Выпрямление сваи и устройство железобетонного бандажа	Осмотр сваи и измерение ее изгиба; выпрямление сваи с помощью тросов или тяжей; устройство бандажа выполняется аналогично описанию в п. 4 а
г) местный изгиб стальной трубчатой сваи	Выпрямление сваи и усиление ее с помощью стальных накладок или устройство железобетонного бандажа	Осмотр сваи и измерение ее изгиба; выпрямление сваи с помощью тросов или тяжей; установка стальных накладок с помощью подводной сварки; при устройстве железобетонного бандажа выполняются работы, описанные в п. 4 а
д) повреждение деревянной сваи по длине (когда нет возможности ее замены)	Постановка пластыря из стального листа	Обследование места повреждения и обмер щели и соседних шпунтин для заготовки пластыря; разрыв траншеи ниже дна реки для установки пластыря; пробивка или сверление отверстий в шпунтинах и приварка временных проушин; установка пластыря на временные проушины и закрепление его болтами на шпунтовом ограждении; конопатка щелей
Б. Повреждения мостовых опор: а) подмыв опор	Засыпка размытого участка каменной наброской; укладка тюфяков из железобетонных плит, фашин и габионов с заполнением камнем Химическое закрепление грунтов	Обследование и измерение воронки размыва; отсыпка и разравнивание каменной наброски; укладка тюфяков или наброска габионов. Установка нагнетательных труб в грунт; нагнетание раствора для закрепления грунта
б) повреждение отдельных свай и оболочек	Устройство железобетонного бандажа	Выполняются работы, описанные в пп. 4 а-д
в) расстройство каменной облицовки с вывалами	Восстановление облицовки	Обследование опоры и дна с целью выбора способа устройства ограждения из шпунта, грунтовой перемычки или бездонного ящика; конопатка щелей или закладка мест фильтрации воды мешками с бетоном; водоотлив; разборка и цементировка кладки; установка облицовочных камней и расшивка швов

Сооружения и характер повреждения	Способы устранения повреждений	Состав подводных работ
г) повреждение бетона фундаментов или тела опор в виде каверн по периметру опоры	Устройство железобетонной рубашки вокруг опоры	Обследование опоры; сверление отверстий и установка штырей для крепления арматуры; установка арматурных сеток; устройство опалубки в виде водонепроницаемого ограждения; водоотлив; бетонирование рубашки; контроль за качеством бетонирования
д) расстройство кладки опор в виде опасных трещин	Установка металлических хомутов (в качестве временной меры)	Определение мест повреждения; установка рельсов, двутавров или швеллеров; разметка и сверление отверстий для крепления опорных балок или штырей; укладка рельсов на опорные балки или прикрепление к штырям; установка тяжей и завинчивание гаек
е) То же	Устройство железобетонных поясов	Цементация кладки; устройство железобетонных поясов (состав работ см. п. 5 г)
6. Повреждение откосов берегоукрепления: а) вымыв грунта через швы сборных железобетонных плит, разрушение заделки швов	Восстановление проектного профиля откосов	Обследование повреждения; обозначение границ повреждения буйками; разборка мощения из плит; устройство обратного фильтра из камня и щебня, выравнивание; укладка плит на место
б) разрушение асфальтобетонного покрытия	Восстановление проектного профиля откосов	Обследование повреждения; расчистка крепления отслаблого асфальтобетона; обозначение границ повреждения буйками; отсыпка и выравнивание каменной наброски

2. Ремонт бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений

При значительных повреждениях поверхностей и большой протяженности их вдоль фронта сооружения устраивают монолитный бетонный пояс. Восстановление прежней формы бетонной конструкции осуществляют с помощью деревянной или металлической опалубки, а также несъемных железобетонных плит. Толщину пояса определяют в зависимости от принимаемого способа бетонирования, обычно ее назначают равной 25 ± 5 см. Монолитный пояс устраива-

ют вертикальным или наклонным (с уклоном в сторону моря $\frac{1}{8} \div \frac{1}{10}$). Для подачи бетона в конструкцию обычным способом применяют съемную воронку. После укладки бетона воронку снимают, а верхнюю открытую часть свежего бетона выравнивают и закрывают деревянной доской.

Бетонирование методом ВПТ рекомендуется применять при расположении низа бетонируемого пояса на глубинах более 1 м и при значительных объемах бетонирования.

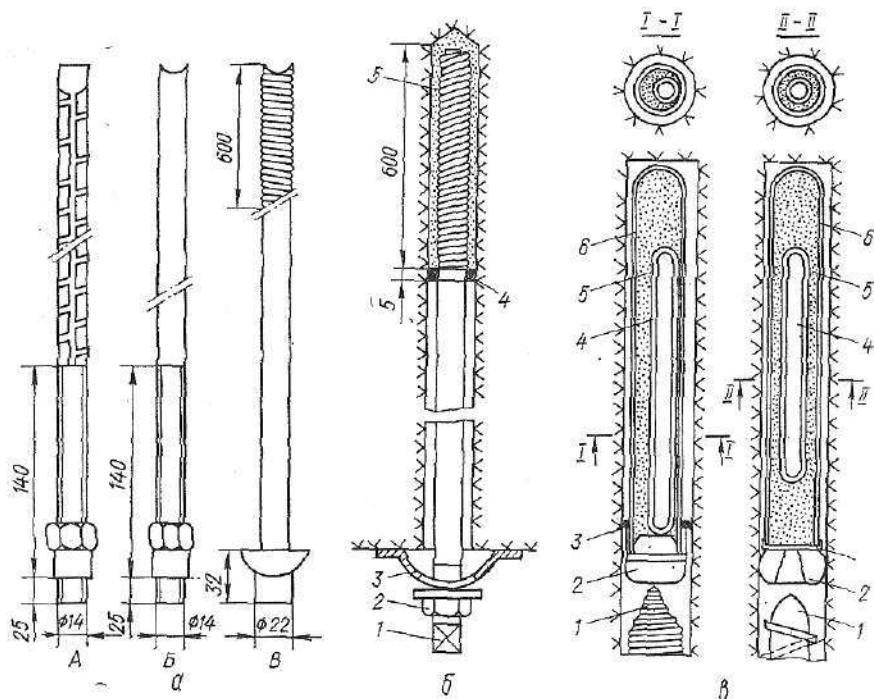


Рис. 27. Устройство крепежных анкеров:

а — конструкции анкеров: А — периодического профиля; Б — из гладкой арматуры; В — с винтовой нарезкой; б — закрепление анкера в шпуре; 1 — зажимной конец; 2 — гайка; 3 — сферическая шайба; 4 — резиновое уплотнительное кольцо; 5 — нарезка; в — конструкция ампулы с синтетической закрепляющей композицией; 1 — заостренный конец арматурного стержня; 2 — пробка; 3 — кольцо из пенопласта; 4 — ампула с отвердителем; 5 — смесь смолы и наполнителя; б — ампула.

Бетонирование методом ВР допускается без применения шахт на глубинах до 3 м. Разрешается применять и другие методы подводного бетонирования. Для закрепления опалубки устанавливают анкера диаметром 30—40 мм. Перед установкой анкеров в старом бетоне водолазы с помощью перфоратора пробуривают на определенную глубину (устанавливается проектом) скважины, которые затем промывают водой с помощью ручного гидромонитора и заполняют подводной мастикой. После заполнения скважины мастикой на $\frac{2}{3}$ объема вставляют стальные анкера (рис. 27) и расклинивают

устье скважины щебнем для того, чтобы анкер не смещался в процессе твердения клея. Для заделки крепежных устройств рекомендуется рецепт мастики на эпоксидной смоле, вес. ч.:

Эпоксидная смола ЭД-5	100
Фуриловый спирт	20
Полиэтиленполиамин (в зависимости от температуры воздуха)	8—20
Цемент (крупностью частиц менее 0,05 мм)	200—300

Состав тщательно перемешивают в специальной мешалке. Последним из компонентов вводят отвердитель. Готовая смесь должна быть использована в течение 30—40 мин.

Несущая способность анкеров определяется опытным выдергиванием. По найденному усилию, умноженному на 2, устанавливают держащую силу одного анкера.

Для ремонта отдельных каверн, трещин и других повреждений при небольшом числе их на сооружении с объемом каждого не менее 0,5 м³ применяют локальное бетонирование. Перед началом бетонирования следует произвести очистку каверны от обрастаний и мусора. Период времени между окончательной очисткой каверны и началом бетонирования должен быть возможно минимальным.

Армирование бетона в кавернах осуществляют путем постановки завершенных анкеров из арматуры диаметром 10—20 мм длиной 40—50 см. Для этого в пробуренные скважины диаметром до 40 мм на глубину 20—30 см вбивают дубовые коротыши, а в них анкера. Расстояние между анкерами по высоте должно быть до 50 см, а по ширине до 1 м. Штыри связывают между собой катанкой 4—6 мм.

Контроль качества и приемка подводных работ должны производиться в соответствии со СНиП III-B. 2—62. Скрытые работы (разделка и анкеровка поверхности каверны, опалубка, расположение закладных частей и арматуры, готовность вспомогательных устройств и оборудования) подлежат промежуточной приемке по актам. Окончательную приемку ремонтных работ по подводному бетонированию производят в соответствии с Общими правилами приемки работ на гидротехнических сооружениях и ВТУ по ремонту бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений в зоне переменного уровня [6].

3. Восстановление опор мостов

При восстановлении опор, разрушенных ниже горизонта воды, необходимо собрать документальные данные о геометрических размерах их подводных частей со всеми необходимыми отметками и т. п. При невозможности получения этих данных основные размеры подводной части опоры устанавливают водолазным обследованием и контрольным бурением.

Перед началом ремонта требуется произвести расчистку места работ и разобрать слабую кладку, не поддающуюся восстановлению. К этой категории относится кладка:

раздробленная на отдельные массивы и куски; имеющая большое количество трещин со значительным раскрытием их;

расположенная выше сквозной горизонтальной или наклонной трещины опоры при смещении верхней части относительно нижней на величину, недопустимую по расчету; при незначительном объеме кладки верхнюю часть опоры рекомендуется разбирать даже при отсутствии ее смещения;

верхняя сохранившаяся часть опоры с местными выбоинами таких размеров, что положение опоры вызывает опасность в процессе производства работ по ее восстановлению;

неповрежденная кладка столь низкого качества, что может быть легко разобрана простыми инструментами.

Разбирают разрушенную кладку (в зависимости от ее состояния) вручную, пневмоинструментом, мелкими взрывами. При разборке разрушенной кладки взрывами следует принять меры против повреждения нижележащей целой кладки.

Расчистку под водой производят водолазы с помощью плавучего крана. Водолаз бурильным молотком делает отверстия в глыбах бетона, закладывает и расклинивает в них специальные ключи, закрепленные на стропах, после чего стропы выбирают и срывают глыбу с места. Небольшие камни и обломки бетона извлекают грейфером или водолазы выбирают с помощью корзин. Иногда бетонные глыбы или островки, состоящие из кусков бетона и камня, не извлекают из воды, а подмывая, топят в песке. Такой способ расчистки русла целесообразен, когда требуется выполнить работы в короткие сроки. Для этого у подножья конусов обломков грунтососом или землесосом отсасывается грунт, вследствие чего обломки скатываются в сторону расчищаемой опоры. Таким образом, разрушенная часть опоры обнажается от обломков бетона и вокруг нее образуется небольшой очищенный участок дна реки шириной 1—1,5 м. Этого участка достаточно для того, чтобы беспрепятственно забивать шпунты, сваи, бурить скважины и т. д.

При разборке металлических конструкций (пролетные строения, шпунт) применяют электрокислородную резку и ВВ. Металлические конструкции разделяют взрывами в том случае, если они непригодны для дальнейшего использования, а взрывы не угрожают неповрежденной части опоры. Части ферм извлекают на поверхность с помощью кранов или специальных устройств. При острожке строп заводят вокруг поясов или связей ферм. Там, где строп соприкасается с острыми кромками ферм, водолазы укладывают под него деревянные подушки. Годные части пролетных строений поднимают при помощи специальных приспособлений. Для этого под нижними поясами в опорных узлах ферм промывается траншея, куда водолазы с помощью крана заводят пакет из двутавров. Основная часть пролетного строения освобождается от грунта путем размыва.

При отсутствии плавучих кранов достаточной грузоподъемности подъем осуществляют полиспастами, оборудованными на фермо-

подъемниках — специально сооруженных башнях на временном основании (сваи, ряжи, отсыпки и др.).

Восстанавливают русловые опоры, имеющие повреждения под водой, следующими способами:

в открытом котловане с водоотливом под защитой грунтовой перемычки или шпунтового ограждения;

то же, под защитой бездонного ящика, ряжа или шандорного ограждения с заполнением пазухи между опорой и ограждением тампоном из подводного бетона;

при помощи объемлющих опускаемых колодцев;

ограждением из намороженных ледовых перемычек;

непосредственно под водой с участием водолазов.

Способ восстановления разрушенной опоры выбирают в зависимости от степени разрушения и наличных средств строительной организации. Возможность и целесообразность восстановления опор устанавливают в результате обследования поврежденной кладки комиссией.

Грунтовые перемычки целесообразно устраивать при скорости течения воды не более 0,5 м/сек и глубине до 2 м. Воду откачивают насосами, количество и производительность которых определяют в зависимости от размеров котлована, необходимой глубины откачки и коэффициента фильтрации грунтов.

Приблизительно подсчет количества воды производится из условия, что с 1 м² площади основания котлована ожидается приток воды, м³/ч:

При песках мелкозернистых	0,16
» среднезернистых	0,24
» крупнозернистых	0,3
При трещиноватой скале	0,4

Ширину грунтовой перемычки поверху следует назначать в пределах 1,0—1,5 м из условия размещения насосов, материалов, а также укладки путей для подачи бетона. Превышение гребня перемычки над рабочим горизонтом воды принимают не менее 0,7 м. Уклон смоченного откоса назначают равным 1:2, а со стороны котлована — 1:1.

Перемычки отсыпают из грунтов, отдавая предпочтение мелким пескам, супесям и суглинкам с содержанием глинистых частиц до 20%. Глины и суглинки с содержанием глинистых частиц более 20% применять для отсыпки не разрешается.

При скорости течения воды более 0,5 м/сек в неустойчивых и водоносных грунтах применяют ограждения из деревянного и стального шпунта. Верх шпунтового ограждения в период производства работ должен быть на 0,7 м выше рабочего горизонта воды. Глубина погружения шпунта ниже дна котлована должна назначаться проектом, но быть не менее 1 м в связных, крупнопесчаных и гравелистых грунтах и не менее 2 м — в мелкопесчаных и илистых.

Если дно реки сложено из скальных или полускальных грунтов, то для защиты котлована применяют ряжевые перемычки, заполненные камнем или песком. Водолазы готовят основание для уста-

новки ряжевых перемычек и укладывают кули с глиной по периметру, повышая герметичность перемычек. Ширину ряжевых перемычек принимают от 0,8 до 1,2 величины напора H ; размеры отсеков — 2—2,5 м.

Изготовление и установка ряжевых перемычек требуют больших затрат труда. Экономичнее применять ограждения в виде бездонных ящиков. По своей конструкции бездонные ящики могут быть деревянными, металлическими или железобетонными.

Ящик погружают на дно при помощи балласта (камней), загружая настил на ребрах каркаса. Водонепроницаемость между нижней обвязкой ящика и дном котлована достигается укладкой по всему периметру мешков, частично заполненных бетонной смесью или глиной.

Металлические бездонные ящики с каркасом из прокатных профилей и стенками из листовой стали целесообразно изготавливать из отдельных сварных щитов, соединенных болтами с водонепроницаемыми прокладками в стыках и при многократной оборачиваемости ящика.

Бездонные ящики могут быть железобетонными, выполненными из отдельных плит, свариваемых под водой водолазами.

Для восстановления опор, разрушенных на глубине ниже дна водотока, применяют опускаемые колодцы. Размеры таких колодцев в плане должны превышать размеры опоры на 1—1,5 м для того, чтобы при посадке колодца разрабатывать грунт под его ножом грунтососами или вручную.

В песчано-гравелистых грунтах с булыгами и валунами эффективным ограждением является шандорное. Для этого по периметру опоры грейферным краном убирают грунт на глубину 1—1,5 м ниже обреза годной кладки. В разработанном котловане устанавливают металлический каркас, стойки которого из швеллеров или двутавров служат пазами для заводки железобетонных плит, снабженных водонепроницаемыми уплотнителями. Дно внутри шандорного ограждения бетонируют подводным способом. После выдержки бетона до 25% прочности из котлована откачивают воду и производят ремонт опоры в сухом котловане. Если при откачке обнаружатся течи в пазах, водолазы конопатят щели снаружи, используя войлок, пеньковый канат или опилки в смеси с просеянным шлаком.

Ограждения должны отстоять от опоры не менее чем на 0,5 м. Низ ограждения опускают не менее чем на 1 м ниже самого низкого уровня ремонтируемой кладки, с тем чтобы обеспечить устройство тампона из подводного бетона. Толщина тампона должна быть не менее 0,5 м.

В зимних условиях ремонтные работы выполняют в тепляках с достаточным прогревом старой кладки и облицовочных камней.

Ремонт массивной кладки опор производится несколькими способами: торкретирование, цементация или усиление с помощью железобетонных поясов и рубашек.

Торкретирование применяют для исправления и предохранения от дальнейшего разрушения трещиноватой поверхности кладки. Для

этого ремонтируемую поверхность опоры необходимо тщательно очистить пескоструйным аппаратом или стальными щетками, продуть сжатым воздухом и промыть водой. Перед нанесением торкрета на подводные части опор следует прикрепить стальную сетку с ячейками 5—10 см при диаметре проволоки 3—4 мм. Сетку крепят к анкерам диаметром 10—12 мм, заделанным в кладку на 20—25 см. Расстояние между анкерами назначают равным в обоих направлениях 40—60 см. Торкрет, состоящий из одной части цемента, трех частей песка или мелкого щебня с крупностью зерен не более 8 мм и 10—15% воды (по отношению к весу цемента), наносят цемент-пушкой толщиной 20—30 мм в 2—3 слоя полосами шириной 1—1,5 м сверху вниз. Каждый последующий слой наносят после схватывания предыдущего.

Цементацию применяют при расстройстве кладки опор.

При расстройстве швов облицовки опор поврежденный шов предварительно расчищают на глубину 5—6 см и промывают струей воды под напором. Непосредственно перед заполнением шва раствором его поверхность поливают цементным молоком. После этого в шов подают цементный раствор состава 1 : 2 и расширяют шов, создавая с помощью расшивки вогнутую поверхность глубиной 6—10 мм.

Камни при перекладке облицовки рекомендуется ставить на штыри в кладке, закрепляемые в плоскости горизонтальных швов так, чтобы гнезда под их головки были не менее чем 5 см от поверхности облицовки.

Если кроме расстройства кладки произошло разрушение поверхности опоры, то после цементации следует установить железобетонную рубашку толщиной не менее 12 см (для возможности бетонирования в опалубке). Арматурную сетку связывают с телом опоры постановкой анкеров. Анкера с ершами вставляют в пробуренные отверстия, заполняемые цементным раствором или эпоксидной мастикой. Отверстие должно быть на 8—10 мм больше диаметра штыря.

Для укрепления растрескавшейся кладки, а также предотвращения развития опасных трещин устраивают железобетонные пояса толщиной 20—30 см и высотой 0,75—1 м. Как и при устройстве железобетонных рубашек, арматуру пояса прикрепляют к кладке опоры анкерами.

При постановке анкеров можно воспользоваться скважинами, через которые производилась цементация кладки. В этих случаях анкера заделывают в скважины сразу после нагнетания раствора.

Столбы сборных опор, имеющие значительное истирание в уровне ледохода, ремонтируют с помощью сборных железобетонных рубашек. Звенья сборных железобетонных рубашек устанавливают по периметру столбов до уровня высокого горизонта. Выпуски арматуры стыков сваривают между собой и бетонируют. Внутреннюю полость рубашки заполняют жестким бетоном или битумизированным песком. Швы между звеньями рубашки расширяют полимерцементным тестом с предварительной обработкой швов эпоксидной смолой.

Состав полимерцементного теста

Цемент быстротвердеющий или портландцемент по Гост 10178—62 * марки не ниже 500, л	10
Поливинилацетатная эмульсия с 50% содержанием во- ды (по ВТУ № 363—56), л	2,5
Вода (дополнительно), л	2—3

4. Ремонтные работы на шлюзах

Общие осмотры и ремонт шлюзового оборудования, расположенного под водой, производят, как правило, в межнавигационный период при осушенных камерах или галереях не реже одного раза в 5 лет. В промежутках между общими осмотрами, а также в навигацию производят водолазные осмотры подводных элементов оборудования. Водолазы также производят восстановительный ремонт.

Для выполнения работ на шлюзах водолаз должен предварительно изучить условия работы действующего оборудования и возможные причины неисправностей (табл. 96).

При водолазных освидетельствованиях определяют качество противофильтрационных и водоудерживающих устройств (проверка состояния уплотняющих брусьев и резиновых полос, болтовых креплений, их регулирование и т. п.), а также выявляют очаги фильтрации воды. Работы производят с ненапорной стороны. При осмотре опорных частей ворот простукиванием болтов или осмотром с подсветкой проверяют состояние крепления надпятника к ригелю, затем состояние вкладышей упорных и опорных подушек, поступление смазки на пяту, конструкции веревального столба и его сопряжения с надпятником (выявление вмятин или трещин), створных столбов и креплений механических упоров. При ослабленных канатах или покачиванием проверяют на легкость вращения подводные направляющие блоки канатов и степень износа втулок.

Особое внимание необходимо обращать на состояние металлической облицовки забральных стенок водопроводных галерей, порогов, корольков и камер гашения.

Результаты осмотра оформляют актом и приложениями к нему (пояснительная записка и эскизы повреждений). Освидетельствования следует выполнять по графикам, разработанным перед навигацией.

Во время ремонта шлюзовых ворот категорически запрещается производить попуски воды и создавать течение ее в зоне производства работ. Чтобы избежать движения от навалых ветров, створки ворот расчаливают (за исключением случаев, когда они находятся в шкафных нишах устоя шлюза).

Наиболее распространенными ремонтными работами на шлюзах являются: восстановление уплотнений ворот, подтягивание болтовых соединений, смена тросов или установка их на место после выпадения из ручьев блоков, ревизия подводных блоков со снятием их с осей, замена отдельных деформированных деталей ворот, опиление или шлифовка и закрепление рабочих и обратных путей и др.

Таблица 96. Неисправности шлюзового оборудования и способы их устранения

Неисправность	Причина	Способ устранения
<i>Двустворчатые ворота и их механизмы</i>		
Вибрация ворот в начальный период наполнения и конечный период опорожнения камеры из-за увеличенной фильтрации воды через донное уплотнение	Неправильное регулирование уплотнения при ремонте, износ уплотнения. Попадание постороннего предмета, повреждение толяками или посторонними предметами	Отрегулировать уплотнение и обеспечить его работу при малых напорах. В случае попадания посторонних предметов, удалить их. При повреждении восстановить уплотнения
Створки при их остановке в открытом положении систематически выходят за лицевые грани устоев (на штанговых механизмах)	Чрезмерные люфты в шарнирных соединениях штанги и недостаточное натяжение цепи	Довести до нормы зазоры в шарнирных соединениях и натянуть цепь, чтобы устранить ее провисание
	Одновременное отключение механизма и его торможение	Торможение механизма отрегулировать так, чтобы обеспечивалась выдержка времени до 3—4 сек
Ворота не закрываются до конца створения, происходит резкое повышение нагрузки на механизм, которое определяется по амперметру	Попадание топлрой древесины или другого постороннего предмета между порогом и воротами	Произвести повторное закрытие ворот. Если после этого ворота не закроются, необходимо немедленно организовать водолазный осмотр и удалить препятствие
Ворота закрываются при повышенной нагрузке на механизмы	Отсутствие смазки на трущихся поверхностях вкладышей упорных и опорных подушек	Проверить наличие смазки на вкладышах и при необходимости их смазать
Створка движется толчками, и происходит ослабление сбегающего стального каната (при канатном механизме)	Выпадение стального каната из ручья направляющего блока под водой и защемление его между ступицей и станиной (из-за попадания топлрой древесины или слабину стального каната)	Восстановить нормальное положение стального каната. В исключительных случаях (при большом скоплении судов и невозможности прекращения шлюзования) отсоединить стальной канат от механизма, а маневрирование створкой производить при помощи вспомогательного стального каната и ручной лебедки
При маневрировании воротами конструкция вибрирует, слышен звук, характерный для заедания сопряженных деталей, сопровождающийся иногда толчками створки и потрескиваниями	Заедание центральной оси гальсбанда в тягах из-за недостаточного поступления или отсутствия смазки на поверхностях трения	Переносной прессмасленкой подавать смазку до появления обильной свежей смазки в контрольных боковых отверстиях тяг, выходящих на поверхность трения. Смазку подавать при движении створки

Неисправность	Причина	Способ устранения
	Заедание пяты во вкладыше надпятника из-за недостаточного поступления смазки	Вращать ворота и усилить подачу смазки прессмасленкой. Если эти явления не прекратятся, водолазу надо проверить пятовое устройство. При отсутствии подаваемой смазки у пяты проверить исправность маслопровода. Водолаз при проверке выхода смазки с поверхности пяты должен взять пробу смазки для определения наличия в ней бронзовой стружки
	Заедание направляющих подводных блоков на осях (при канатном механизме)	Разобрать блоки, поднять их на поверхность воды и произвести ревизию
Центральная ось гальсбанды заклинилась в тягах, вследствие чего срезаются болты стопорных планок, закрепляющих ось в головке гальсбанды	Недостаточное поступление смазки	Произвести ревизию центральной оси гальсбанды, проверить состояние и крепление втулок в тягах. Ревизию центральной оси гальсбанды верхних ворот произвести при наполненной камере шлюза
Сильная фильтрация воды через боковое уплотнение	Между уплотнением и закладной частью находится посторонний предмет или повреждено уплотнение	Очистить акваторию от плавающих предметов и осмотреть уплотнение. При необходимости произвести ремонт
Ворота не открываются при температуре наружного воздуха ниже нуля	Замерзла вода в трубах, через которые проходит стальной тяговый канат, что и тормозит его движение	Прогреть трубы паяльными лампами или другими средствами. После этого в каждую трубу залить масло в количестве, обеспечивающем понижение в них воды не менее чем на 5—10 см относительно уровня нижнего бьефа
При работе механизмов одна из створок ворот остановилась в промежуточном положении	Срезан предохранительный палец механизма вследствие перегрузки Оборван стальной тяговый канат, работающий при соответствующей операции (при канатном механизме)	Выявить и устранить причину увеличения нагрузки на механизм и поставить новый предохранительный палец. Проверить подводную часть ворот, оборвавшийся тяговый канат заменить новым. При невозможности замены маневрирование створкой производить при помощи вспомогательного стального каната и ручной лебедки

Неисправность	Причина	Способ устранения
Лубрикатор не подает смазку в узлы трения	Износ резьбы приводной гайки штока	Изношенную гайку заменить новой
<i>Подъемно-опускные ворота</i>		
При опорожнении камеры происходит вибрация ворот	Значительная фильтрация воды через донное уплотнение	Отрегулировать уплотнения и обеспечить их работу при максимальном напоре воды без ее фильтрации
	Несоответствие между величиной напора на ворота и работой донного уплотнения	Изменить величину напора (в регулируемых бьефах) на несколько см в ту или иную сторону; если это невозможно, улучшить работу уплотнений
При нормальной работе механизмов на спуск ворота не опускаются	Заклинивание ворот на пороге из-за попадания толстой древесины или другого предмета	Поднять ворота (на малой скорости) в ремонтное положение. Проверить состояние нижнего уплотнения. В случае посадки ворот на толстую древесину остаются следы—деформация отдельных элементов и уплотнения; эти деформации надо по возможности устранить. Водолазам необходимо проверить состояние порога
Сильная фильтрация воды под донное уплотнение ворот	Под уплотнение попал посторонний предмет, не позволяющий уплотнению плотно подойти к порогу	Проверить причины фильтрации воды после повторного наполнения камеры
	При прохождении воротами порога из положения «наполнение» в положение «судоходное» уплотнение отжато в крайнее заднее положение посторонним предметом. Уплотнение частично разрушено	Поднять ворота в ремонтное положение и выправить уплотнение. Одновременно проверить и при необходимости заменить разрушенные элементы уплотнения. Поднять ворота в ремонтное положение и проверить состояние уплотнений
При подъеме ворот из рабочего положения в положение «наполнение» их движение сопровождается непрерывными частыми толчками до момента появления струи воды под брусом уплотнения (при деревянном уплотнении)	Трение уплотнения о порог на большом протяжении пути	Произвести регулирование рабочего положения ворот. Для этого их надо приподнять, чтобы сократить путь трения уплотнения по облицовке порога

Неисправность	Причина	Способ устранения
Движение сегментных ворот в положение «наполнение» происходит толчками	Заедание в шарнирных опорах из-за недостаточной смазки трущихся поверхностей	Обновить смазку в шарнирах продавливанием ее пресс-масленкой до появления свежей смазки
Сегментные ворота не двигаются в положение «наполнение»	Заклинена червячная передача в редукторе	Опустить ворота на 2—3 см, после чего произвести нормальный подъем
При работе механизма в упорном подшипнике слышен шум и происходит незначительное его нагревание	Разрушено сепараторное кольцо (шариковая обойма)	Разобрать и заменить упорный подшипник
При работе механизма через определенные промежутки времени слышны щелчки (потрескивание)	Ослабла шпонка на одном из валов, крепящим зубчатое колесо или соединительную муфту	Определить место неисправности по числу оборотов вращающихся частей механизма и числу щелчков. Заменить шпонку, при невозможности замены в навигационный период установить контроль над неисправным узлом до его ремонта

Затворы водопроводных галерей и их механизмы

При опускании затвора появляется слабина цепи, хотя затвор не дошел до порога	Под затвор попал посторонний предмет	Произвести водолазный осмотр и удалить препятствие
Увеличение фильтрации воды через затвор	Оборван нижний уплотняющий шнор. Сорваны уплотнения или разрушены резиновые прокладки. Сорван донный брус или разрушена забральная часть выходного отверстия	Поднять затвор в ремонтное положение, тщательно осмотреть и исправить. Произвести водолазный осмотр и в соответствии с результатами освидетельствования отремонтировать
Затвор не поднимается под напором; в безнапорном состоянии подъем происходит нормально	Повреждены опорно-ходовые части	При опорожненной камере поднять затвор, проверить ходовые части. Произвести водолазный осмотр для проверки рабочих путей. Отремонтировать в соответствии с результатами освидетельствования

Ремонтные, аварийные затворы и другое оборудование

Поворотные рамы затвора не укладываются	Попадание шлака, используемого при уплотнении, а также других посторонних предметов.	Осмотреть и устранить препятствие, мешающее укладке затвора на место.
---	--	---

Неисправность	Причина	Способ устранения
	Задир металлической обшивки поворотной рамы.	Если задир мал, укладку производят водолазы, которые специальным листом направляют раму. Если задир большой, его необходимо срезать.
	Сокращен участок цепи между оголовками поворотных рам	Увеличить число звеньев цепи между поворотными рамами.
Откатные ворота не двигаются вследствие их расклинивания на рельсах	Смещение колес с посадочных мест; неточный монтаж скатов	Запрессовать колеса, выдержав необходимые размеры. Устранить неточности монтажа
Реборды колес верхних тележек откатных ворот набегают на рельсы	Перекос тележек относительно оси ворот	Отрегулировать установку тележек и закрепить их

При восстановлении створного столба двустворчатых ворот целесообразно применять присос, позволяющий работать насухо (рис. 28). Это полый цилиндр с дном, в нем делают вырез, по высоте доходящий почти до дна, а по ширине равный толщине сварного столба. Для обеспечения плотного примыкания присоса к стенкам створного столба по контуру выреза смонтирован деревянный брус. При наличии неровностей на поверхности стенок водолазы устанавливают специальные прокладки. Постановка присоса осуществляется путем прислонения к створному столбу и откачки воды.

При значительной глубине применяют присосы, состоящие из отдельных секций, установка их усложняется, зато упрощается транспортировка к месту работ.

В осенне-зимних условиях эксплуатация двустворчатых ворот шлюзов усложняется из-за обмерзания креплений концов тяговых канатов в трубах. Для предотвращения этого явления в трубы заливают масло или обеспечивают циркуляцию воды по трубам за счет слива ее в нижний бьеф через специальные трубки. Трубки врезают в трубы тяговых канатов на глубине около 1 м от уровня верхнего бьефа.

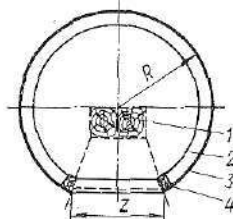
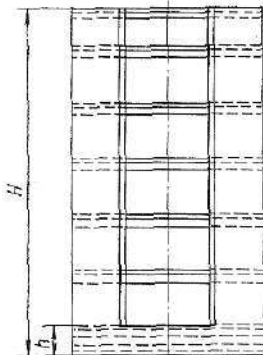


Рис. 28. Конструкция присоса:

1 — створный столб ворот; 2 — шпангоуты; 3 — обшивка; 4 — брус уплотнения.

5. Цементация и силикатизация кладки

Бетонная кладка, имеющая трещины и пустоты, должна быть восстановлена путем нагнетания инъекционного цементного раствора в пробуренные в кладке скважины. Для уплотнения кладки часто нагнетают силикаты, расплавленный битум, холодные битумные растворы и др. Цементацию бетонной кладки производят с целью предотвращения коррозии бетона, при заделке трещин, возникших в результате деформации сооружений, а также пустот в теле сооружения, образовавшихся вследствие выноса частиц из бетонной кладки фильтрационным потоком воды.

Расположение и размеры инъектируемых скважин, последовательность их цементации, состав раствора и режим нагнетания должны быть указаны в проекте.

Скважины располагают в шахматном порядке (при наличии облицовки в швах между облицовочными камнями), бурят их сверху вниз под углом 15° к горизонту на боковых поверхностях и вертикально на горизонтальных плоскостях мостовых опор, устоев, бычков плотин, стен и днищ камер шлюзов.

При цементации мостовых опор длина буровых скважин назначается при устройстве их с одной стороны опоры (обычно на устоях) равной $0,65-0,75$ толщины опоры; а при устройстве скважин с двух сторон — $0,35-0,4$ толщины опоры.

При цементации тонких конструкций, например, стенок или колонн, устройство скважин невозможно. В таких случаях цементный

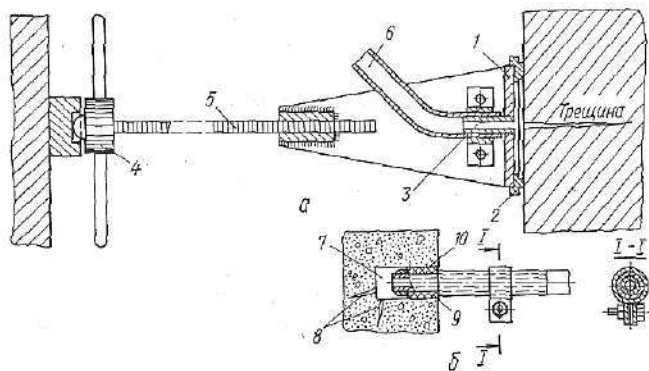


Рис. 29. Инъекторы:

а — поверхностный; б — глубинный; 1 — стальная плита; 2 — резиновый уплотнитель; 3 — стальная трубка; 4 — шарнир упора; 5 — винтовой домкрат; 6 — резиновый шланг; 7 — полость; 8 — трещины; 9 — газовая трубка; 10 — пакля.

раствор при помощи инъектора нагнетают за прижимные плиты, прикрепляемые к ремонтируемой поверхности (рис. 29). Для цементации применяют портландцемент марки 400 и более.

Рекомендуемые составы растворов и давления при цементации кладки приведены в табл. 97.

Для проведения работ по цементации и силикатизации применяют поршневые насосы. Насосы выбирают в зависимости от требуемого давления и производительности. Вполне пригодны для работ буровые промывочные насосы при условии замены тарельчатых клапанов на шаровые, а кожаных манжет на резиновые. При боль-

Таблица 97. Составы растворов и принимаемые давления при цементации кладки (ТУСМ-58 Оргтрансстрой)

Трещиноватость кладки	Удельное водопоглощение, л/мин	Состав раствора по весу				Расстояние между скважинами, м	Давление, атм, в зоне		
		цемент	вода	сульфитно-спиртовая барда	мыло-нафт		смачиваемой водой	временно смачиваемой водой	постоянно смачиваемой водой
Крупная	5—10	1	4	0,0025	—	1,5-2,0	5	6	7
Средняя	1—5	1	5	0,0025	—	1,2-1,5	6	8	9
Мелкая	1	1	8	—	0,001	1-1,2	8	8	11

Примечания: 1. Для среднетрещиноватой кладки вместо добавки сульфитно-спиртовой барды может быть применена добавка 0,001 мылонафта.

2. При водопоглощении кладки более 10 л/мин следует для нагнетания применять цементно-песчаные растворы состава 1:1 или 1:2.

ших поглощениях применяют растворонасосы типа 11 ГР и др. (табл. 98).

Для цементационных работ применяют лопастные, пропеллерные и турбинные растворомешалки (табл. 99). В зависимости от водопоглощения скважин применяют растворомешалки различной емкости — от 200 до 1000 л. Удобны быстроходные растворомешалки малой емкости.

Таблица 98. Технические характеристики растворонасосов высокого давления

Наименование показателей	Единица измерения	Марка		
		Р 100/3	Р 200/40	11 ГР
Диаметр цилиндра (втулки)	мм	70	85	80/90
Ход поршня	"	101	140	150
Число оборотов коленчатого вала	об/мин	75	81	100
Число оборотов приводного шкива	"	240	300	375
Максимальная производительность (при соответствующем диаметре втулки)	л/мин	100	200	225/300
Максимальное давление (при соответствующем диаметре втулки)	ати	130	40	65/50
Мощность привода	л. с.	10,5	27	48
Тип шкива		Гладкий	Текстронный	
Тип клапанов		Тарельчатые		
Габаритные размеры:	мм			
длина		1435	1450	1930
ширина		840	500	990
высота		880	1550	1270
Вес	кг	565	750	1100

Перед началом производства основных работ с целью уточнения данных проекта в разных местах кладки пробуривают и испытывают на удельное водопоглощение не менее 10% предусмотренного

Таблица 99. Технические характеристики растворомешалок

Наименование показателя	Единица измерения	Тип					
		Пропеллерные и турбинные			Лопастные		
Емкость	л	200—300	400—600	800—1000	200—300	400—600	800—1000
Высота	мм	750	1000	1500	750	1000	1300
Диаметр	"	700	800	1000	700	800	1000
Количество лопастей	шт.	1	1	1	2—6	2—6	2—6
Диаметр лопастей	мм	250—300	350—400	400—500	500	600	800
Число оборотов	об/мин		400—600			40—80	
Мощность электродвигателя	квт	2—5	4—5	6—8	1—1,5	2—3	4—6
Тип привода	—	Клиноременная передача или конические горна			Ременная передача и конические шестерни или червячная пара		

количества скважин. На основании этих испытаний выбирают состав раствора, расстояние между скважинами и максимальное давление при нагнетании раствора.

Удельное водопоглощение выражается количеством воды, поглощенной за 1 мин 1 м скважины, и определяется по формуле

$$V = \frac{v}{lr},$$

где v — полное фактическое водопоглощение, л/мин;

l — глубина скважины при испытании, м;

r — давление, м вод. ст.

Подготовка скважин к цементации (с поверхности) состоит из промывки их напорной водой давлением 2 атм до тех пор, пока вытекающая из скважин вода не будет чистой, и последующей продувки сжатым воздухом под давлением 2 атм в течение 10—15 мин.

Нагнетательную трубку вставляют в скважину концом, плотно обернутым паклей на всю длину заземления ее в скважине, а другой закрепляют деревянными клиньями, также обернутыми паклей. Трубку не доводят до конца скважины на 5—10 см. После установки каждую трубку в отдельности подключают к насосу и испытывают качество установки давлением воды.

Нагнетание инъекционного раствора необходимо начинать при давлении 0,5 атм, постепенно повышая до предельно допустимого.

При назначении предельно допустимых давлений следует руководствоваться положениями:

давление не должно нарушать структуры массивов и вызывать в них появления трещин;

для участков массивов, имеющих трещины и расслоения, следует применять минимальные давления;

для фильтрующих, но не имеющих трещин участков давление назначают в зависимости от прочности бетона, расположения скважин в массиве и глубины установки уплотнителей иньекторов в скважине.

Если бетонные массивы не имеют трещин, а уплотнители иньекторов устанавливают на глубине менее 3 м от устья скважины, предельно допустимое давление принимают равным 6 *ати*. Нагнетание цементного раствора производят последовательно, начиная с нижних скважин при расположении их на боковых поверхностях или с центральных — при вертикальном расположении.

Цементацию в зависимости от удельного водопоглощения следует начинать растворами более жидкими, чем может поглощать скважина.

Начальная консистенция цементного раствора (В/Ц)	Удельное водопоглощение, л/мин
Меньше 0,1	10
0,1—0,5	5
0,5—1,0	3
1,0—2,0	2
2,0—4,0	1
Больше 4	0,8
	и ниже

При мелкопористом бетоне частицы цемента задерживаются в устьях капилляров и не проникают глубоко внутрь. В этих случаях целесообразно применять силикатизацию.

Для силикатизации применяют два раствора: растворимое стекло (силикат натрия технический по ГОСТ 8264—56) и хлористый кальций (ГОСТ 450—70). Вначале нагнетают растворимое стекло, которое заполняет все поры, затем раствор хлористого кальция. В результате химической реакции растворов происходит отверждение.

Нагнетание растворимого стекла начинают при давлении 0,5 и постепенно повышают до 3—4 *ати*. Второй раствор начинают нагнетать при давлении, которым было закончено нагнетание первого. Затем по мере поглощения раствора давление увеличивают до предельно допустимого.

6. Ремонт деформационных швов массивных гидросооружений

В бетонных и железобетонных сооружениях устраивают деформационные швы в виде шпонок из асфальтовых материалов. Расположение шпонок обуславливается конструкцией сооружения и характером его работы. В плотинах, зданиях ГЭС, шлюзах и подпорных стенках на скальных основаниях шпонки располагаются вертикаль-

но вдоль всей напорной грани. На мягких грунтах в этих же сооружениях устраивают горизонтальные шпонки. Очень часто в шлюзах шпонки устраивают по контуру сооружения. Они обеспечивают водонепроницаемость швов, пересекающих различные помещения — смотровые потеры, служебные помещения, водопроводные галереи и др.

Асфальтовые шпонки бывают различной формы, наиболее распространены квадратные и прямоугольные в вертикальных и контур-

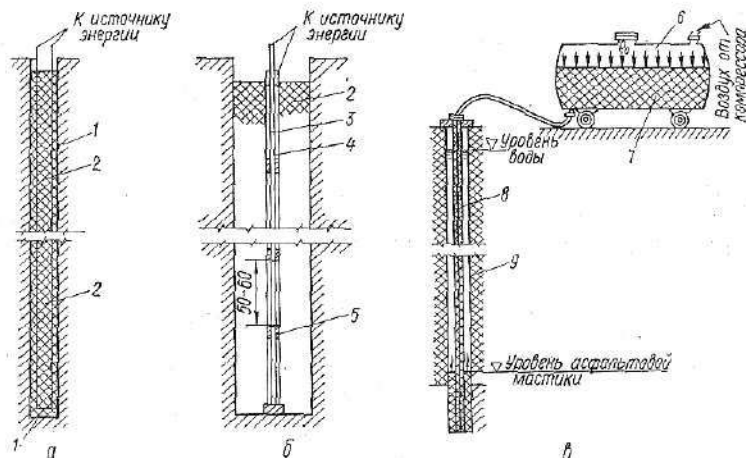


Рис. 30. Восстановление водонепроницаемости асфальтовых шпонок в швах плотины ГЭС:

а — схема электропрогрева асфальтовых шпонок U-образными прутковыми электронагревателями; б — то же, трубчатыми электронагревателями; в — схема заполнения вновь пробуренной шпонки асфальтовой мастикой; 1 — U-образный нагреватель диаметром 12—16 мм; 2 — полость шпонки; 3 — стержень диаметром 12—14 мм; 4 — труба диаметром 50 мм; 5 — асбестовая изоляция; 6 — автоклав; 7 — асфальтовая мастика; 8 — нагревательная труба; 9 — полость скважины.

ных уплотнениях и трапециевидные — в горизонтальных уплотнениях. Шпонки изготовляют из асфальтовой мастики, состоящей из нефтебитума марки БН-3 (30—50% по весу), минерального порошкообразного заполнителя, главным образом портландцемента (40—70%), волокнистого заполнителя — асбеста № 6 и № 7 (0—10%). Объемный вес такой мастики $\gamma = 1,7—1,8 \text{ г/см}^3$, температура размягчения 60—70° С.

В вертикальных и контурных шпонках за счет разницы температур и осадок возникают трещины. Поэтому требуется восстанавливать водонепроницаемость деформационных швов.

Восстановление водонепроницаемости асфальтовых вертикальных и контурных шпонок осуществляется с помощью U-образных или трубчатых электронагревателей, устанавливаемых в шве при строительстве или ремонте гидросооружения (рис. 30).

U-образный электронагреватель представляет собой изолированные стальные стержни диаметром 12—16 мм, через которые пропускают электрический ток.

Трубчатый электронагреватель состоит из трубы диаметром 50 мм, внутри которой размещают стальной стержень диаметром 13—14 мм, имеющий контакт с трубой в нижнем сечении. Для электропрогрева применяют ток 28 а напряжением 36 в. Иногда для борьбы с фильтрацией в температурных швах требуется рядом с существующей шпонкой устраивать новую. При устройстве шпонки в новом месте гидросооружения производят разбуривание полости шпонки, готовят полость, оборудуя ее электронагревателями, и заполняют ее асфальтовым материалом. Заполнение полости шпонок мастикой лучше всего производить из автоклава через трубу диаметром 2,5—3", вставляемую внутрь полости и опущенную до дна. Нагнетаемая асфальтовая мастика постепенно заполняет полость шпонки снизу вверх и вытесняет находящуюся в ней воду.

7. Пробивка отверстий и окон в бетонных стенах

В бетонных стенах для закрепления анкерных болтов, установки марок и для других целей пробивают отверстия и окна. Эти работы рекомендуется выполнять вручную шлямбурами, клиньями при диаметре отверстий до 10 см и размере окна до 1 м² при толщине кладки до 50 см. При больших размерах применяют бетоноломы, ВВ и др.

Пробивку отверстий на высоте более 1 м от дна следует производить с водолазной беседки. Разбивку осей отверстий или границы окна водолаз производит шаблонами, изготовленными на поверхности. Для предотвращения выпадения инструмента из рук водолаза на грунт его прикрепляют к веревочной петле, надетой на руку. На водолазной беседке должны быть оборудованы гнезда для размещения в них инструмента.

При пробивке окон в массивных конструкциях, при срубке свай под водой и других бетонных и железобетонных конструкций применяют пневматические бетоноломы, питаемые от компрессорных станций.

8. Очистка и окраска поверхностей под водой

Качество подводной окраски зависит от очистки поверхности от обрастания, ржавчины, масел, старой отстающей краски и др.

Очистку поверхностей под водой производят вручную (с помощью скребков, щеток из стальной проволоки), с помощью механических средств и путем обжигания поверхностей газовыми и бензино-кислородными горелками. Очистка поверхностей должна производиться до металлического блеска. Во избежание ржавления поверхности между очисткой и окраской не должно быть большого разрыва во времени.

При ручной очистке от обрастаний затраты труда водолазной станции составляют 0,35 ст.-ч на 1 м² поверхности, а от краски и ржавчины — 0,72 ст.-ч.

Для механизированного удаления плотной ржавчины и старой краски в подводных условиях применяются специальные пучковые

и строенные пневматические молотки, а для очистки металлической поверхности—пневматические машины (табл. 100), благодаря чему производительность труда водолазов повышается в 5—8 раз.

Таблица 100. Техническая характеристика средств механической очистки поверхностей под водой

Наименование показателей	Единица измерения	Инструмент		
		Пучковый механический молоток	Строенный пневматический молоток	Пневматическая машина
Тип двигателя		Роторный		
Число ударов бойка	ударов в 1 мин	1800		
Число оборотов	об/мин	—	—	600
Расход сжатого воздуха при давлении 5 кг/см ²	м ³	5—6	18—20	1,5
Диаметр диска	мм	—	—	190
Длина щетины	»	—	—	18
Габаритные размеры	»	220×44×190	122×76×418	—
Вес на воздухе	кг	2,0	2,5	6

Основной трудностью окраски под водой является оттеснение влаги с поверхности микропенки. Метод центробежной окраски под водой, предложенный Н. М. Мадатовым, позволяет окрашивать поверхности прочной и плотной пленкой.

Сущность центробежной окраски заключается в равномерном распределении и растирании краски губчатым рабочим диском, вращающимся от пневматического двигателя. Краска подается под давлением через центральное отверстие в диске, а распределяется и растирается по его поверхности за счет действия центробежных сил при вращении диска.

Установка для центробежной окраски под водой состоит из окрасочной машинки, с помощью которой производится распределение и растирание краски на поверхности, балансира грузоподъемностью до 10 кг для поддержки машинки при окрашивании вертикальных плоскостей, красконагнетательного бачка емкостью 18 л для подачи краски на рабочий диск машинки, электрического подогревателя для отгона летучих растворителей из краски и водомаслоотделителя с расходом воздуха 3 м³/мин для очистки воздуха. Рабочее давление воздуха для установки принимают 5 кг/см².

Техническая характеристика установки для центробежной окраски поверхностей под водой приведена в табл. 101.

Производительность при центробежной окраске каменноугольным лаком 27 м²/ч, а этинолевыми красками — 16—20 м²/ч.

Для подводной окраски пригодны этинолевые краски и каменноугольный лак (табл. 102). Этинолевые краски под водой в зависимости от условий высыхают за 18—24 ч, каменноугольный лак за 24—32 ч.

При нанесении многослойных окрасок, чтобы различить слои, в краску добавляют пигменты (сажу). Слои покрытия наносят попеременно: один с пигментом, другой без.

Таблица 101. Техническая характеристика установки для центробежной окраски поверхностей под водой

Наименование показателей	Единица измерения	Блок установки	
		Окрасочная машинка	Подогреватель
Тип двигателя		Пневматический роторный	—
Число оборотов двигателя без нагрузки	об/мин	600	—
То же, с нагрузкой		350—475	—
Мощность	л.с./квт	0,75/—	—/4
Напряжение	в	—	220
Давление воздуха	кг/см ²	5	—
Расход воздуха	м ³ /мин	1,5	—
Диаметр рабочего диска	мм	80	—
Емкость	л	—	17 (бачка) 12 (междурубашечного пространства)
Время нагревания краски в водяной бане до 95°С	ч	—	0,7
Габаритные размеры	мм	295×255×220	720×380 (без бачка) 525×380 (с бачком)
Вес (без краски) на воздухе	кг	6	18,5

Таблица 102. Состав этинолевых красок, пригодных для нанесения под водой, проц. [22]

Компонент	Марка							
	ЭКС-40	ЭКС-50	ЭЛМ-54	ЭКЛ-154	ЭКЛ-155	ЭКЛ-202	ЭЭ-85	ЭЭ-75
Лак этинолевый	60—65	50—45	25	75	90	50	85	75
Сурик железный сухой	40—35	—	—	—	—	—	—	—
Сурик свинцовый	—	50—55	—	—	—	—	—	—
Лак эпоксидный ЭД-6	—	—	—	—	—	—	15	25
Лак 411	—	—	—	—	—	50	—	—
Каменноугольный лак	—	—	—	25	10	—	—	—
Эфир гарпиуса	—	—	25	—	—	—	—	—
Хлорированные жирные кислоты парафина	—	—	25	—	—	—	—	—
Скипидар	—	—	25	—	—	—	—	—

Примечания: 1. При использовании под водой этинолевые краски увариваются в соответствии с условиями нанесения.

2. Этинолевый лак (дивинилацетилен) изготавливается по ТУ 1267—57, каменноугольный сорта А по ГОСТ 1709—60*.



УКЛАДКА И РЕМОНТ КАБЕЛЕЙ

1. Требования, предъявляемые к прокладке кабелей под водой

По дну водных преград кабели укладывают, заглубляя их в грунт (для защиты от случайных повреждений) или по поверхности грунта. Укладку ведут преимущественно на прямых, глубоких и устойчивых участках водных преград, где дно и берега мало подвержены размыву и переформированию.

В местах, подверженных размыву, на реках с сильным течением, а также на берегах морей в зоне прибоев применяют кабель с двойной броней. При пересечении небольших несудоходных и несплавных рек могут применяться кабели с ленточной броней.

Все кабели подвергаются испытанию на барабанах. Электрические кабели испытываются кинотрированием, а коаксиальные кабели связи — прозваниванием на целостность жил и на герметичность путем нагнетания воздуха до $1-1,2 \text{ кг/см}^2$ в запаянную с обоих концов свинцовую оболочку и выдерживанием его под давлением в течение 48 ч.

При температуре ниже $+5^\circ \text{C}$ коаксиальные кабели связи прогревают в теплом помещении или в тепляках, а электрические можно прогревать токами высокой частоты.

В случаях пересечения рек большой ширины кабели соединяют при помощи специальных муфт.

При сооружении линий через глубокие реки или морские проливы с сильным течением и прибоем кабель и муфты испытывают значительные растягивающие, сжимающие и скручивающие усилия. Поэтому соединительные муфты приспособлены для восприятия усилий, появляющихся при опускании кабеля на дно.

На судоходных и сплавных реках обычно прокладывают два створа кабелей: основной и резервный. На судоходных путях, где периодически производятся дноуглубительные работы, кабели укладывают до отметки, определяемой по согласованию с соответствующими организациями водного транспорта.

Минимальное расстояние от трассы кабелей до других сооружений не должно превышать, м [2]:

Мосты автомобильные и железнодорожные магистрального назначения через реки:	
сплавные и судоходные	300
несплавные, несудоходные и ручьи	30
Мосты автомобильных и железных дорог местного назначения через реки:	

сплавные и судоходные	50
несплавные, несудоходные и ручьи	30
Насыпи железных и автомобильных дорог (край подошв)	5
Кабели электрические и коаксиальные	0,5
Трубопроводы городской канализации, газопроводы с давлением до 3 кг/см ² , теплотрассы и водостоки	1

На береговых и пойменных участках перехода с уклоном 30° и более кабель укладывают в зигзагообразную траншею с отклонением от продольной оси на 1,5 м и длиной отклонения 5 м.

На переходах через несудоходные и несплавные водоемы с течением до 0,5 м/сек с незаболоченными и пологими берегами можно применять кабели, бронированные круглыми стальными проволоками (ТЗК, МКК, КМК и др.) или стальными лентами (ТЗБ, МКБ, КМБ и др.).

Коаксиальные кабели связи прокладывают с заглублением в дно водоема не менее чем на 1 м в следующих случаях:

на внутренних водных путях, входящих в глубоководную сеть Европейской части страны, при глубине до 8 м;

на всех остальных судоходных и сплавных водоемах при глубине их до 5 м;

на несудоходных и несплавных водоемах при глубине их до 3 м.

При пересечении трасс газо- и нефтепродуктопроводов кабель связи должен быть проложен выше или ниже трубопроводов на расстоянии не менее чем 0,5 м в грунте и 0,25 м — в асбестоцементной трубе.

На горных реках в особо сложных гидрологических условиях, когда кабель невозможно заглубить в дно, прокладку осуществляют в трубе диаметром 100 мм.

Если в одной траншее укладывают несколько кабелей, то расстояние между ними должно быть не менее 25 см.

В русле реки кабели укладывают со слабиной (изгибом по длине, змейкой) с целью предупреждения растягивающих усилий, возникающих в связи с размывом дна, а также, чтобы можно было поднять кабель в случае необходимости его ремонта. Длина кабеля для укладки со слабиной принимается на 10—15% больше ширины реки.

При прокладке кабелей по скальному и плотному гравелистому грунту после разработки траншей сначала подсыпают на дно песчаный грунт слоем 15—20 см, затем укладывают кабель и сверху засыпают его тем же грунтом на высоту 10—15 см.

При пересечении рек с сильным течением или каменистым дном возможна прокладка кабеля непосредственно по дну. Расстояние между кабелями принимается 10% ширины реки, но не менее 20 м.

Прокладка кабеля без заглубления допускается при глубине водоема более 8 м по согласованию с организациями, эксплуатирующими водоем.

При засыпке кабелей и муфт привозным грунтом следует грунт сначала сбрасывать на край траншей, а затем смыть гидромонитором в траншею.

Для предотвращения обнажения кабеля, выходящего из воды на берег, и повреждения его, особенно при ледоходе, берега в месте

прокладки кабеля укрепляют каменным мощением, железобетонными плитами или хворостяными тюфяками с пригрузкой камнем.

При прокладке кабелей через судоходные реки и реки с быстрым течением особое внимание обращают на закрепление кабелей на берегу. Трасса прокладки кабелей обозначается соответствующими знаками по обоим берегам реки, а на озерах — вежами.

При подходах к существующим набережным стенкам в последние заделывают стальные трубы, через которые протаскивают концы уложенных кабелей. Внутренний диаметр труб принимается не менее двух величин наружного диаметра кабеля. Во избежание порчи изоляции кабеля при пропуске его через трубу нижний конец последней разбортовывают в виде воронки.

2. Материалы

Кабели. Для подводной прокладки применяют специальные кабели, имеющие более толстую свинцовую оболочку, чем кабели, прокладываемые по суше. Они также имеют проволочную броню, на которую допускаются в процессе укладки продольные растягивающие

усилия. Для прокладки применяют по возможности кабели одной строительной длины.

Конструкция подводных коаксиальных кабелей связи приведена на рис. 31, а характеристика дана в табл. 103.

Для получения максимальной электрической однородности кабельных цепей строительные длины кабеля в пределах одного усиленного участка группируют по конструктивным данным; по размерам строительных длин; по волновому сопротивлению коаксиальных пар; по величинам переходного затухания; по средним значениям рабочей емкости.

Кабели, поступающие под внутренним давлением, но имеющие вмятины, пережимы и другие внешние дефекты, подвергаются проверке путем измерения сопротивления изоляции, целостности жил, измерения неоднородностей волнового сопротивления коаксиальных пар, а также герметичности оболочки кабеля. Результаты всех испытаний записываются в протокол.

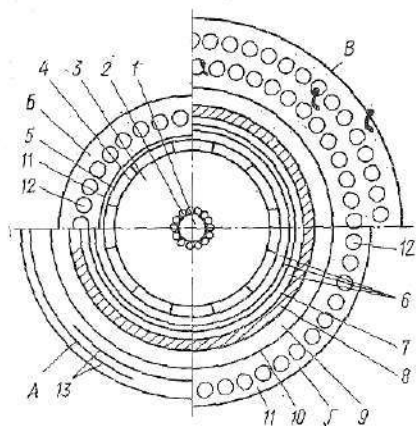


Рис. 31. Конструкция подводного коаксиального кабеля типа КПК 5/18, КПЭБ-5/18 и КПЭК-5/18:

А — подводный; Б — подводный для глубин от 50 до 1000 м; В — прибрежный для глубин до 15 м; Г — прибрежный для глубин 15—50 м; 1, 2 — внутренний провод из медных проволок диаметром 3 мм и 1 мм; 3 — полиэтиленовая изоляция толщиной 6,5 мм; 4 — внешний провод из плоских медных проволок; 5 — медная лента 0,1 мм; 6 — стальная лента экрана 20×0,15 мм; 7 — медная лента экрана 20×0,1 мм; 8 — прорезиненная ткань; 9 — полиэтиленовый шланг; 10 — пропитанная кабельная бумага; 11 — высокопрочная кабельная пряжа; 12 — оцинкованные проволоки диаметром 6 мм; 13 — броня из двух стальных лент.

Перед прокладкой коаксиальные кабели подвергают внешнему осмотру и испытывают герметичность оболочки. После прокладки производится испытание герметичности оболочки магистрального кабеля и муфт.

Таблица 103. Характеристика подводных коаксиальных кабелей типа КПК-5/18

Марка кабеля	Диаметр бронепрово- лок, мм		Вес в возду- хе кг/км	На- руж- ный диа- метр кабе- ля, мм	Строительная длина, км	Глубина прокладки, м
	1-й слой брони	2-й слой брони				
КПК-5/18-2,6	2,6	—	2900	34,5	34 ± 2 $0,5$	До 3500
КПК-5/18-4	4,0	—	3750	37,5	34 ± 2 $0,5$	До 1000
КПК-5-18-4+4	4,0	4,0	6850	49,5	2,0	До 100
КПК-5/18-4+6	4,0	6,0	9375	53,5	2,0	До 100
КПЭК-5/18-4	4,0	—	5040	45,0	$0,7 \div 1,0$	До 100
КПЭК-5/18-6	6,0	—	6810	49,0	$0,7 \div 1,0$	То же
КПЭК-5/18-4+4	4,0	4,0	9360	57,0	0,7	То же
КПЭК-5/18-4+6	4,0	6,0	11600	61,0	0,7	То же
КПЭК-5/18-6+6	6,0	6,0	13630	65,0	0,7	То же
КПЭБ-5/18	Плоские стальные ленты		2850	39,0	$0,7-1$	Береговые участки Для встраивания в подводные уси- лители
КПГК-5/18-2,6	2,6	—	2926	34,0	0,8	
КПГК-5/18-4	4,0	—	3739	37,3	0,8	
КПГК-5/18-6	6,0	—	5204	41,3	0,8	
КПГК-5/18-6	6,0	—				

Примечание. Кабели марок КПК-5/18 должны удовлетворять требова-
ниям СТУ 30-408—63, марок КПЭК-5/18 и КПЭБ-5/18 — СТУ 30-670—65, марок
КПГК-5/18 — СТУ 30-472—64.

Нормы герметичности для строительных длин кабеля на речных
переходах и в болотах [36]:

Испытательное давление, ат	1,5—2,0
Минимальный контрольный срок, ч	48
Нормы герметичности (допустимая утечка), ат	0

Марки подводных электрических кабелей приведены в табл. 104.

Муфты. Для соединения коаксиальных кабелей связи применяют
чугунные муфты. Муфта состоит из двух половинок. После разме-
щения в ней срезка обе половинки стягиваются четырьмя болтами.
Для закрепления проволоочной брони кабеля муфта имеет два гру-
шевидных вкладыша и два стальных конца. По окружности вклады-
шей сделаны прорезы для размещения броневой проволоки. После
сборки чугунную муфту заливают битумной массой. Для того чтобы
битумная масса не вытекала из чугунной муфты, все щели и зазоры
заделывают джутом.

Для подводных электрических кабелей на напряжение 6 и 10 кВ
применяют те же конструкции соединительных муфт, что и для про-
кладок на земле. Защитный кожух К_в-10 трубчатой формы позво-

ляет воспринимать растягивающие и сжимающие продольные усилия. Стальные проволоки брони закрепляют к вкладышам с помощью фланцев и болтов. Одна из воронок кабеля съемная, закрепляемая на резьбе. На корпусе имеются два заливочных отверстия, завинчиваемых пробками. Герметизация и противокоррозионная защита муфт обеспечивается путем заливки в корпус специальных составов.

Таблица 104. Подводные электрические кабели

Тип	Покров	Назначение, материал оболочки кабеля	ГОСТ или ТУ	Марка кабеля
К	Наружный с нормальной подушкой, броней из круглых оцинкованных проволок	В морях и реках, в свинцовых оболочках	4-61 340-59*	ЦСК, ЦАСК, СК АСК, ОСК, АОСК, СКВ, АСКВ, ОСКВ, АОСКВ, По специальным заказам
К _в	Наружный с усиленной подушкой, броней из круглых стальных оцинкованных проволок	В морях и реках, при высокой агрессивности, в свинцовых оболочках	340-59*	

Габаритные и монтажные размеры кожуха при разделке кабеля даны в табл. 105.

Соединительные (тип СЛО_в-35) и стопорные (тип С_тЛО_в-35) муфты на напряжение 35 кВ для подводной прокладки отличаются от аналогичных подземных наличием свинцовых манжет, припа-

Таблица 105. Габаритные и монтажные размеры подводных соединительных и стопорных муфт 6 и 10 кВ, мм (рис. 32, а)

Обозначение размера	Тип		
	СС-6; СЭ-6; СС-10; СЭ-10	С _т -6	С _т -10
А	1465	1405	1625
Б	1630	1830	2050
В	180	273	273
Г	200	290	290
И	1420	1275	1507
К	1340	1249	1469

ваемых одной стороной к оболочке кабеля, а другой к конусам полумуфт (рис. 32, б). Кожух типа К_в-35 состоит из крепящей рамы, защитного цилиндра и двух монтажных рам. Защитный кожух К_в-35 дает возможность прокладывать муфты по дну водоемов на глубине до 50 м и выдерживать нагрузку на растяжение 7000 кгс.

Герметизирующие составы. Для заливки муфт применяют заливочные составы на основе битумов, парафина или эпоксидных смол (табл. 106).

Заливочный парафинистый мягчитель резины применяется для заливки защитных кожухов соединительных и стопорных муфт при прокладке под водой кабелей 6—35 кв при температуре заливки 90° С.

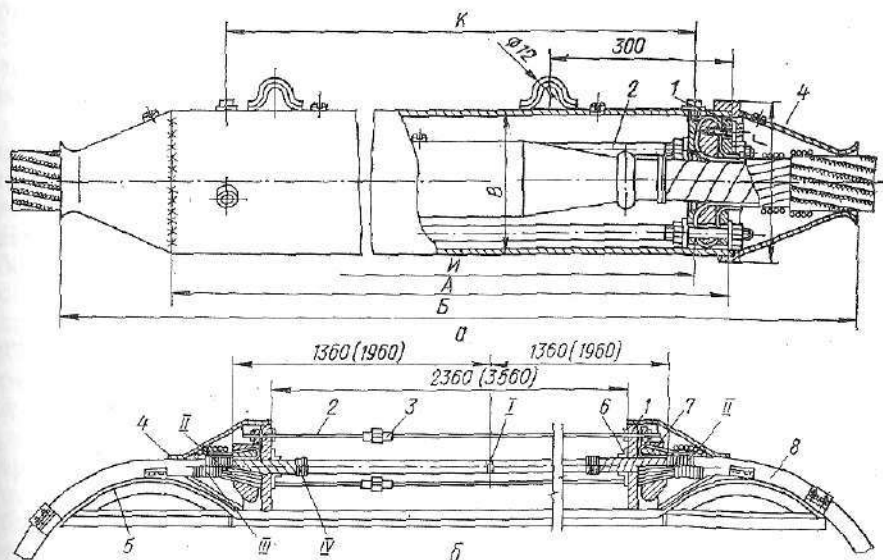


Рис. 32. Соединительные муфты для электрических кабелей:

а — на напряжение 6 и 10 кв; б — на напряжение 20 и 35 кв в защитном кожухе (муфта не показана); 1 — фланец; 2 — винтовая стяжка; 3 — винтовые муфты; 4 — стальная воронка; 5 — стальной желоб с монтажной рамой; 6 — уплотнительный фланец; 7 — конический фланец; 8 — кабель; I—IV — бандажи.

Припой. Оловянно-свинцовые припои предназначены для пайки медных жил, свинцовых муфт и т. п. Припой маркируются в зависимости от процентного содержания олова: например, ПОС-30 (30% олова). Состав оловянно-свинцовых припоев приведен в табл. 107.

Влагопоглотительные вещества. Для осушки нагнетаемого в кабель воздуха применяются силикагель и хлористый кальций. Характеристики этих веществ приведены в табл. 108.

Таблица 106. Эпоксидные компаунды для кабельных муфт

Компаунд		Отвердитель
Марка, ТУ и вид	Состав	Наименование, состав и ТУ
К-115, СТУЗО-14148—63	Смола ЭД-5 (100 вес. ч.), пластификатор полиэфир марки МГФ-9 (20 вес. ч.)	Полиэтиленполиамин (10 вес. ч. на 100 вес. ч. компаунда без наполнителя); СТУ 49-2529—62
К-176 ТУ П-555—67	Смола ЭД-5 (100 вес. ч.) пластификатор дибутил- фталат (20 вес. ч.)	Полиэтиленполиамин (8 вес. ч. на 100 вес. ч. компаунда без наполнителя); СТУ 49-2529—62
Жидкость желто-коричневого цвета без запаха		

Таблица 107. Состав оловянно-свинцовых припоев

Марка	Состав, проц.			Температура полного расплавления, град. С
	Олово	Свинец	Сурьма	
ПОС-18	17—18	79,5—81	2,0—2,5	277
ПОС-30	29—30	68—69,5	1,5—2,0	256
ПОС-40	39—40	58—59,5	1,5—2,0	235
ПОС-61	59—61	38,2—40,2	Не более 0,8	190

Примечание. Температура начала размягчения припоя 183° С.

Таблица 108. Характеристика водопоглотительных веществ

Наименование показателей	Единица измерения	Силикагель	Хлористый кальций
Внешний вид	—	Меловидные полупрозрачные частицы	Белые кристаллы
Вес (насыпной)	кг/л	0,67	0,71
Осушающая способность (количество влаги, оставшейся в осушенном воздухе)	г/м³	0,03	1,5
Относительная влажность осушенного воздуха при 20° С	проц.	0,2	8,8
Способ хранения и поставки	—	Не лимитируется	В герметической упаковке
Температура регенерации	град. С	+150 ÷ +200	+400
Материал осушительной камеры	—	Не лимитируется	Стекло

3. Способы прокладки кабелей через реки

Перед прокладкой кабеля водолазы обследуют дно водоема и производят тщательный замер глубин через каждые 5—10 м с тем, чтобы вычертить профиль дна, определить его пригодность для прокладки кабеля, длину кабеля, а также сравнить фактическое положение с проектными данными. Кроме того, по рабочим чертежам трассы уточняют постоянные ориентиры трассы и данные, характеризующие местность. Затем производят разбивку трассы и готовят кабельные площадки из расчета 8—10 м² площади на барабан. Для приемки и разгрузки барабанов используют краны или аппарели (наклонные разгрузочные платформы).

Места пересечения и сближения с другими подземными и подводными сооружениями отмечают на местности специальными знаками. Разбивку трассы и производство работ в непосредственной близости к другим сооружениям (газопроводы, нефтепроводы и т. п.) осуществляют в присутствии представителей организаций, эксплуатирующих эти сооружения.

Способы прокладки подводных кабелей через реки зависят от ширины водоема, а также от наличия технических средств для прокладки.

Подводные кабели, как правило, укладывают в предварительно разработанные подводные траншеи. Ширину траншеи назначают с таким расчетом, чтобы уложить кабель змейкой. Прокладку кабелей производят способом протаскивания через водное препятствие или опусканием под воду с плавучих средств.

При ширине реки до 500 м кабели протаскивают с помощью троса и лебедки, установленной на противоположном берегу. Через реку протягивают трос (длина его назначается равной 1,5 ширины водоема), один конец закрепляют к лебедке, а другой — к концу кабеля. Для придания тросу плавучести к нему подвешивают через каждые 50 м поплавки. После выборки слабину троса кабель разматывают с барабана и у уреза воды к нему подвешивают поплавки грузоподъемностью, соответствующей весу кабеля. При опускании на дно кабель освобождают от поплавков с лодок, начиная с середины реки. Водолаз при этом следит за правильной укладкой кабеля в траншею.

На больших реках кабели целесообразно укладывать с плавсредств. Для этого кабель разматывают с барабана и укладывают в виде восьмерки на плавсредствах (радиус закругления должен быть не менее 15 диаметров кабеля). При такой раскладке обеспечивается последующее опускание кабеля под воду без крутых перегибов.

С плавсредств кабели укладывают вручную. Рабочие специальными щипцовыми захватами переносят кабель к лотку, устроенному на понтоне или другом судне, и передают водолазу. Барабаны с кабелем целесообразно устанавливать непосредственно на судне, предварительно подвесив их на оси, концы которой опирают на специальные тумбы-опоры. Затем конец кабеля с барабана подают на берег для заводки в трубу или для укладки в траншею, а судно перемещают буксиром вдоль трассы и по мере его передвижения водолаз укладывает на дно подводной траншеи разматываемый с барабана кабель. При небольшом течении и небольшой ширине реки судно перемещается по тросу, натянутому вдоль трассы с одного берега на другой.

Сложнее передвижение судна на реках с большим течением. Оно достигается путем подтягивания судна при помощи папильонажных якорей или по тросу, работающему по принципу маятника (рис. 33). В последнем случае судно удерживается тросом, закрепленным к станковому якорю, который заводится на расстоянии 600—1000 м вверх по течению.

Самым производительным способом прокладки кабелей через реки является бестраншейный, обеспечивающий одновременное выполнение всех операций (рытье подводных траншей, укладка кабелей и засыпка траншей). При вводе водоструйных устройств в грунт струи воды взаимодействуют с окружающей средой (грунтом) и происходит расширение струи. В результате такого воздействия

возможны два процесса: перемещение масс грунта на определенное расстояние или взвешивание частиц грунта в результате элементарных завихрений в струе, под действием которых происходит гидравлический обмен масс по замкнутым траекториям. Это свойство используется для бестраншейной укладки кабелей через водные препятствия.

При помощи гидравлического устройства — гидронажа, имеющего со стороны, обращенной к направлению движения, систему насадок, из которых выбрасываются

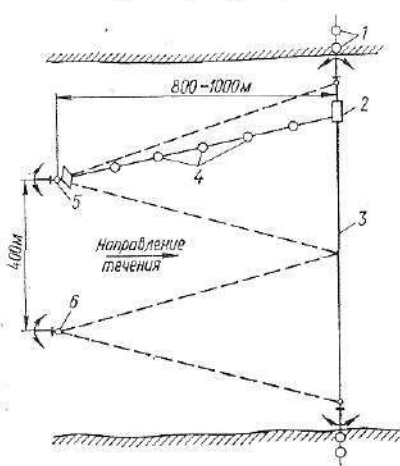


Рис. 33. Прокладка кабелей по принципу маятника:

1 — створные веши; 2 — понтон; 3 — ходовой трос; 4 — поплавок; 5, 6 — начальное и конечное положение станового якоря.

В связных грунтах такой зоны достичь невозможно, так как гидронаж прорезает только щель. Для практического применения гидронажа в глинистых грунтах необходимо располагать насадки в двух параллельных плоскостях или под углом в шахматном порядке. В этом случае двухрядное действие насадок уширяет прорезь.

Если в несвязных грунтах скорость продвижения судна, оборудованного гидронажом, может достигать 60 м/ч и более, то в связных она обычно не превышает 5 м/ч. Кроме того, при работе в связных грунтах обратная заносимость траншеи невелика (5—10%) и сохраняется щель. В этом случае следует производить дополнительный замыв траншеи.

Затраты труда на прокладку 100 м подводного кабеля различными способами, чел.-ч [29]:

Прокладка кабеля с баржи, перемещаемой по натяжному тросу	126,21
Прокладка кабелем папильонирования	62,22
Прокладка кабеля с баржи, перемещаемой буксиром	35
Прокладка со льда (без устройства прорези во льду)	33—39

Сращивание кабеля при укладке с плавсредств производят двумя способами: без муфт и с помощью защитных муфт.

Безмуфтовое соединение — трудоемкий процесс. На концы сращиваемых кабелей с помощью клетневки накладывают бандаж из 10—12 витков линейной оцинкованной проволоки диаметром 3 мм. Расстояние между бандажами принимают 1000—1200 мм. С обоих концов кабеля снимают джут, сматывают его в клубки и закрепляют их около бандажей. Броневые проволоки отгибают в сторону и временно закрепляют. Затем очищают свинцовую оболочку, разделяют концы, сращивают жилы и запаивают свинцовую муфту. Толщина свинцовой оболочки муфты должна быть на 1 мм больше толщины оболочки кабеля. Оголенную часть кабеля и муфты покрывают горячей битумной мастикой и накладывают подброневую подушку. Ранее отогнутые проволоки брони выпрямляют и пропускают между собой с равными интервалами. Поверх сrostка накладывают средний бандаж длиной 80—100 мм из оцинкованной проволоки диаметром 3 мм. После этого концы броневых проволок загибают вокруг среднего бандаж в противоположную сторону и закрепляют их боковыми бандажами. Выступающие концы броневых проволок загибают у самого края боковых бандажей и плотно прижимают их с помощью молотка. На расстоянии 30 мм от изгиба броневые проволоки надпиливают и обламывают. Затем кабель по обеим сторонам сrostка обматывают оцинкованной проволокой диаметром 3 мм. Длина намотки 150—170 мм. Далее сrostок покрывают горячей битумной массой, наматывают верхний слой джута на сrostок, закрепляют его оцинкованной проволокой 1—1,5 мм и вновь покрывают битумной массой.

Затраты труда на монтаж одной подводной соединительной муфты даны в табл. 109.

Таблица 109. Затраты труда на монтаж одной подводной соединительной муфты [29]

Напряжение, кв. до	Сечение жил кабеля, мм, до	Затраты труда	
		водолазной станции, сл.-ч	рабочих, чел.-ч
10	16	7	35
	70	8,5	42,5
	150	9,6	48
	185	11	55
	240	9,9	59,4
	95 $\frac{A}{B}$	9,1	63,7
	120 $\frac{A}{B}$	9,8	68,6
35	120 $\frac{A}{B}$	11	77
	150 $\frac{A}{B}$	12	84
	185	11,5	103,5
		13	117
		12,5	112,5

4. Прокладка морских кабелей

Для прокладки морского кабеля применяют кабельные судна. Кабельное судно «Ингул» оборудовано специальными емкостями (тенками), предназначенными для укладки кабеля, а также водолазной станцией, приспособлениями для взятия проб воды, грунта и замера температуры придонного слоя воды [26]. Для траления и захвата кабеля имеются грапnels различных типов, применение которых определяется характером дна и глубиной.

Техническая характеристика кабельного судна «Ингул»

Водоизмещение, тыс. т	6,9
Длина, м	130
Осадка, м	5,2
Скорость, узлы	15
Скорость, км/ч	27,8
Число ходовых винтов, шт.	2
Емкость тенков (баков для кабеля), км	750
Автономность плавания, сутки	30

Скорость судна V_c зависит от угла прокладки (угол, под которым кабель входит в воду) и может быть определена по графику (рис. 34). Скорость вытравливания кабеля в море должна превышать скорость судна на 2—10%, чтобы обеспечить необходимый запас кабеля на огибание неровностей дна и для подъема кабеля при выполнении ремонтных работ. При прокладке кабеля отклонение судна от заданного курса должно быть не более 200 м.

5. Ремонт кабелей

Ремонт кабелей включает подводные и надводные работы. Подводные работы заключаются в острожке и подъеме кабеля, а надводные — в вырезке поврежденного участка и замене его новым.

До ремонта подводных кабелей необходимо определить место повреждения с помощью прибора ИКЛ-5. Этот прибор имеет три диапазона (I, II и III) и позволяет производить измерения двумя способами подключения к кабелю: «жила — земля (экран)» и «жила — жила».

Длину кабеля l от прибора до места повреждения определяют по формулам:

на I диапазоне

$$l = \lambda \cdot n;$$

на II диапазоне

$$l = 21,75 \lambda \cdot n,$$

на III диапазоне

$$l = 1,75 \lambda \cdot n,$$

где λ — скорость распространения импульса по кабелю. При способе «жила — земля» принимается равной 189 м/сек, при способе «жила — жила» — 185,5 м/сек;

n — количество меток.

При подъеме на поверхность подводного кабеля требуется проверить его механическую прочность (рис. 35). При стрелке провисания F , которая может быть принята в конечном значении равной глубине водоема H , из выражения для свободно висящего троса

$$F = H = \frac{l^2 \cdot G}{8T_0}$$

определяют усилие в точках B и C

$$T_0 = \frac{l^2 G}{8H},$$

где l — расстояние между точками B и C , м;

G — вес 1 м кабеля в воде, кг.

Для свободного подъема кабель должен быть размыт на участке

$$l_s = l + \frac{l^3 G^2}{24T_0^2}.$$

Силу натяжения в точке A определяют по формуле

$$T = T_0 + GH.$$

Иногда водолазы перерезают кабель на дне и поднимают отдельные концы на поверхность для последующего сращивания. Для перерезки кабелей применяют ножовку по металлу, которой вначале разрезают броню, отгибая ее в противоположную сторону, а затем свинцовую оболочку и проводники. Чтобы кабель не затек на большую длину, необходимо перед перерезкой обжимать свинцовую оболочку по периметру. Перерезку кабеля выполняют по месту обжатия кабеля. После перерезки на концы кабеля быстро надевают резиновые пробки, которые предотвращают попадание воды во внутреннюю полость кабеля.

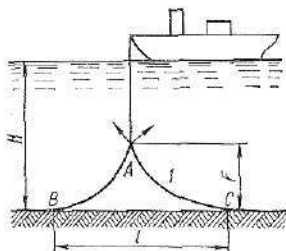


Рис. 35. Схема расчета усилий в кабеле при его подъеме на поверхность:
 l — кабель.

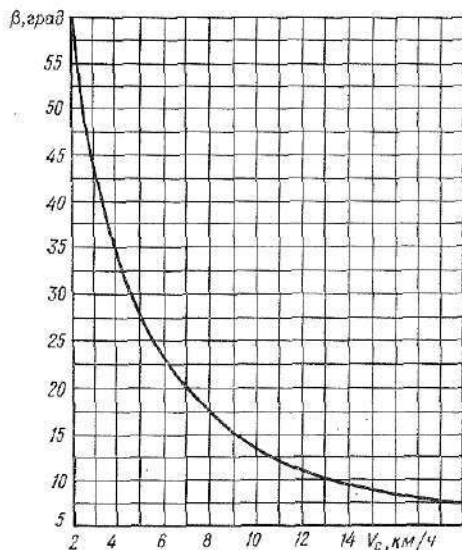


Рис. 34. Зависимость угла прокладки β от скорости судна V_c для бронированного кабеля.

После окончания строительства или ремонта подводного перехода производят электрические измерения для определения сопро-

тивления изоляции, сопротивления шлейфа, омической асимметрии и электрической прочности изоляции (только на участках, питаемых дистанционно).

В исполнительную документацию на кабельный подводный переход входят:

- акты водолазного обследования подводной траншеи до и после укладки кабеля;

- план перехода с указанием строительных и монтажных длин участков и номеров барабанов;

- описание перехода;

- протоколы электрических измерений строительных длин кабеля;

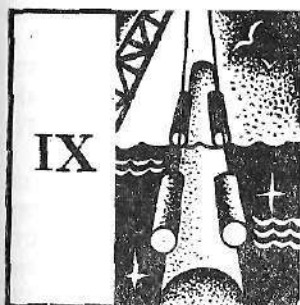
- протокол электрических измерений подводного перехода по окончании строительства;

- протокол проверки герметичности свинцовой оболочки по окончании строительства;

- паспорта на смонтированные муфты;

- акт водолазного обследования на засыпку траншеи.

При бестраншейном заглублении кабеля акты водолазного обследования не составляются.



ПРОКЛАДКА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

1. Классификация подводных трубопроводов

В зависимости от места прокладки подводные трубопроводы можно разделить на три группы:

- трубопроводы через реки и водоемы с пресной водой;
- трубопроводы через морские акватории;
- трубопроводы через болота, в траншеях, заполненных водой.

По материалам подводные трубопроводы бывают: металлические, железобетонные, пластмассовые и смешанной конструкции.

Наибольшее распространение получили металлические трубопроводы из стали, а в настоящее время — из различных алюминиевых сплавов (морские месторождения нефти и газа). Широко применяются также пластмассовые трубопроводы (водоснабжение, канализация и др.).

Подводные железобетонные трубопроводы имеют ограниченное применение.

В зависимости от местности, условий работы, конструкции трубопровода и требований безопасности согласно СНиП II-Д.10-62 различают три категории участков подводных магистральных трубопроводов.

Категории участков подводных трубопроводов

Переходы через водные преграды:

подводные и надводные через судоходные преграды (в русловой их части)	I
подводные через несудоходные преграды с зеркалом воды в межень 20 м и более (в русловой их части)	I
подводные через несудоходные преграды с зеркалом воды в межень менее 20 м (в русловой их части)	II
участки на заливаемых поймах или переходах через водные преграды в одну нитку	II
то же, в две нитки и более	III
участки на болотах при укладке трубопроводов на неустойчивое основание (торф, ил) с несущей способностью менее $0,25 \text{ кг/см}^2$ то же, при укладке на основание из устойчивых грунтов с несущей способностью $0,25 \text{ кг/см}^2$ и более	II
переходы через горные реки на участке, протяженность которого определяется уровнем паводка 2% обеспеченности (один раз в 50 лет)	III
	I

От категории участка трубопровода зависит толщина стенок труб, требования к контролю сварных стыков и испытательное давление (табл. 110).

Таблица 110. Требования к контролю сварных соединений и испытанию трубопроводов [21]

Категория участка	Количество монтажных сварных соединений, подлежащих контролю физическими методами, проц. к общему числу	Давление при предварительном гидравлическом испытании
I	100	$P_{\text{исп}} = 1,25 P_{\text{раб}}$ Не производится »
II	100	
III	100	

2. Трассировка подводных переходов

При пересечении реки створ перехода рекомендуется выбирать на прямолинейном плесовом участке реки, не имеющем рукавов, с устойчивым руслом. Следует стремиться к сокращению длины перехода. Для этого водную преграду лучше пересекать в наиболее узком месте и переход располагать перпендикулярно к руслу реки. Следует избегать участков рек с высокими берегами и значительными глубинами, так как при этом затрудняется трассировка трубопровода в вертикальной плоскости.

При выборе створа перехода нужно учитывать и условия строительства. На одном берегу нужно иметь в створе перехода ровную площадку для монтажа звеньев трубопровода. Размеры этой площадки будут зависеть от выбранного способа монтажа и укладки подводных трубопроводов. После выбора створа подводного перехода производится трассировка трубопроводов в вертикальной плоскости и в плане.

Вертикальная трассировка подводных трубопроводов заключается в определении положения трубопровода в вертикальной плоскости и в получении продольного профиля подводной траншеи, в которую укладывается трубопровод. Вертикальная трассировка осуществляется двумя способами:

прокладка трубопровода в русле прямолинейно с кривыми искусственного гнута на береговых участках;

то же, по кривым упругого изгиба в русле и на береговых участках.

3. Технология прокладки подводных трубопроводов

Особенности организации работ. Последовательность производства работ по прокладке подводных трубопроводов:

изучение трассы и территории строительной площадки, выяснение наличия подъездных путей и коммуникаций, выполнение (при необходимости) дорожных, планировочных работ, прокладка линий связи и др.; освоение стройплощадки, завоз материалов, оборудования, жилых и подсобных помещений;

обследование дна реки (водоема) водолазами;

производство земляных работ по рытью подводных траншей или планировке дна при прокладке трубопровода по дну без заглубления (во избежание резких переломов и провисания отдельных участков трубопровода);

сварка отдельных труб в секции, проверка качества сварных стыков, сварка секций в плетъ, гидравлическая опрессовка плети, устройство антикоррозионной изоляции и футеровки, балластировка трубопровода (к моменту окончания земляных работ плетъ подводного трубопровода должна быть готова к укладке, к этому сроку должны быть готовы также все спусковые устройства и монтажные механизмы);

укладка подводного трубопровода;

обследование уложенного трубопровода водолазами, устранение дефектов, испытание трубопровода (СНиП III-Д. 10—62);

засыпка подводной траншеи;

прокладка пойменных участков трубопровода;

устройство предупредительных знаков в створе подводных трубопроводов (на судоходных и сплавных реках);

ликвидация стройплощадки.

Балластировка. Вес трубопровода, погруженного в воду, складывается из веса трубы, изоляции, футеровки и содержимого трубы. Для предотвращения всплытия уложенного на дно водоема трубопровода его вес должен быть больше выталкивающей силы воды. Вес труб на воздухе и в воде приведен в табл. III.

Для придания подводному трубопроводу отрицательной плавучести применяется балластировка (пригрузка) его одиночными грузами или сплошным балластным покрытием.

Балластировка чугунными кольцевыми грузами (табл. 112). Грузы состоят из двух полуколец, изготавливаемых по НГ-1125 Гипрогаза из серого чугуна марки СЧ 700. Их устанавливают на трубопроводе до его укладки, соединяя полукольца болтами. После установки болтовые соединения заливают битумной или резино-битумной мастикой.

Преимущество чугунных грузов в том, что их можно централизованно изготавливать на заводах. Недостатками являются:

возможные повреждения изоляционного покрытия трубы в местах установки грузов;

возможное смещение грузов по деревянной футеровке при прокладке забалластированного трубопровода способом протаскивания; если стягивать полукольца сильнее, то происходит вдавливание футеровки в изоляционное покрытие и уменьшение толщины последнего на 2—3 мм;

врезание в грунт выступающих над поверхностью футеровки краев грузов при протаскивании трубопровода и увеличение необходимых тяговых усилий;

затруднительное перемещение трубопровода с чугунными кольцевыми грузами по роликовой спусковой дорожке.

Таблица 111. Вес трубопроводов в различных условиях [21]

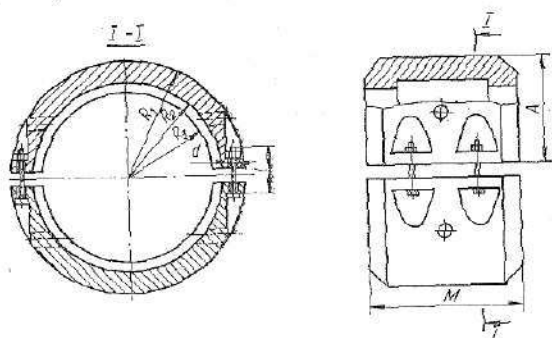
Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Вес 1 м трубы на воздухе, кг					Вес 1 м трубы в воде, кг					вес вытесненной воды при погружении в воду, кг	вес вытесненной трубы (плавучесть)
		пустой трубы	изоляция на трубе	футеровки на трубе	общий вес трубы	воды в трубе	общий вес трубы с водой	трубы без изоляции	затянутой трубы	изоляция в воде	футеровки в воде	общий вес затонувшей трубы	вес вытесненной воды при погружении в воду, кг
219	8	41,6	9,0	9,7	60,3	32,3	92,6	36,3	4,0	1,4	-2,4	35,3	57,3
	9	46,6	9,0	9,7	65,3	31,7	97,0	40,7	3,9	1,4	-2,4	39,7	57,3
	10	51,5	9,0	9,7	70,2	31,1	101,3	45,0	13,9	1,4	-2,4	44,0	57,3
245	11	56,4	9,0	9,7	75,1	30,8	105,9	49,2	18,8	1,4	-2,4	48,2	57,3
	8	46,8	10,0	11,2	68,0	41,2	109,2	40,8	-0,3	1,6	-2,9	39,5	69,6
	9	52,4	10,0	11,2	73,6	40,4	114,0	45,7	+5,3	1,6	-2,9	44,4	69,6
273	10	58,0	10,0	11,2	79,2	39,7	118,9	50,6	10,9	1,6	-2,9	49,3	69,6
	11	63,5	10,0	11,2	84,7	39,1	123,8	55,4	16,4	1,6	-2,9	54,1	69,6
	8	52,3	11,1	12,8	76,2	52,7	128,9	45,6	-6,2	1,8	-3,3	44,1	83,9
299	9	58,6	11,1	12,8	82,5	51,0	133,5	51,4	0,1	1,8	-3,3	49,9	83,9
	10	64,9	11,1	12,8	88,8	50,4	139,2	56,6	6,4	1,8	-3,3	55,1	83,9
	11	71,1	11,1	12,8	95,0	49,5	144,5	62,0	12,6	1,8	-3,3	60,5	83,9
325	8	57,4	12,7	13,7	83,8	63,0	146,8	50,1	-12,8	2,0	-3,5	48,6	98,1
	9	64,4	12,7	13,7	90,8	62,1	152,9	56,2	-5,8	2,0	-3,5	54,7	98,1
	10	71,3	12,7	13,7	97,7	61,0	158,7	62,2	1,1	2,0	-3,5	60,7	98,1
351	11	78,1	12,7	13,7	104,5	60,4	164,9	68,2	7,9	2,0	-3,5	66,7	98,1
	12	84,9	12,7	13,7	111,3	59,4	170,7	74,1	14,7	2,0	-3,5	72,6	98,1
	8	62,5	13,2	14,4	90,1	74,9	165,0	54,6	-20,4	2,1	-3,7	53,0	112,1
375	9	70,1	13,2	14,4	97,7	74,2	171,9	61,2	-12,8	2,1	-3,7	59,6	112,1
	10	77,7	13,2	14,4	105,3	73,2	178,5	67,8	-5,2	2,1	-3,7	66,2	112,1
	11	85,2	13,2	14,4	112,8	72,1	184,9	74,3	2,3	2,1	-3,7	72,7	112,1
400	12	92,6	13,2	14,4	120,2	71,2	191,4	80,8	9,7	2,1	-3,7	79,2	112,1
	8	67,7	14,2	22,8	104,7	88,0	192,7	59,1	-29,0	2,2	-6,3	55,0	137,8
	9	75,9	14,2	22,8	112,9	87,0	199,9	66,2	-20,8	2,2	-6,3	62,1	137,8
	10	84,1	14,2	22,8	121,1	86,1	207,2	73,4	-12,6	2,2	-6,3	69,3	137,8

351	11	92,2	14,2	22,8	129,2	84,9	214,1	80,5	-4,5	2,2	-6,3	76,4	137,8	-8,6
	12	100,3	14,2	22,8	137,3	83,8	221,1	87,6	3,6	2,2	-6,3	83,5	137,8	-0,5
377	8	72,8	15,2	25,4	113,4	102,0	215,4	63,5	-38,8	2,4	-6,8	79,1	156,6	-43,2
	9	81,7	15,2	25,4	122,3	101,0	232,5	71,3	-29,9	2,4	-6,8	66,9	156,6	-34,3
	10	90,5	15,2	25,4	131,1	100,0	231,0	79,0	-21,1	2,4	-6,8	74,6	156,6	-25,5
	11	99,3	15,2	25,4	139,9	99,0	239,0	85,6	-12,3	2,4	-6,8	81,2	156,6	-16,7
426	12	108,0	15,2	25,4	148,6	97,6	246,4	94,5	-3,6	2,4	-6,8	90,1	156,6	-8,0
	9	92,6	17,1	26,7	136,4	131,0	267,4	80,8	-49,9	2,7	-7,4	76,1	191,0	-54,6
	10	102,6	17,1	26,7	146,4	129,0	275,4	89,5	-39,9	2,7	-7,4	84,8	191,0	-44,6
	11	112,6	17,1	26,7	156,4	128,0	284,4	98,2	-29,9	2,7	-7,4	93,5	191,0	-34,6
476	12	122,5	17,1	26,7	166,3	126,5	292,8	106,9	-20,0	2,7	-7,4	102,2	191,0	-24,7
	9	104,1	19,1	31,4	154,6	165,6	320,2	90,7	-75,3	3,0	-8,7	85,0	235,6	-81,0
	10	115,4	19,1	31,4	165,9	165,0	330,9	100,7	-64,0	3,0	-8,7	95,0	235,6	-69,7
	11	126,7	19,1	31,4	177,2	163,5	340,7	110,6	-52,7	3,0	-8,7	104,9	235,6	-58,4
508	12	137,8	19,1	31,4	188,3	162,0	350,3	120,8	-41,6	3,0	-8,7	114,6	235,6	-47,3
	9,52	118,0	20,0	32,5	170,5	187,5	358,0	103,0	-84,6	3,2	-9,0	97,2	260,9	-90,4
	9	115,4	21,2	33,7	170,3	204,5	374,8	100,7	-104,3	3,4	-9,4	94,7	280,6	-110,3
	10	128,0	21,2	33,7	182,9	203,0	385,9	111,7	-91,7	3,4	-9,4	105,7	280,6	-97,7
630	11	140,5	21,2	33,7	195,4	201,8	397,2	122,6	-79,2	3,4	-9,4	116,6	280,6	-85,2
	12	153,0	21,2	33,7	207,9	200,0	407,9	133,5	-66,7	3,4	-9,4	127,5	280,6	-72,7
	9	137,8	25,1	40,7	203,6	293,0	496,6	120,3	-173,8	4,0	-11,4	112,9	384,8	-181,2
	10	152,9	25,1	40,7	218,7	292,0	510,7	133,4	-158,7	4,0	-11,4	126,0	384,8	-166,1
720	11	167,9	25,1	40,7	233,7	290,0	523,7	146,5	-143,7	4,0	-11,4	139,1	384,8	-151,1
	12	182,9	25,1	40,7	248,7	288,0	536,6	-159,6	-128,7	4,0	-11,4	152,2	384,8	-136,1
	9	157,8	28,7	46,9	233,4	386,0	619,4	137,7	-249,1	4,6	-13,2	129,1	491,1	-257,7
	10	175,1	28,7	46,9	250,7	384,8	635,5	152,2	-231,8	4,6	-13,2	143,6	491,1	-240,1
820	11	192,3	28,7	46,9	267,9	383,0	650,9	167,9	-214,6	4,6	-13,2	159,3	491,1	-223,2
	12	209,6	28,7	46,9	285,1	381,5	666,6	182,9	-197,4	4,6	-13,2	174,3	491,1	-206,0
	13	226,7	28,7	46,9	302,3	378,0	680,3	197,8	-180,2	4,6	-13,2	189,2	491,1	-188,8
	14	243,8	28,7	46,9	319,4	376,0	695,4	212,7	-163,1	4,6	-13,2	204,1	491,1	-171,7
820	9	180,0	32,6	52,5	265,1	504,0	769,1	157,1	-347,8	5,2	-14,70	147,6	622,4	-357,3
	10	199,0	32,6	52,5	284,9	502,0	786,9	174,4	-328,0	5,2	-14,70	164,9	622,4	-337,5

Продолжение табл. 111

Параллельный диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Вес 1 м трубы на воздухе, кг						Вес 1 м трубы в воде, кг								
		пустой	изоляция на трубе	фланцы на трубе	общий вес	воды в трубе	общий вес	изоляция без фланцев	затянутой	изоляция в воде	фланцы в воде	общий вес	затянутой	вес вытесненной воды при погружении	вес вытесненной воды (плотность) $\gamma_B = 1,0 \text{ т/м}^3$	вес затянутой в воду трубы
820	11	219,5	32,6	52,5	304,6	500,0	804,6	191,5	308,3	5,2	14,70	182,0	317,8	622,4	—	—
	12	239,1	32,6	52,5	324,2	497,0	821,2	208,7	288,7	5,2	14,70	199,2	298,2	622,4	—	—
	13	258,7	32,6	52,5	343,8	494,0	837,8	225,8	269,1	5,2	14,70	216,3	278,6	622,4	—	—
	14	278,3	32,6	52,5	363,4	492,0	855,4	242,9	249,5	5,2	14,70	233,4	259,0	622,4	—	—
920	9	202,2	36,5	59,4	298,1	638,0	936,1	176,4	462,2	5,8	16,7	165,5	473,1	771,2	—	—
	10	224,4	36,5	59,4	320,3	636,0	956,3	195,8	440,0	5,8	16,7	184,9	450,9	771,2	—	—
	11	246,6	36,5	59,4	342,5	634,0	976,5	215,2	417,8	5,8	16,7	204,3	428,7	771,2	—	—
	12	268,7	36,5	59,4	365,6	630,0	994,6	234,5	395,7	5,8	16,7	223,6	406,6	771,2	—	—
1020	13	290,8	36,5	59,4	386,7	627,0	1013,7	253,8	373,6	5,8	16,7	242,9	384,5	771,2	—	—
	14	312,8	36,5	59,5	408,7	624,0	1032,7	273,0	351,6	5,8	16,7	262,1	362,5	771,2	—	—
	10	249,1	40,5	66,5	356,1	785,0	1141,1	217,4	567,6	6,5	18,8	205,1	579,9	936,0	—	—
	11	273,7	40,5	66,5	380,7	782,0	1162,7	238,9	543,0	6,5	18,8	226,6	555,3	936,0	—	—
1020	12	298,3	40,5	66,5	405,3	779,0	1184,3	260,3	518,4	6,5	18,8	248,0	530,7	936,0	—	—
	13	322,8	40,5	66,5	429,8	775,0	1204,8	281,7	493,9	6,5	18,8	269,4	506,2	936,0	—	—
	14	347,3	40,5	66,5	454,3	772,0	1226,3	303,0	469,4	6,5	18,8	290,7	481,7	936,0	—	—
	10	298,4	48,2	77,4	424,0	1130,0	1534,0	260,4	870,0	7,7	21,9	246,2	884,2	1308,2	—	—
1220	11	328,0	48,2	77,4	453,6	1125,0	1578,6	286,2	840,4	7,7	21,9	272,0	854,6	1308,2	—	—
	12	357,5	48,2	77,4	483,1	1122,0	1605,1	312,0	810,9	7,7	21,9	297,8	825,1	1308,2	—	—
	13	387,0	48,2	77,4	512,6	1120,0	1632,6	337,7	781,4	7,7	21,9	323,5	795,6	1308,2	—	—
	14	416,4	48,2	77,0	542,0	1115,0	1657,0	363,4	752,0	7,7	21,9	349,2	766,2	1308,2	—	—
1420	11	382,2	56,0	90,0	528,2	1535,0	2063,2	333,5	1200,7	8,9	25,4	317,0	1217,2	1745,4	—	—
	12	416,7	56,0	90,0	562,7	1530,0	2092,2	354,9	1166,2	8,9	25,4	338,4	1182,7	1745,4	—	—
	13	451,1	56,0	90,0	597,1	1525,0	2122,1	393,6	1131,8	8,9	25,4	377,1	1148,3	1745,4	—	—
	14	485,4	56,0	90,0	631,4	1520,0	2151,0	423,6	1097,5	8,9	25,4	407,1	1114,0	1745,4	—	—

Таблица 112. Чугунные кольцевые грузы для балластировки трубопроводов (По НГ-1125 Гипрогаза)



Наружный диаметр трубопровода, мм	Вес груза, кг	Размеры, мм						
		R_1	R_2	R_3	A	M	d	l
219	150	217	159	95	207	360	16	90
273	200	249	183	120	234	375	16	110
325	250	275	210	150	260	400	20	120
377	300	305	245	175	285	450	20	130
426	350	330	264	200	310	500	20	130
478	400	355	294	230	335	500	20	140
529	450	385	320	255	360	500	20	170
630	500	435	373	280	410	500	20	170
720	1100	480	415	310	455	960	24	180
820	1100	530	465	360	505	870	24	180
1020	1100	635	570	405	610	725	24	180

Балластировка железобетонными грузами. С целью экономии металла для балластировки участков подводных трубопроводов, пролегающих на пойменных или заболоченных местах, применяют железобетонные грузы.

Конструктивно они выполняются в виде:

железобетонных седловидных грузов, устанавливаемых на трубопроводе без прикрепления к нему (табл. 113);

железобетонных кольцевых грузов, закрепляемых на трубопроводе при помощи стяжных болтов (табл. 114);

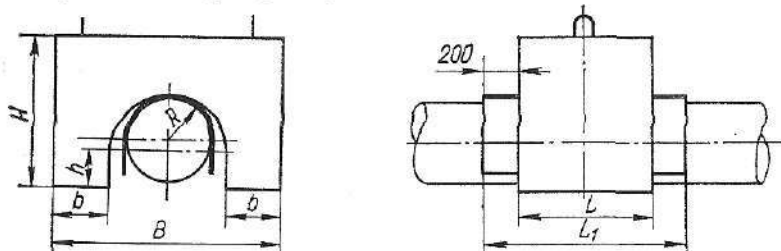
Седловидные железобетонные грузы устанавливают на уложенный в траншею трубопровод с помощью крана. Установку их на трубопровод, уложенный под водой, выполняют водолазы в следующей последовательности.

Плавучий кран, баржа с грузами и водолазный бот устанавливают у места начала работ. Устанавливаемый груз остропливают, перемещают краном в створ трубопровода и опускают в воду. Затем по указаниям водолаза груз устанавливают на трубопровод (если на трубопроводе нет футеровки, то под груз укладывают предохранительный коврик из нескольких слоев бризола и рубероида). Водолаз расстроповывает груз и выходит из воды.

До укладки трубопровода места установки грузов отмечают металлическими марками. Их окрашивают в яркий цвет и крепят к скруткам футеровки. При отсутствии футеровки места расстановки грузов отмечают краской.

Установка железобетонных кольцевых грузов на трубопровод, лежащий на грунте, выполняется следующим образом.

Таблица 113. Железобетонные седловидные грузы для балластировки трубопроводов (По ТР-796 Укргипрогаза)



Наружный диаметр трубопровода, мм	H	Размеры, мм						Вес, кг		
		h	B	b	L	L ₁	R	предохранительного коврика	груза	общий
279	590	170	840	200	400	800	220	3	300	303
325										
377										
426	760	220	1080	260	400	800	280	4	500	504
478										
529	900	240	1320	330	800	1200	330	8	1500	1508
630										
720	1120	340	1540	340	1200	1600	430	12,3	3000	3012,3
820	1210	390	1640	340	1100	1500	480	14,2	3000	3014,2
1020										
	1430	500	1840	340	900	1300	580	15,5	3000	3015,5

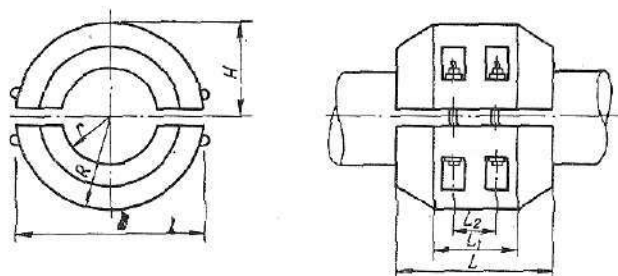
У размеченных мест по всей длине трубопровода с одной стороны грузы раскладывают так, чтобы нижнее полукольцо находилось рядом с трубопроводом, затем трубоукладчик поднимает трубопровод на высоту, достаточную для укладки под него нижних полуколец. Нижние половинки грузов устанавливают краном под трубопровод и опускают его на нижние полукольца. Затем на трубопровод с помощью крана устанавливают верхние полукольца грузов с одновременной центровкой отверстий для стяжных болтов; полукольца соединяют болтами и затягивают гайками.

При установке и закреплении кольцевого груза под водой водолазы выполняют: отмывку с помощью гидромонитора приямка под трубопроводом, опускание и установку нижней половины груза в этот приямке, установку верхней половины груза на трубопровод,

поднятие краном с плавсредств нижней половины груза с одновременным совмещением отверстий под болты, вставку болтов, установку и затягивание гаек.

Балластировка сплошным покрытием. Сплошное балластное покрытие может быть выполнено из монолитного бетона, наносимого на трубопровод способом торкретирования или из сборных железобетонных элементов (рис. 36 и 37).

Таблица 114. Железобетонные кольцевые грузы для балластировки трубопроводов (По ТР-876 Укргипрогаза)



Наружный диаметр трубопровода, мм	Размеры, мм							Вес с болтами и гайками, кг
	H	B	L	L ₁	L ₂	R	r	
273	335	720	630	330	170	355	175	329,1
325	365	770	680	380	220	385	205	410,8
377	390	820	640	340	180	410	230	410,8
426	415	870	780	480	280	435	255	567,6
478	455	960	910	570	370	480	280	810,2
529	480	1010	1240	900	300	505	305	1212,4
630	570	1190	1200	780	240	595	355	1603,9
720	635	1320	1450	990	345	660	400	2397,1

Преимущества сплошного покрытия:

защищает антикоррозионное покрытие трубопровода от повреждений в период строительства и эксплуатации и исключает применение защитной деревянной футеровки;

снижает тяговые усилия при прокладке трубопровода способом протаскивания по дну;

позволяет применять специальные трубозаглубительные установки, перемещающиеся на роликах по предварительно уложенному подводному трубопроводу и отрывающие под ним траншею.

Для армирования монолитного покрытия применяются рулонные сварные или плетеные сетки в один или два слоя. Сварные сетки выполняются из проволоки диаметром 3—4 мм с ячейками 50×50 и 100×100 мм. Плетеные сетки можно выполнять из проволоки диаметром 2,5 мм с ячейками 25×25 мм.

Соблюдение зазора между поверхностью трубы и арматурной сеткой обеспечивается специальными подкладками высотой 20—25 мм. Плетеная сетка монтируется спирально путем разматывания

рулона по поверхности трубы. Места соприкосновения смежных витков связываются вязальной проволокой по спирали через каждые 10 см. Соединение рулонов осуществляется также с помощью вязальной проволоки.

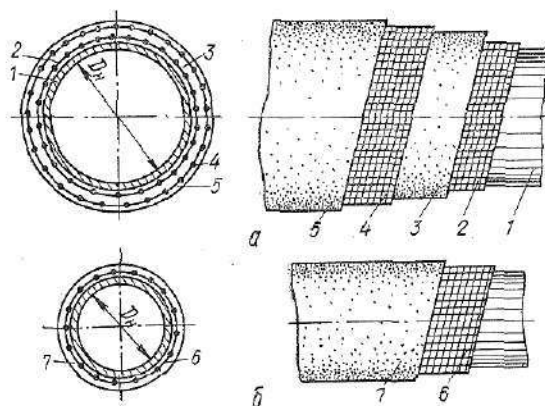


Рис. 36. Балластировка трубопроводов способом торкретирования:

а — для трубопроводов диаметром 700—1000 мм; б — для трубопроводов диаметром 500 мм и меньше; 1 — труба с изоляционным покрытием; 2 — первый слой арматурной сетки; 3 — бетон толщиной 50—70 мм; 4 — второй слой арматурной сетки; 5 — защитный слой бетона толщиной 20—25 мм; 6 — арматурная сетка; 7 — бетон.

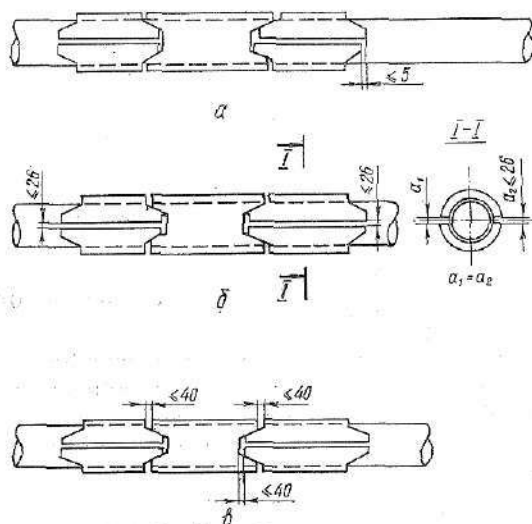


Рис. 37. Балластировка трубопроводов из сборного железобетона:

а — относительные отклонения утяжелителей от проектного положения вдоль трубы; б — то же, поперек трубы; в — то же, одной пары относительно другой (размеры в мм).

После окончания монтажа арматурной сетки перед бетонированием поверхность трубопровода тщательно продувается струей сжатого воздуха и увлажняется.

Бетонное покрытие на поверхность трубопровода наносится слоями толщиной 1,5—2 см. При этом сопло шприцбетонмашины рекомендуется держать перпендикулярно к торкретируемой поверхности на расстоянии 80—120 см.

Для нанесения покрытия на нижнюю часть трубопровода трубоукладчик поворачивает плетъ. При повороте необходимо следить за тем, чтоб не повредить изоляционное покрытие на опорах (в местах лежек). Нанесенный слой покрытия выдерживают в естественных условиях в течение двух суток.

Второй ряд арматурной сетки устанавливают по отвердевшему слою торкретбетона. Через 2 ч после нанесения последнего слоя бетона поверхность трубопровода следует укрыть рогожей, мешковиной или крафт-бумагой. Покрытие необходимо систематически поливать водой. При температуре воздуха до $+15^{\circ}\text{C}$ — два раза, при температуре до $+30^{\circ}\text{C}$ — четыре раза в день в течение 7—10 дней.

Сборные железобетонные утяжелители для устройства сплошного балластного покрытия представляют собой цилиндрические тонкостенные оболочки открытого профиля с консольными клинообразными выступами по концам, которые при монтаже заходят один в другой (см. рис. 37). Консольные выступы имеют закладные детали, предназначенные для восприятия монтажных нагрузок, возникающих при протаскивании плети. Характеристика сборных железобетонных утяжелителей типа УКС (утяжелитель консольно-

Таблица 115. Характеристика сборных железобетонных утяжелителей для сплошного балластнровочного покрытия трубопроводов [9]

Марка	Диаметр трубы, мм	Величина пригруза 1 м трубы в воде, кг	Вес 1 м бетонного покрытия на воздухе, кг	Габаритные размеры утяжелителей, мм	Длина утяжелителей, мм	Вес одного утяжелителя в воздухе, кг	Объем одного утяжелителя, м ³	Толщина одного утяжелителя, мм
УКС-500-1	520	147,5	305	2400×640×345	2200	340	0,4	65
УКС-700-1	720	296	612	3400×950×468	2140	650	0,27	100
УКС-700-2	720	260	538	3400×930×468	2140	572	0,24	90
УКС-800-1	820	426	871	3100×1072×333	2770	1180	0,50	120
УКС-800-2	820	381	788	3100×1072×583	2770	1060	0,42	110
УКС-1000-1	1020	700	1445	3100×1332×673	2680	1940	0,87	160
УКС-1000-2	1020	640	1320	3100×1332×663	2680	1780	0,74	150

Примечание. Объемный вес бетона 2,4 т/м³.

сварной), разработанных ВНИИСТ, приведена в табл. 115. Марки утяжелителей УКС обозначаются двумя цифрами, первая из которых обозначает диаметр трубопровода, а вторая — номер в зависимости от величины пригруза на 1 м трубы.

При установке утяжелителей на трубопроводе необходимо соблюдать:

Таблица 116. Технические характеристики агрегатов для гидравлического испытания трубопроводов

Наименование показателей	Единица измерения	Марка			
		АН2	АН151	АО2	АНО201
Шасси	—	Прицеп	МА35207-8	—	Двухосная тележка Львовского мехзавода
Двигатель	—	1Д12 центробежный	—	Д-108 поршневой	ГАЗ-321 центробеж- ный и поршневой
Тип насоса	—	8МС-7×3	6МС-6×8	9Т	ЗК6 и ГН-1200-4000
Производительность при наполнении	м ³ /ч	200—400	130—150—225	—	30—70
Напор при наполнении	м вод. ст.	200—150	376—360—290	—	62—44
Производительность при опрессовании	м ³ /ч	—	—	20—56	1,2
Давление при опрессова- нии	кг/см ²	—	—	1000—360	200
Габаритные размеры:	мм				
длина (без дышла)		5000	5000	5400	2500
ширина		2400	2400	2400	1700
высота		2900	2900	3000	2100
Вес	кг	8,2	8,1	9,3	2,05

смещение утяжелителей относительно друг друга не должно превышать 5 мм;

величина зазоров продольных швов между утяжелителями не должна превышать 26 мм и должна быть одинаковой для обоих швов одной пары;

величина зазора между установленной парой утяжелителей и консолями примыкающей к ним пары не должна быть более 40 мм;

в местах расположения закладных деталей плоскости консолей должны тесно соприкасаться;

сварку закладных деталей можно производить как в процессе монтажа утяжелителей, так и после него.

Испытания подводных трубопроводов. Перед сдачей в эксплуатацию подводные трубопроводы испытывают на прочность и плотность. Испытательное давление должно в 1,25 раза превышать рабочее для данного трубопровода.

Подводные нефтепроводы, продуктопроводы и газопроводы испытывают нефтью, водой, керосином. Газопроводы, прокладываемые вне населенных пунктов и предприятий, можно испытывать воздухом или природным газом. Для гидравлического испытания трубопроводов применяют передвижные наполнительные агрегаты (табл. 116).

4. Способы прокладки трубопроводов

Укладку подводных трубопроводов можно производить несколькими способами:

- протаскиванием трубопровода по дну;

- свободным погружением трубопровода путем заполнения его водой или пригрузкой;

- опусканием с использованием плавучих опорных точек, оборудованных грузоподъемными механизмами;

- методом наращивания с плавучих средств (трубоукладочных барж) или последовательным наращиванием звеньев (секций), заизолированных и забалластированных труб с соединением их в подводном положении.

Протаскивание по дну. Этот способ применяется в практике строительства в основном для прокладки трубопроводов диаметром до 1420 мм. Он обладает рядом преимуществ:

- работы можно вести в любое время года без остановки судоходства;

- трубопровод не подвержен действию волн и ветра;

- малая продолжительность работ.

Укладка подводного трубопровода способом протаскивания по дну подводной траншеи состоит из следующих операций:

- монтаж трубопровода с нанесением изоляции, устройством футеровки, оснащением его балластными грузами и понтонами;

- устройство спусковой дорожки;

- укладка трубопровода на спусковую дорожку с помощью трубоукладчиков;

сооружение береговых опор и установка системы блоков для протаскивания трубопровода;
 прокладка по дну траншеи тягового троса;
 протаскивание трубопровода с помощью лебедки или трактора.
 Спускочная дорожка может быть выполнена в виде:

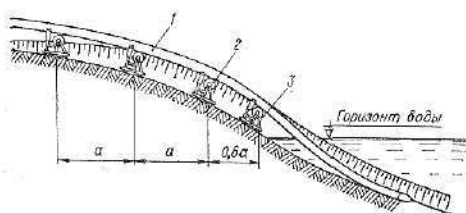


Рис. 38. Схема роликовой дорожки для спуска трубопровода:

1 — трубопровод; 2 — роликовая опора; 3 — шпалы; а — расстояние между опорами.

роликовых опор;
 узкоколейного пути с вагонетками;

специально вырытого, заполненного водой канала в створе подводной траншеи.

Схема устройства спусковой дорожки из роликовых опор показана на рис. 38.

Количество роликовых опор на 100 м спусковой дорожки зависит от диаметра трубопровода.

Диаметр трубопровода, мм	Количество роликовых опор
219—377	5
426	6
476	7
529	8
630	9
720	12
820	13
920	15
1020	17
1220	20

Расстояние между последней (у уреза воды) и предпоследней опорами уменьшается до 0,6 от расчетного.

Чтобы предотвратить соскакивание трубопровода под действием сил упругости с роликовых опор, по обеим сторонам роликовой дорожки устанавливают направляющие опоры с роликами.

Для уменьшения напряжений при изгибе в момент погружения трубопровода в воду рекомендуется соблюдать плавный переход спускового устройства от сухопутной части к подводной.

Спускочная дорожка — узкоколейка шириной 750 мм. Тип рельсов Р-18, шпал — Ш-Б. Дорожка прокладывается прямолинейно в плане и с небольшим уклоном (0,001—0,005) в сторону водоема. Трубопровод спускается по рельсовому пути на вагонетках, которые в конце дорожки скатываются в специальный приямок, откуда убираются при помощи кранов.

Спускочная дорожка в виде траншеи, заполненной водой, применяется при пологом рельефе берега. Трубопровод с установленными по концам заглушками скатывают в эту траншею и по ней транспортируют к месту укладки.

Прокладку основного тягового троса производят с плавучих средств точно по створу перехода. Целесообразным является креп-

ление к головной заглушке трубопровода отрезка резервного троса, который с помощью поплавка выводится на поверхность воды. Это дает возможность при обрыве основного троса прикрепить другой трос в надводном положении.

Свободный конец тягового троса крепят на барабане тяговой лебедки, находящейся на противоположном берегу. Вместо лебедки можно использовать тракторы. Если условия рельефа препятствуют движению тракторов по направлению, которое является продолжением оси перехода, то на берегу устанавливают неподвижную опору с прикрепленным к ней блоком, позволяющим изменить направление движения тракторов. К хвостовому концу укладываемого трубопровода крепят трос от тормозной лебедки, чтобы трубопровод не перемещался по инерции вперед при остановках тяговой лебедки. Тяговые усилия при протаскивании трубопроводов по дну при трогании с места определяют по формуле

$$R = kPf,$$

где k — коэффициент трогания с места, принимаемый равным $1,5 \div 2$;

P — вес трубопровода, кг; f — коэффициент трения скольжения.

Значение коэффициента трения скольжения f по различным поверхностям

Дерево	по дереву поперек волокон	0,4
»	по грунту	0,35—0,40
»	по скале	0,6
»	по железу	0,65
Сталь	по стали	0,20
»	по суглинку, супеси	0,3—0,32
»	по мелкопесчаным и галечниковым грунтам	0,38—0,42
»	по илестому грунту	0,18—0,22
»	по плотной скале	0,30—0,45
»	по взорванной скале и булыжнику	0,42—0,50

В процессе протаскивания трубопровода по дну возможны вынужденные остановки, в результате чего повторные усилия трогания с места бывают больше начальных. Это объясняется присосом трубопровода к грунту. Сила присоса зависит от площади опирания трубопровода на грунт, вида грунта и времени остановки. Практически в песчаных грунтах присос отсутствует. При остановках более 1 ч сила удельного присоса в плотных глинах и суглинках $p = 0,03 \text{ т/м}^2$, в вязких $p = 0,6 \text{ т/м}^2$.

Тяговое усилие при повторном трогании

$$R = kPf + pF,$$

где F — площадь опирания трубопровода на грунт, м^2 .

Тяговое усилие на крюке трактора (тягача) может быть приближенно определено по формуле

$$R_{\text{тр}} = Q_{\text{сн}} f_1,$$

где $Q_{\text{сн}}$ — сцепной вес трактора (тягача), принимаемый для гусеничных машин равным 0,9 их веса; для тягачей и колесных тракторов — 0,75—0,65, кг;

f_1 — коэффициент сцепления колес или гусениц с поверхностью покровом (табл. 117).

Таблица 117. Коэффициент сцепления колес или гусениц с поверхностью пути [11]

Характеристика поверхности пути	Тракторы и тягачи		
	со стальными колесами	с баллонами	гусеничные
Асфальт	—	0,7	—
Сухой укатанный глинистый грунт	0,8	0,8	1,0
То же, песчаный	1,0	0,7	1,1
То же, чернозем	0,6	0,6	0,9
Луг влажный скошенный	1,0	0,7	1,2
То же, нескошенный	0,8	0,5	0,6
Слежавшаяся пахота	0,4	0,5	0,6
Свежеспаханное поле	0,3	0,4	0,7
Песок влажный	0,2	0,4	0,5
Песок сухой	0,2	0,3	0,4
Болото	0,2	0,1	0,3
Укатанная снежная дорога	0,4	0,3	0,6

Для снижения величины тягового усилия можно применять систему полиспастов.

Трудозатраты на укладку подводного трубопровода способом протаскивания и состав звена рабочих приведены в табл. 118 и 119.

Свободное погружение. При помощи этого способа можно укладывать трубопроводы диаметром до 1420 мм. Трубопровод, покры-

Таблица 118. Трудозатраты на укладку 100 м трубопровода способом протаскивания, чел.-ч [29]

Диаметр трубопровода, мм	Общая длина трубопровода, м	
	до 200	свыше 200
219	37,7	26,0
245	41,6	28,6
273	46,8	31,2
299	50,7	33,8
325	54,6	36,4
351	58,5	39,0
377	61,1	41,6
426	68,8	46,4
478	76,8	51,2
508	81,6	54,4
529	86,4	57,6

Примечание. Показатели определены по § 18 сборника 39 ЕНиР «Полводно-технические работы», изд. 1969 г.

тый изоляцией с приваренными по концам заглушками, на плаву заводят в створ перехода. Чтобы не произошло смещение трубопровода от оси перехода, его расчаливают тросами к лебедкам, установленным на берегах. Для заполнения трубопровода водой к концевым заглушкам приваривают патрубки с вентилями (один для подачи воды в трубопровод, другой для выхода из него воздуха).

Под действием веса воды трубопровод с изгибом в вертикальной плоскости постепенно погружается на дно. По мере погружения трубопровода под воду растяжки, закрепляющие его, стравливаются. Подача воды в трубопровод производится с помощью мото- или электронасоса до тех пор, пока из воздухоотводящего патрубка не начнется истечение воды полным его сечением. При прокладке трубопровода с двумя береговыми утками заполнение водой рекомендуется производить со стороны более длинной утки.

Таблица 119. Состав звена рабочих, занятых на укладке трубопровода способом протаскивания [29]

Профессия и разряд	Количество рабочих при диаметре трубопровода, мм	
	219—377	426—1420
Трубоукладчики:		
6 разряда	2	2
5 " "	1	1
4 " "	2	2
3 " "	3	3
Изолировщики:		
5 разряда	1	1
3 " "	—	1
Электросварщик 6 разряда	1	1
Газосварщик 4 " "	1	1
Речные рабочие 2 " "	2	4

При изгибе трубопровода в процессе его опускания на дно в металле труб возникают напряжения, которые в соответствии с рекомендациями СНиП II-Д. 10—62 для участков трубопроводов I и II категорий не должны превышать 0,64 предела текучести материала труб.

Схема взаимодействия сил на изгибающуюся в процессе погружения часть трубопровода показана на рис. 39.

При $p > q$ наибольшие напряжения возникают на участке a , при $p < q$ — на участке b .

Максимальные напряжения, возникающие в стальных трубопроводах различных диаметров, укладываемых способом свободного погружения, показаны на рис. 40 a и b , (соответственно удельный вес стали $\gamma_{ст} = 7,85 \text{ г/см}^3$; объемный вес весьма усиленной изоляции толщиной 11 мм — $1,19 \text{ г/см}^3$, трубопроводы имеют защитную футеровку из деревянных реек).

В тех случаях, когда при укладке на требуемую глубину в трубопроводе возникают недопустимые напряжения, прибегают к искусственному изменению плавучести трубопровода. Изменение значений p и q осуществляется следующими способами. Для уменьшения веса трубопровода, заполненного водой, к нему на стропах прикрепляют разгружающие понтоны (табл. 120). Для уменьшения плавучести незаполненного водой участка трубопровода применяют балластировку всего трубопровода утяжеляющими грузами.

Трудозатраты на укладку подводного трубопровода способом свободного погружения и состав звена рабочих приведены в табл. 121 и 122.

Укладка трубопровода опусканием с плавучих опор (рис. 41). Этот способ целесообразно применять при укладке труб диаметром

820 мм и более, имеющих фланцевые соединения, или трубопроводов с кривыми механического гнутья.

В качестве плавучих опор применяют плавучие краны, баржи, понтоны, оборудованные якорными лебедками и лебедками для спуска трубопровода на дно водоема. После монтажа, изоляции трубопровода и установки заглушек на обоих концах его спускают на воду. Трубопровод на плавбуксируют к месту укладки. При этом опорные точки могут заранее выставляться по трассе перехода или буксироваться вместе с трубопроводом. Установленный по оси перехода трубопровод заполняют водой или закрепляют на нем балластные грузы. Нагрузка от веса трубопровода передается при этом на опорные точки и производится опускание трубопровода в проектное положение.

Преимущества способа:

возможность укладки трубопровода на любую глубину, так как при опускании он испытывает лишь незначительный изгиб в пролетах между опорами;

точность укладки трубопровода в проектное положение, что особенно важно при прокладке самотечных водоводов, имеющих фланцевые соединения;

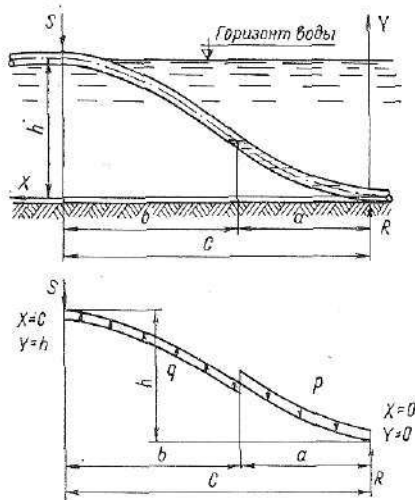


Рис. 39. Расчетная схема трубопровода, укладываемого способом свободного погружения.

Обозначения:

- p — вес 1 см длины изолированного заполненного водой трубопровода в воде, кг;
- g — плавучесть 1 см изолированного заполненного воздухом трубопровода, кг;
- a — длина участка изогнутого трубопровода, заполненного водой, см;
- b — длина участка изогнутого трубопровода, заполненного воздухом, см;
- c — полная длина изогнутого участка трубопровода, см;
- h — глубина погружения оси трубопровода (при $X=C$), см;
- g — вес участка трубопровода, выступающего из воды выше обычного положения трубопровода, плавающего на поверхности воды, кг.

опорах, может быть перемещен в подводном положении в любом направлении, что облегчает его присоединение к патрубкам оголовков водозаборных сооружений.

Работы по укладке трубопровода осуществляются в следующей технологической последовательности:

трубопровод устанавливают параллельно берегу выше створа подводной траншеи;

плавучие опоры подводят к трубопроводу и устанавливают по его длине на расчетных расстояниях, затем с помощью стропов-полотенцев и тросов, закрепленных на барабанах лебедок или крюках плавкранов, соединяют трубопровод с опорными точками;

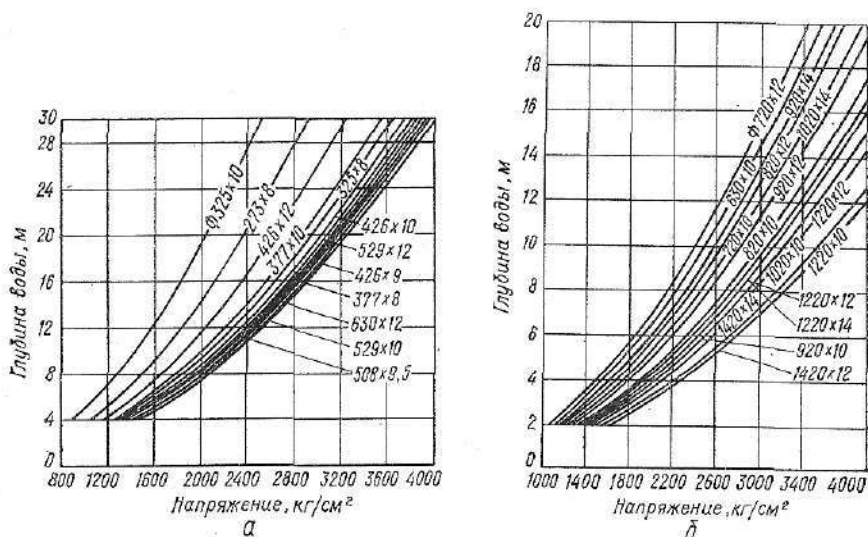


Рис. 40. Напряжения в стальных трубопроводах, укладываемых способом свободного погружения: а—при $p/g < 1$; б— $p/g > 1$.

трубопровод вместе с плавающими опорными точками заводят в створ перехода и опускают на дно водоема; водолазы обследуют уложенный трубопровод; уложенный трубопровод расстроповывают и отбуксировывают плавучие опорные точки.

Укладку трубопроводов, имеющих отрицательную плавучесть

Таблица 120. Техническая характеристика стальных разгружающих понтонов для прокладки трубопроводов

Наименование показателей	Единица измерения	Грузоподъемность, т		
		1,5	3,0	12,0
Предельная глубина погружения без поддува	м	40	20	—
Габаритные размеры:	мм			
диаметр		1000	1100	—
длина		2500	4400	6000
ширина		—	—	2000
высота		—	—	1500
Вес	кг	420	700	3800

Таблица 121. Трудозатраты на укладку 100 м трубопровода способом свободного погружения, чел.-ч. [29]

Диаметр трубопровода, мм	Общая длина трубопровода, м	
	до 200	свыше 200
351	17,6	14,85
377	19,25	15,95
426	22,0	18,15
478	25,3	20,9
508	27,2	22,4
529	28,8	24,0
630	35,2	29,6
720	41,6	35,2
820	49,6	41,6
920	57,5	46,0
1020	64,4	52,9
1220	80,5	66,7
1420	96,6	80,5

Примечание. Показатели определены по § 19 сборника 39 ЕНиР «Подводно-технические работы», изд. 1969 г.

Таблица 122. Состав звена рабочих, занятых на укладке трубопровода способом свободного погружения [29]

Профессия и разряд	Количество рабочих при диаметре трубопровода, мм		
	351—478	508—820	920—1420
Трубоукладчик 6 разряда	1	1	2
То же, 4 »	2	4	4
Речные рабочие 3 »	8	11	17

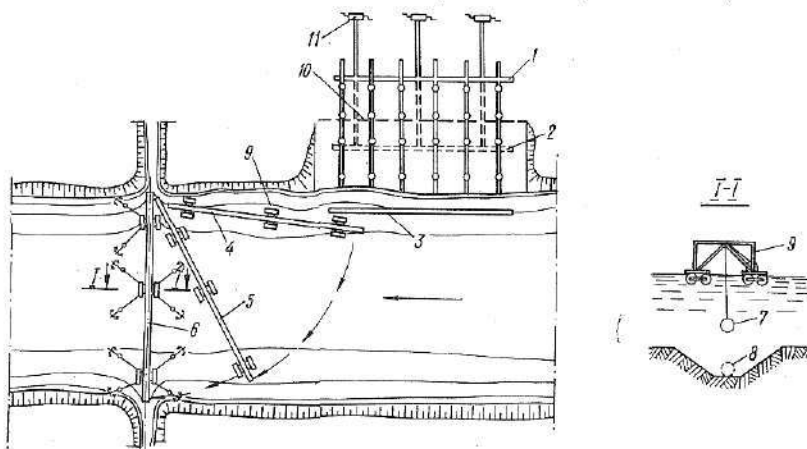


Рис. 41. Схема укладки трубопровода с плавучих опорных точек:

1 — трубопровод на стапеле; 2 — трубопровод в момент спуска на воду; 3 — трубопровод на плавучей опоре; 4, 5, 6 — положение трубопровода в период его заводки в створ; 7 — опускание трубопровода на дно; 8 — трубопровод на дне траншеи; 9 — плавучая опора; 10 — стапель; 11 — тормозные лебедки.

и удерживаемых на плаву с помощью разгружающих понтонов, производят путем отстропки последних и дальнейшего опускания плети трубопровода в проектное положение.

Трудозатраты на укладку 100 м трубопровода разных диаметров с плавучих опорных точек [29]

Диаметр трубопровода, мм	820	920	1020	1220	1420
Трудозатраты, чел. = ч	66	69	72	78	84

Состав звена рабочих, занятых на укладке подводного трубопровода, приведен в табл. 123.

Таблица 123. Состав звена рабочих, занятых на укладке трубопровода с плавучих опорных точек [29]

Профессия и разряд	Количество рабочих при диаметре трубопровода, мм		
	до 426	до 720	до 1420
Такелажники:			
5 разряда	1	1	1
4 »	2	2	2
3 »	2	2	2
Речной рабочий 2 разряда	3	5	7

Укладка способом последовательного наращивания (рис. 42). Этот способ применяется при прокладке трубопроводов диаметром до 1420 мм через большие водные преграды (при прокладке морских подводных трубопроводов). Наращивание плети можно производить двояко: в подводном положении и надводном.

В надводном наращивание плети производится на понтонах или специально оборудованных судах, заменяющих монтажную площадку, на которой в надводном положении собирают и сваривают плети из заранее заготовленных, заизолированных и забалластированных на берегу секций (рис. 42, а). Для уменьшения возникающих в трубопроводе напряжений применяют различные схемы производства работ (рис. 42, б).

В подводном — путем соединения секций, уложенных на дно. При этом секции водоводов высокого давления и всасывающих ниток водозаборов соединяют фланцами, а секции безнапорных самотечных трубопроводов — муфтами.

Для удобства соединения труб на фланцах и совмещения отверстий под болты применяют с одной стороны секции глухие, а с другой — поворотные фланцы. Кольца глухих фланцев и упорные кольца поворотных приваривают к концам секции.

Поворотный фланец имеет внутренний диаметр несколько больший, чем наружный диаметр трубы. При соединении секций водозабору достаточно совместить отверстия глухого и поворотного фланцев, установить два противоположных болта, уплотнить флан-

цевое соединение резиновыми, свинцовыми, клингеритовыми прокладками, а затем вставить остальные болты и затянуть их.

Муфта, предназначенная для соединения секций подводного трубопровода, состоит из двух полумуфт. Нижнюю полумуфту заблаговременно приваривают к монтируемой секции трубопровода. Следующую секцию трубопровода опускают на выступающий конец нижней полумуфты. Затем водолаз надевает верхнюю и стягивает обе полумуфты болтами. Для обеспечения плотности стыка преду-

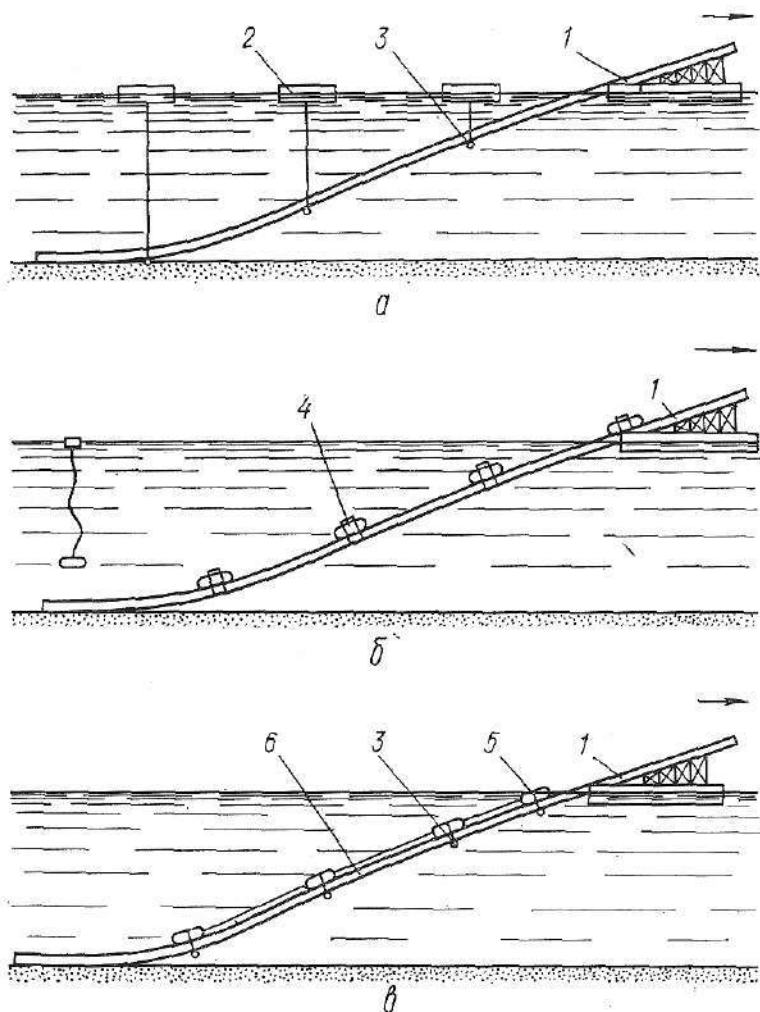


Рис. 42. Схема укладки трубопроводов с плавучих средств способом наращивания:

а — с помощью промежуточных роликоопор, поддерживаемых на баржах; б — с помощью отстреливаемых донтонов; в — с помощью понтонов, перемещающихся вместе с баржей; 1 — баржа; 2 — плавучая опора; 3 — роликоопора; 4 — остропливающийся понтон; 5 — разгрузочный понтон; 6 — жесткая тяга (труба диаметром 125—150 мм).

смотрена прокладка из войлока, высушенного при температуре 105—110° С и пропитанного нефтебитумом или дегтем. Для предотвращения сползания прокладки со своего места на внутренней поверхности муфт приваривают специальные шпильки.

Работы по укладке трубопровода секциями выполняются в следующей последовательности:

секции трубопровода изолируют и их концы подготавливают для соединения муфтами или фланцами;

на концах секций устанавливают заглушки;

секции спускают на воду и буксируют к месту укладки;

секцию устанавливают над осью подводного перехода и стропят на гаки плавкранов;

Таблица 124. Трудозатраты и затраты времени водолазной станции на укладку и соединение секций трубопровода под водой на муфтах [29]

Диаметр трубопровода, мм	Длина секций, м			
	до 35		до 50	
	ст.-ч	чел.-ч	ст.-ч	чел.-ч
820	6,0	24,5	7,0	30
920	6,3	25,0	7,5	33
1020	6,5	27,0	7,7	34
1220	6,9	29,5	8,3	37,5

отдаются заглушки, секции заполняют водой и укладывают на дно плавкранами или опорными точками (стропы на секции крепят на расстоянии 0,2 длины секции от конца трубы);

секцию стыкуют с ранее уложенной, а на противоположном конце ее устанавливают буюк.

Трудозатраты, затраты времени водолазной станции и состав звена рабочих, занятых на укладке подводного трубопровода, приведены в табл. 124—126.

5. Особенности прокладки трубопроводов на болотах

По проходимости болота делятся на три типа [11]:

I — болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и неоднократный проход болотной техники с удельным давлением 0,2—0,3 кг/см² или проход обычной техники с помощью щитов, сланей либо дорог, обеспечивающих снижение удельного давления до 0,2 кг/см².

II — болота, целиком заполненные торфом, допускающие работу и проход строительной техники только с помощью щитов, сланей либо дорог, обеспечивающих снижение удельного давления на поверхность залежей до 0,1 кг/см².

III — болота, допускающие работу специальной техники на понтонах или обычной техники с плавсредств.

Ориентировочно проходимость болота (т. е. допустимое давление на торф) можно определить по данным табл. 127.

Таблица 125. Трудозатраты и затраты времени водолазной станции на укладку и соединение секций трубопровода под водой на фланцах [29]

Диаметр трубопровода, мм	Длина секций, м			
	до 35		до 50	
	ст.-ч	чел.-ч	ст.-ч	чел.-ч
273	4,4	11,0	5,0	15,0
299	4,4	11,5	5,1	15,5
325	4,5	12,0	5,2	16,0
351	4,6	12,5	5,3	16,5
377	4,6	12,5	5,3	16,5
426	5,5	13,0	6,3	17,5
478	5,7	14,5	6,5	19,0
508	5,7	14,5	6,5	19,0
529	5,8	15,0	6,5	19,5
630	6,8	16,0	7,7	21,0
720	7,9	17,5	8,8	23,0
820	8,1	19,0	9,1	24,5
920	8,4	20,5	9,6	27,5
1020	9,4	21,5	10,6	28,5
1220	10,6	24,0	12,0	32,0
1420	11,9	27,0	13,4	35,5

Таблица 126. Состав звена рабочих, занятых на укладке трубопровода наращиванием при соединении секций под водой [29]

Профессия и разряд	Количество рабочих для соединений трубопровода	
	на фланцах	на муфтах
Водолазная станция (водолаз)	1	1
Такелажники 4 разряда	2	1
3 »	2	—
Рабочие речные:		
3 разряда	—	2
2 »	1	—

Для более точного определения проходимости болот и заболоченных участков используется гиревой ударник, который состоит из круглого стержня и гири. Стержень разделен шайбами на три части. Верхняя часть служит рукоятью прибора, в средней (между шайбами) свободно перемещается кольцевая гиря весом 1 кг, а нижняя — длиной 20 см и площадью поперечного сечения 1 см является штампом.

Таблица 127. Зависимость несущей способности торфов от степени их разложения

Классификация торфа по степени разложения	Количество разложившихся веществ, проц.	Внешняя характеристика торфа		Допустимое давление, кг/см ²
		окраска воды	проба на сжатие	
Сильно разложившийся	100		Полностью продавливается сквозь пальцы, выделяя воду, пачкает руки	0,12—0,04
Хорошо разложившийся	80	Темно-коричневая	Продавливается сквозь пальцы, вода стекает струйкой	0,25
Мало разложившийся	60	Коричневая или светло-коричневая	Масса шероховатая, мало продавливается сквозь пальцы, вода выделяется каплями, рук не пачкает	0,50
Плохо разложившийся	40	Желтая	Уменьшается в объеме, выделяется вода, но с рук не стекает, почти не продавливается сквозь пальцы	0,75
Неразложившийся	Не более 20	Почти не окрашена	Вода не выделяется, сквозь пальцы не продавливается, уменьшения объема не замечается	0,1

Ударник устанавливают вертикально на поверхность грунта штапом вниз. Затем штамп забивают в грунт ударами гири, свободно падающей с высоты 30 см на нижнюю шайбу. Число ударов гири, необходимое для полного погружения штампа в грунт, характеризует проходимость участка для различных видов транспорта (табл. 128).

Таблица 128. Проходимость болот для различных видов транспорта [11]

Число ударов гири	Ориентировочное число проходов			
	автомобилей до посадки на заливной мост		гусеничных машин до посадки на днище	
	ГАЗ-69, МАЗ	ЗИЛ-151	Вес	
			до 20 т	более 20 т
7	—	—	1	—
10	3	2	8	1
15	8	5	15	3
20	10	8	18	5
30	20	15	25	10

Укладку трубопровода в заполненную водой траншею можно производить с бермы траншеи, способом сплава или протаскиванием.

Укладку способом сплава производят преимущественно в теплое время года на болотах любого типа при глубине воды в траншее

больше диаметра укладываемого трубопровода, но не менее 0,5 м. На болтах III типа укладка этим способом возможна при мощности залежей торфа до 2—2,5 м.

Подготовку плетей к сплаву и сплав трубопровода можно выполнять совмещенным или раздельным способами (рис. 43).

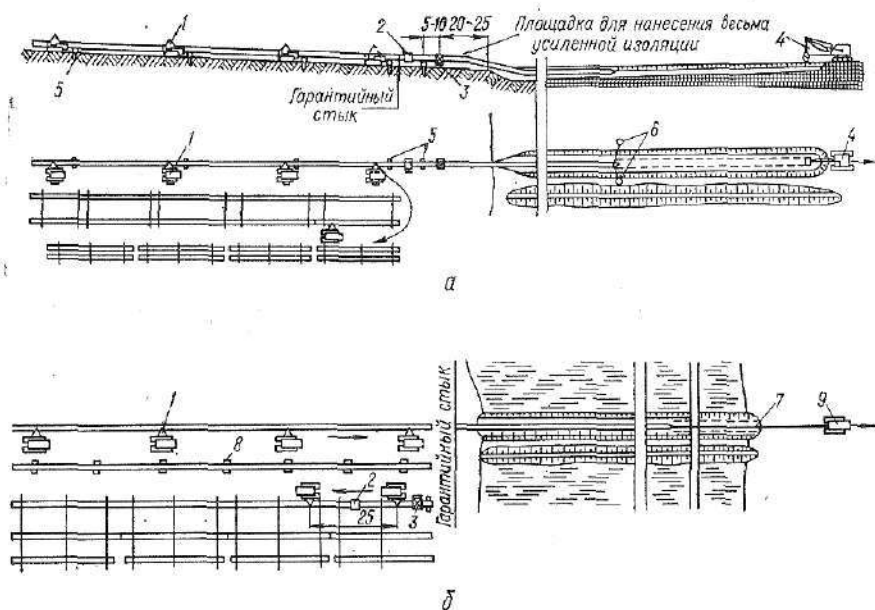


Рис. 43. Схемы укладки трубопроводов на болотах сплавом:

а — совмещенным способом; б — раздельным способом; 1 — трубоукладчики; 2 — очистная машина; 3 — изоляционная машина; 4 — экскаватор-драглайн; 5 — роликовые опоры с использованием троллейной подвески; 6 — места стоянок рабочих, направляющих трубопровод на середину траншеи; 7 — тягловый трос; 8 — мешки с опилками или рыхлым грунтом; 9 — трактор или тяговая лебедка.

Совмещенный способ применяют на переходах протяженностью более 500 м. Работы производят следующим образом. На монтажной площадке секции труб сваривают в плеть длиной 100—150 м. К переднему концу плети приваривают заглушку, и трубоукладчики подают плетя на роликоопоры. Очистка и изоляция трубопровода производится одновременно с проталкиванием его в траншею с водой. Направленное движение переднего конца трубопровода в траншею регулируется оттяжками, прикрепленными к заглушке. Концы оттяжек держат двое рабочих, передвигающихся вдоль траншеи.

Раздельный способ применяют на переходах протяженностью до 500 м, когда монтаж роликовых опор может оказаться нецелесообразным. Секции труб, сваренные в плети длиной 100—150 м, трубоукладчики подают к створу перехода, где их очищают, изолируют и после установки заглушки укладывают в траншею. Проталкивание плети производят трубоукладчики с буксировкой трактором или тяговой лебедкой с противоположного берега.

Доставка и установка утяжеляющих грузов производится двумя способами:

доставка и установка грузов — плавучим понтонным краном (рис. 44, а);

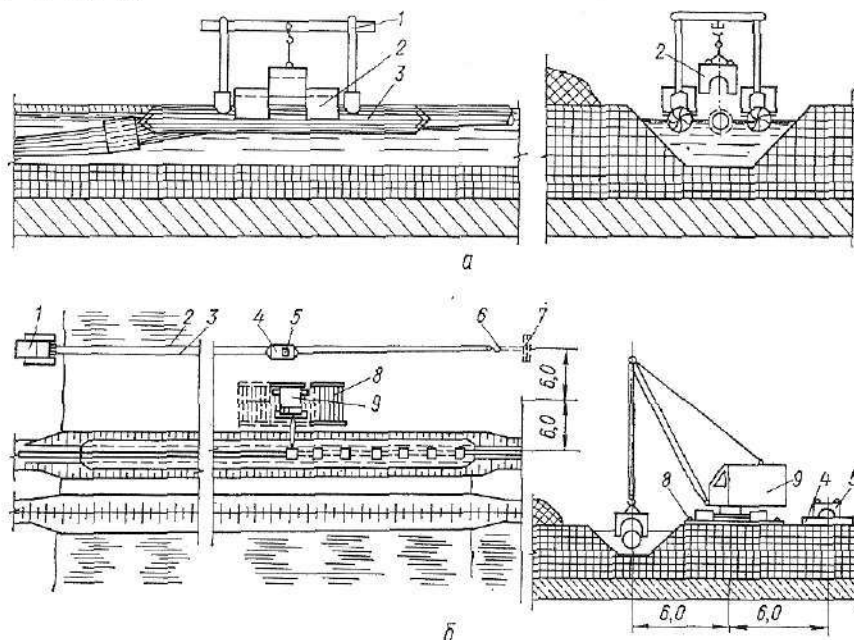


Рис. 44. Установка утяжеляющих грузов при помощи:

а — понтонного крана; 1 — кран-балка грузоподъемностью 2 т; 2 — армобетонный груз весом до 2 т; 3 — понтон из труб 1020Х5;
б — гусеничного крана:
1 — трактор, оборудованный трелевочной лебедкой; 2 — трос обратного хода; 3 — тяговый трос; 4 — пеносани; 5 — армобетонный груз; 6 — неподвижный блок; 7 — якорь; 8 — слайн; 9 — гусеничный кран.

доставка — на пеносанях и установка — гусеничными кранами на базе болотных экскаваторов (рис. 44, б).

Способ протаскивания применяется в особо сложных условиях:

Таблица 129. Несущая способность свай на выдергивание в зависимости от характера грунта (для свай, забитых без подмыва), т [11]

Глубина погружения, м	Песчаные грунты			Глинистые грунты консистенции В, равной		
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые			
	Глинистые грунты консистенции В, равной					
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
3	2,54	1,75	1,15	0,96	0,40	0,16
4	5,54	3,96	2,64	2,24	0,92	0,40
5	7,42	5,36	3,71	3,05	1,24	0,58

Примечание. В расчёте не учтены вес свай и выталкивающая сила от объема свай, находящихся под водой.

на глубоких болотах III типа, на пойменных болотах и др. Схема производства работ аналогична схеме укладки дюкеров через водные преграды.

Балластировка трубопроводов, уложенных по болоту, осуществляется: установкой утяжеляющих грузов; устройством свайных анкеров и засыпкой грунтом.

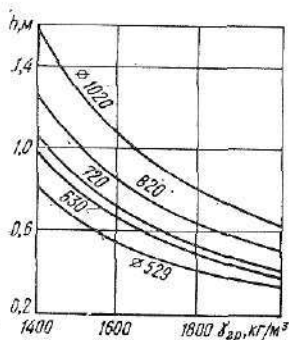


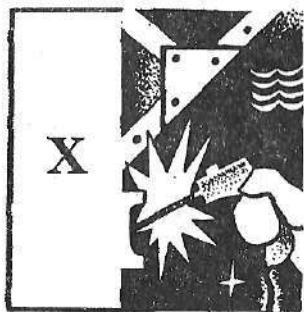
Рис. 45. Зависимость высоты слоя засыпки над трубой h от объемного веса грунта на воздухе

Высота слоя засыпки грунта над верхом трубопровода, проложенного на периодически заливаемом участке, может быть определена по графику (рис. 45).

Свайное анкерное устройство состоит из двух деревянных или железобетонных свай, соединенных хомутом из полосовой стали. Несущая способность свайного анкерного устройства на выдергивание определяется по СНиП П-6. 5—62. Несущая способность деревянных свай диаметром 25 см и расстояния между анкерными устройствами представлены в табл. 129 и 130.

Таблица 130. Расстояние между анкерными устройствами, м [11]

Глубина забивки в грунт свай, м	Песчаные грунты			Глинистые грунты консистенции В, равной		
	крупные и средней крупности	мелкие	пылеватые			
				Глинистые грунты консистенции В, равной		
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	>0,6
Свая Ø 1010×11						
3	4,42	3,04	2,00	1,67	—	—
4	9,64	6,90	4,60	3,90	1,60	—
5	12,90	9,32	6,45	5,30	2,16	—
Свая Ø 820×9						
3	6,78	4,66	3,06	2,56	—	—
4	14,70	10,56	7,08	5,97	2,45	—
5	19,80	14,30	9,90	8,13	3,30	1,54
Свая Ø 720×8						
3	8,47	5,83	8,83	3,20	1,30	—
4	18,46	13,21	8,80	7,47	3,06	1,30
5	24,73	17,86	12,36	10,16	4,13	1,93
Свая Ø 630×7						
3	11,04	7,60	4,17	4,16	1,74	—
4	24,08	17,21	11,80	9,76	4,0	1,74
5	32,26	23,30	16,12	13,28	5,40	2,52
Свая Ø 529×7						
3	16,81	11,68	7,65	6,41	2,66	1,07
4	36,85	26,41	17,61	14,64	6,14	2,67
5	49,52	35,81	24,61	20,18	8,28	3,87



ПОДВОДНАЯ РЕЗКА И СВАРКА МЕТАЛЛОВ

Подводная резка и сварка металлов имеет свои характерные особенности и способы выполнения и отличается от надводной.

Среднее расчетное напряжение дуги в зависимости
от вида сварочных работ, в

Сварка вручную на воздухе	25
То же, под водой	30
Сварка полуавтоматическая на воздухе	20
То же, под водой	40

С увеличением глубины погружения напряжение в дуге снижается незначительно — 5—6 в на глубине около 100 м. Температура дуги под водой колеблется в пределах 6000—7000° К (град. Кельвина).

1. Материалы для резки и сварки металлов

Электроды. Для подводной электродуговой резки применяют стержневые электроды марок ЛПС и Р-2 со специальным покрытием, которое должно быть эластичным, не разбухать в воде и образовывать при сварке «козырек», способствующий стабилизации процесса горения дуги. Для электрокислородной резки применяются стальные трубчатые электроды из стали 10 по ГОСТ 1050—60**. Состав шихты электродных покрытий для подводной электродуговой и электрокислородной резки металлов дан в табл. 131, а для сварки — в табл. 132.

Электроды для ручной сварки под водой изготавливают из стальной проволоки марок Св08 и Св08А по ГОСТ 2246—70 (табл. 133). Длина стержней 350—450 мм, диаметр 4—6 мм. Электроды покрывают равномерным слоем обмазки толщиной 1—2 мм. Для трубчатых электродов применяют сталь 10 с химическим составом, приведенным в табл. 134.

Каждая марка покрытия имеет свои свойства. Так, электродами марок ЭПС-5, ЭПС-52, ЭПО-55 можно работать на переменном токе или на постоянном токе при обратной полярности, а электродами марок ЭП-35, ЛПС-3, ЛПС-5 на постоянном токе прямой полярности. Технические характеристики электродов подводной сварки

Таблица 131. Состав шихты электродных покрытий для подводной

Марка электрода	Толщина покрытия на сторону, мм	Состав сухой смеси,								
		Железная окалина	Мел молотый	Портландцемент	Сурик железный	Бертолетова соль	Красная кровяная соль	Ферросилиций	Мрамор	Полевой шпат
ЛПС-3	1,2—2,0	56	38	6	—	—	—	—	—	—
ЛПС-2	1,2—2,0	—	37	2	57	4	—	—	—	—
ЛПС-1	1	—	—	100	—	—	—	—	—	—
P-2	1,5—2,0	—	50	—	40	5	5	—	—	—
ПРТ (трубчатый)	1—1,1	—	—	—	—	—	—	22	30	40
ЭПР-1 (трубчатый)	0,8—1,0	—	—	—	—	—	—	17	12	18
Металлокерамический ИМСС-I (трубчатый)	Металлическая рубашка толщиной 0,4—0,6 мм из стали или никеля	Состав трубки: карбид кремния (75%) бора (25%), без минерального								
ИМСС-II	То же	Состав трубки: карбид титана (100%), зирующим покрытием из нитрида добавкой желтой кровяной соли								
ЭП-500 (трубчатый)	1,5—2,0	57	40	3	—	—	—	—	—	—

Таблица 132. Состав шихты электродных покрытий

Марка	Состав сухой смеси,									
	Железный сурик	Диоксид титана	Полевой шпат	Плавленый шпат	Ферромарганец	Ферротитан	Ферросилиций	Мрамор	Титановый концентрат	Железная руда (гематит)
ЭП-35 (улучшенная 27-09)	85	—	—	—	—	—	—	10	—	—
ЛПС-3	—	—	48	—	—	—	—	—	48	—
ЛПС-4	—	—	37	—	10	—	—	—	30	20
										2

электродуговой и электрокислородной резки металлов [23]

вес. проц.			Гидроизоляция	Назначение	Примечание
Древесная мука	Поташ	Жидкое стекло			
—	—	40	Кузбасс-лак, нитролак и др.	Электродуг- вая резка	Жидкое стекло берется к весу сухой смеси
—	—	30	Бумага и резиновая масса	То же	То же
—	—	30	Сополимер хлорвинила с винилацетатом в дихлорэтаноле	»	»
8	—	35	Кузбасс-лак	Электрокислородная резка	Вместо древесной берется пшеничная мука
17	(10)	36	Сополимер хлорвинила с винилацетатом в дихлорэтаноле	То же	Жидкое стекло входит в процентное содержание смеси. Поташ берется к весу сухой смеси
и карбид покрытия			Бакелитовый лак	»	
со стабили- кремния с			То же	То же	Шихта замешивается на бакелитовом лаке
—	—	20	Перхлорвиниловая краска	»	Жидкая смесь из 80% воды и 20% жидкого стекла смешивается с сухой смесью из железной окалины, мела и цемента

для подводной сварки [23]

вес. проц.						Назначение	Примечание
Порошковое железо	Красная кровяная соль	Поташ	Тальк	Кварцевый песок	Жидкое стекло		
—	5	—	—	—	30	Для неответственных работ во всех пространственных положениях	Жидкое стекло берется к весу сухой смеси
—	4	—	—	—	30	То же	То же
—	1	—	—	—	30	Для сварки в нижнем положении	»

Марка	Состав сухой смеси.											
	Железный сурик	Диоксид титана	Полевой шпат	Плазиковый шпат	Ферромарганец	Ферротитан	Ферросилиций	Мрамор	Титановый концентрат	Железная руда (гематит)	Цирконовая руда	Крохмал или декстрин
ЛПС-5	—	17	—	30	36	—	—	—	—	—	—	—
ЦН-П	—	20	15	—	8	15	4	35	—	—	3	—
УОНИ-13/45П	—	—	—	18	2	15	3	53	—	—	—	—
ЭПС-5	—	35	10	—	5	12	3	10	—	—	5	—
ЭПО-55	—	25	—	—	8	12	5	20	—	—	—	—
ЭПС-52	—	3	29	—	30	5	—	—	—	28	—	5
ЭПС-52 (бездымные)	—	3	30	—	32	5	—	—	—	30	—	—
М-5	—	—	—	26	7	—	10	51	—	—	—	—
КБ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

вес. проц.						Назначение	Примечание
Порошковое железо	Красная кро- вяная соль	Поташ	Тальк	Кварцевый песок	Жидкое стекло		
—	—	—	17	—	30	Для сварки методом опирания фактически только в нижнем по- ложении	Перед нанесением по- крытия стержень обертывают пергами- ном, пропитанным красной кровяной со- лью
—	—	—	—	—	25	Во всех простран- ственных положениях для сварки конструк- ционных сталей	Жидкое стекло берет- ся к весу сухой сме- си. Гидроизоляция — кузбасс-лак или прай- мер (1 ч. битума и 3 ч. бензина)
—	—	—	—	9	30	То же, для сварки углеродистых и низко- легированных сталей	
—	—	(10)	—	—	20	То же	Жидкое стекло входит в процентное содер- жание смеси. Поташ берется к весу сухой смеси
30	—	—	—	—	20—26	Для сварки углероди- стых и низколегиро- ванных сталей мето- дом опирания в ниж- нем и вертикальном положении без раз- делки кромок до 8 мм	Изготавливается на ка- лиевом жидком стек- ле, длина стержня 450 мм. Жидкое стекло берет- ся к весу сухой смеси
—	—	—	—	—	25—25	То же, во всех про- странственных поло- жениях	
—	—	—	—	—	20—25	» »	Модификация элек- тродов без декстрина
—	—	—	—	6	30	Для сварки низколе- гированных сталей типа СХЛ и марган- цовистых	
—	—	—	—	—	(крафт- бумага)	Для неответственных работ	Крафт-бумагу навёр- тывают спиралью на электрод и пропиты- вают жидким стеклом Гидроизоляция — куз- басс-лак

Таблица 133. Химический состав проволоки, применяемой для изготовления электродов подводной сварки (по ГОСТ 2246—70)

Марка и назначение	Марганец	Кремний	Содержание элементов, проц., не более				
			Углерод	Хром	Никель	Сера	Фосфор
СВ 08 для швов повышенной плотности и вязкости (ручная сварка)	0,35—0,60	Не более 0,03	0,10	0,15	0,30	0,04	0,04
СВ 08 А для швов ответственных конструкций (ручная сварка)	0,35—0,60	Не более 0,03	0,10	0,10	0,25	0,03	0,03
СВ 08 Г2С для швов ответственных конструкций (полуавтоматическая сварка)	1,8—2,1	0,7—0,95	0,11	0,2	0,25	0,03	0,03
СВ 12ГС для швов ответственных конструкций (полуавтоматическая сварка)	0,8—1,1	0,6—0,9	0,14	0,2	0,3	0,03	0,03

Таблица 134. Химический состав трубки для электрокислородной резки под водой (по ГОСТ 1050—60 **)

Марка стали, размеры и назначение	Содержание элементов, проц.						
	Углерод	Марганец	Кремний	Хром	Никель	Сера	Фосфор
Сталь 10 диаметром 7×2,5 мм для электрокислородной резки под водой	0,07—0,14	0,35—0,65	0,17—0,37	0,15	0,25	0,035	0,04

даны в табл. 135. Электроды необходимо хранить в сухом прохладном месте.

Для полуавтоматической сварки в среде углекислого газа применяют проволоку марок Св08ГС и Св08Г2С по ГОСТ 2246—70. В отличие от ручной для полуавтоматической сварки применяют проволоку диаметром 1,2—1,6 мм без покрытия.

Для сварки малоуглеродистых сталей под водой с помощью полуавтомата «Нептун-2М» применяют электроды из порошковой проволоки марки ППС-АН1 диаметром 1,6 мм.

Сварочный кабель. Кабель, применяемый при подводной сварке, должен быть гибким, иметь усиленную изоляцию и сечение на участке, находящемся в руках водолаза, не более 70 мм². Обычно при-

Таблица 135. Технические характеристики электродов для подводной сварки

Марка	Диаметр, мм	Коэффициент на- грева, град/час	Временное сопротив- ление разрыву, кгс/см ²	Относи- тельное удлине- ние, проц.	Угол за- гиба, град.	Ударная вязкость, кгс/см ²	Род и полярность тока	Режимы силы тока при сварке в нижнем положении, а
ЭП-35	4-5	6,0-6,5	35	5*	До 60*	5*	Постоянный, прямая	222-240 300-340
ЛПС-3	4-5	9,0	34	5	До 30*	5	То же	200-230
ЛПС-4	4-5	10,8	54,2	1,3	60*	10,3	»	200-230 250-300
ЛПС-5	4-5	6,8-7,2	45,35	5,05	60*	7,25	»	170-190 190-200
ЦН-П	4-5	6,7-7,2	46-48	—	60-65	—	Постоянный, обратная	200-220 250-270
УОНИ-13/45П	4-5	6,3-7,0	39-41	—	35-40	—	Постоянный, прямая и обратная	200-220 250-270
ЭПС-5	4-5	9,2-9,8	38-42	11,8	До 130	—	То же	160-220 200-275
ЭПО-55	4-5	6,7-9,7	42-52	—	124	4-5	Постоянный и переменный, прямая и обратная	240-260 300-320
ЭПС-52	4-5	5,3-7,9	39-42	16-20	130	7-9	Постоянный и переменный прямая	160-200 200-250

Примечания: 1. При сварке в вертикальном положении режимы снижаются на 10%, в потолочном — на 15%.
2. Звездочкой обозначены ориентировочные данные.

Таблица 136. Марки кабелей, применяемых для подводной сварки

Марка (ГОСТ)	Номинальное напряжение, в	Краткая характеристика
ПРГД (ГОСТ 6731—68)	500	Провод с медными жилами, гибкий, в резиновом шланге
ГРШ и ГРШН (ГОСТ 10694—71)	500	Кабель шахтный, гибкий в негорючем резиновом шланге

меняют кабель марок ПРГД, ГРШ и ГРШН (табл. 136). Кабели поставляют длиной по 50 м.

Сечение сварочного кабеля выбирают по падению напряжения в сварочной сети (в зависимости от принятого максимального значения сварочного тока и длины сварочной сети) с помощью графика,

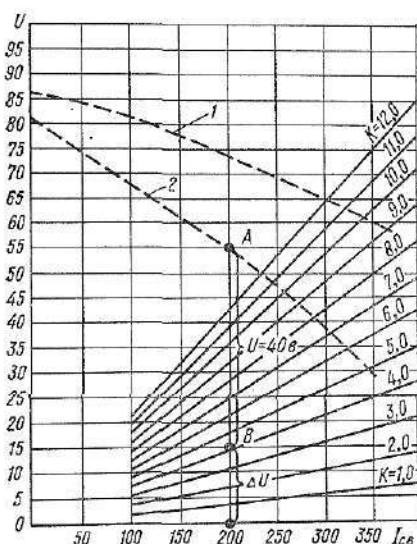


Рис. 46. График подбора сечения и длины сварочного кабеля:

1 — кривая максимальной (верхней) внешней характеристики сварочного генератора ПС-500 при включении трех витков серийной обмотки (при сварочном токе до 600 а); 2 — то же, при включении шести витков серийной обмотки (при сварочном токе до 300 а).

ратора (в примере принято шесть витков серийной обмотки).

3. От точки пересечения А вниз по перпендикуляру откладывают падение напряжения на дуге при сварке под водой $U=28-40$ в, остающийся отрезок перпендикуляра (между точкой В и осью абсцисс) дает падение напряжения в сети ΔU (в примере 15 в).

4. Ближайший к точке В и проходящий ниже нее луч дает пара-

показанного на рис. 46, где в осях $I_{св}$ и U построены кривые падения напряжения ΔU в сварочной сети.

Параметр $K = \frac{2l}{g}$ характеризует отношение длины сварочной сети l , м, к сечению кабеля q , мм².

Порядок пользования графиком:

1. Выбирают сварочный ток $I_{св}$, пользуясь формулой

$$I_{св} = kd,$$

где d — диаметр электрода, мм;

k — коэффициент, принимаемый для подводных условий равным 40—50 — при сварке и электрокислородной резке, 50—60 — при сварке методом опирания электрода ЭПО-55 дуговой резке.

Для примера, приведенного на графике, $I_{св} = 200$ а.

2. Из соответствующей точки оси абсцисс восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой внешней характеристики генератора.

метр K (в примере $K=4$), по которому определяется сечение кабеля q при заданной длине l или длина l по выбранному сечению q .

Резиновые шланги. Для подачи кислорода и углекислого газа от редуктора к электродержателю применяют резиноканевые напорные шланги с внутренним диаметром 9 мм (ГОСТ 9356—60*). Для соединения шлангов применяют шпнели по ГОСТ 1078—71. Места соединения шлангов с шпнелями обжимают хомутами из мягкой проволоки диаметром 1,5—2 мм.

Кислород. Применяемый для подводной резки металлов газообразный технический кислород должен отвечать требованиям ГОСТ 5583—68* и содержать O_2 по объему: высшего сорта — не менее 99,5%, 1-го — 99,2%. Кислород 2-го сорта для указанных целей не применяется. Кислород поставляется в стальных баллонах (ГОСТ 949—57*) под давлением 150 кг/см² при температуре +20° С.

Углекислый газ. Применяемый для сварки углекислый газ поставляется в стальных баллонах (по ГОСТ 949—57*), окрашенных в черный цвет с надписью желтого цвета « CO_2 сварочный», и имеет клейма, аналогичные для баллонов с кислородом. Углекислый газ сжиженный (ГОСТ 8050—64*) должен содержать по объему чистого CO_2 : 99,5% — 1-й сорт, 99% — 2-й сорт. В 40-литровом баллоне обычно содержится 25 кг жидкой углекислоты, что при испарении дает 12,7 м³ углекислого газа.

Таблица 137. Нормы расхода материалов при подводной электродуговой и электрокислородной резке стали [29]

Вид стали	Толщина или диаметр, мм	Расход электродов при электродуговой резке, кг	Расход при электрокислородной резке	
			электродов, кг	кислорода, м ³
Листовая или профильная	5	1,8	—	—
	8	2,61	0,765	0,68
	10	3,1	0,855	0,76
	15	4,23	1,22	1,08
	20	6,3	1,8	1,6
	25	8,33	—	—
	30	—	2,39	2,12
	40	—	3,1	2,76
	50	—	3,78	3,36
	75	—	0,788	0,7
Круглая	12	0,255	0,144	0,128
	25	0,36	0,252	0,224
	50	0,72	0,472	0,420
	70	1,17	—	—
	75	—	0,788	0,7

Бензин. Для подводной бензокислородной резки применяют неэтилированные авиа- и автобензины с техническими характеристиками:

Плотность при давлении 760 мм вод. ст. и 20° С, кг/л	0,7—0,74
Максимальная температура пламени при рабочем соотношении газов в смеси, град. С	2400
Теплотворная способность при 1 ат и 20° С, кал	10800—11000

Содержание горючего газа в смеси с воздухом	0,7—0,6
То же, с кислородом	2,1—28,4

Наилучшими являются бензины марок Б-78 и Б-70: они дают наименьшее количество смоляных отложений в каналах резака. Расход электродов и кислорода для подводной резки дан в табл. 137.

Нормы расхода электродов для подводной сварки внахлестку (числитель) и встык с заваркой трещин (знаменатель) [29]:

Толщина или диаметр стали, мм	Расход электродов, кг
4	$\frac{2,21}{1,75}$
6	$\frac{3,02}{2,43}$
8	$\frac{4,46}{3,10}$
10	$\frac{5,86}{4,72}$

2. Оборудование

Источники питания. К источникам питания сварочной дуги под водой предъявляются следующие требования:

- напряжение холостого хода должно быть не менее 70—90 в;
- внешняя характеристика источника питания должна соответствовать вольтамперной характеристике дуги;
- ток короткого замыкания не должен превышать рабочего на 30—40%; иметь достаточно высокий к. п. д.;
- обеспечивать регулирование сварочного тока в диапазоне не менее 1:4.

Для питания одной дуги под водой применяют однопостовые стационарные сварочные агрегаты (табл. 138).

В качестве источников питания дуги при выполнении сварки и резки на переменном токе используют электросварочные трансформаторы (табл. 139). Наиболее распространены трансформаторы СТН-450, СТН-500 и СТН-700.

Для проведения подводной сварки и резки в условиях, где отсутствует стационарная электрическая сеть, применяют автономные электросварочные агрегаты с напряжением холостого хода 70—90 в и номинальным рабочим — 30—40 в.

Отечественные передвижные агрегаты изготавливаются двух модификаций — автономные электросварочные агрегаты с первичным двигателем внутреннего сгорания и с двигателем, соединенным муфтой с генератором в однокорпусном исполнении — сварочными преобразователями. В тех случаях, когда требуется производить сварку от одного источника питания на нескольких постах, применяют многопостовые стационарные агрегаты. Технические характеристики сварочных агрегатов и преобразователей даны в табл. 140, 141 и 143.

Аппаратура для ручной резки и сварки. Для бензокислородной резки применяют установку БУПР (см. табл. 142) и бензорезак типа БКПНР-4 (табл. 144).

Таблица 138. Технические характеристики однофазных стационарных сварочных агрегатов постоянного тока

Наименование показателей	Единица измерения	Тип					
		СМП-3-IV	САМ-250	САМ-250-I	СГП-3-V	САМ-400-I	АСУМ-400
Генератор:							
тип	—	СМП-3-IV	СМГ-2М-IV	СМГ-2М-VI	СГП-3-V	САМ-400-I	ГСУМ-400
сила тока							
при ПР = 100%	<i>a</i>	500	250	250	400	400	—
при ПР = 65%	<i>a</i>	700	300	300	500	500	400
напряжение холостого хода	<i>a</i>	68	76	76	90	90	105
то же, номинальное	<i>a</i>	40	30	30	40	40	70
пределы регулирования тока	<i>a</i>	120 — 800	70 — 340	70 — 340	120 — 600	120 — 600	120 — 500
мощность	<i>квт</i>	20	7,5	7,5	16	16	35
Двигатель:							
тип	—	АПН	ПН-100	ПН-100	МАФ-82-73/4	ПН-290	МАФ-82-73/2
мощность	<i>квт</i>	46,4	14,25	14,25	32	32	42
число оборотов	<i>об/мин</i>	1500	1560	1560	1460	1500	2925
Общие данные агрегата:							
вес	<i>кг</i>	1500	850	825	1450	1600	875
длина	<i>мм</i>		1610	1610	1770	1980	1660
ширина	<i>мм</i>		550	550	650	650	620
высота	<i>мм</i>		915	935	920	940	890

Т а б л и ц а 139. Технические характеристики электросварочных трансформаторов

Наименование показателей	СТЭ-24	СТЭ-32
Напряжение, в: первичное	220 или 380	220 или 380
вторичное при холостом ходе	65	60
номинальное рабочее	30	30
Номинальный первичный ток, а	110 или 64	132 или 77
Номинальный ПР, проц.	65	65
Номинальный сварочный ток, а	350	450
Пределы регулирования сварочного тока, соэф	70—500	100—700
К. п. д. при номинальном режиме	0,83	0,85
Коэффициент мощности соэф	0,52	0,52
Тип регулятора	РСТЭ-24	РСТЭ-32
Габаритные размеры $\frac{\text{трансформатора}}{\text{регулятора}}$, мм:		
длина	646	668
	594	710
ширина	314	390
	320	317
высота	660	678
	345	622
Вес $\frac{\text{трансформатора}}{\text{регулятора}}$, кг	140	186
	70	130

Т а б л и ц а 140. Технические характеристики автономных электросварочных

Тип агрегата	Генератор			Номиналь- ный ПР, проц.	Номиналь- ный ток, а
	Тип	Напряжение, в			
		холостого хода	номиналь- ное рабо- чее		
ПАС-400-VI	СГП-3-VI	60—90	65	40	500
ПАС-400-VIII	СГ-1000-I	68—92	65	45	1000
ПАС-1000					
АСД-3-1	СГП-3-VIII	60—90	65	40	500
АСДП-500	»	60—90	100	40	400
			65		500
			100		400
АСБ-300-7	ГСО-300-5		65	30	300
АСБГ-300	»		65	30	300
АСБ-300-2	ГСО-300	47—73	65	30	300
АСБ-300	СМГ-2М-VI	50—80	65	30	300
САК-2М-VI	»	50—80	100	30	250
			65	30	300
			100	30	250

Тип

СТЭ-34	СТН-450	СТН-500	СТН-700	СТАН-1	ТС-300	ТС-500	ТСК-500
220 или 380 60 30 153 или 89 65 500 150—700 0,85 0,52	380 70/90 30 110 65 450 80—800 0,85 0,52	220 или 380 60 30 145 или 84 65 500 150—700 0,85 0,54	220 или 380 60 35 198 или 114 60 700 200—900 0,85 0,66	220 или 380 60—70 30 110 или 63 65 350 60—480 0,83 0,52	220 или 380 63 30 — 110—385 30—100 0,84 0,51	220 или 380 60 30 145 или 84 60 500 165—650 40—165 0,85 0,53	380 60 30 — 60 500 165—650 0,85 0,65
РСТЭ-34	Регулятор-дрессель размещен в корпусе трансформатора			Магнитный шпунт	Перемещение одной обмотки относительно другой		
690 669 370 320 660 545 160 100	840 420 850 350	796 410 840 260	796 429 840 380	870 520 800 185	765 524 1010 180	845 600 1100 250	872 566 1090 280

агрегатов постоянного тока

Пределы регулирования тока, а	Двигатель				Общие данные агрегата		
	Тип	Мощность, л. с.	Число оборотов в 1 мин.	Вес, кг	Габаритные размеры, мм		
					длина	ширина	высота
120—400 и 350—600 300—1200	ЗИЛ-164 бензиновый	90	1500—1700	1900	2670	880	1530
	ИДВ-150 дизельный	150	1500	4000	3920	1500	2100
120—600	ЯАЗ-М-204Г дизельный	60	1500	2500	2820	1155	2115
120—600	»	60	1500	5000	6240	2350	2670
75—320	ГАЗ-320 бензиновый	30	2000	700	1915	895	1655
75—320	ГАЗ-320Ж бензиновый	25	2000	860	1915	895	1655
75—180	ГАЗ-МК	30	1430—1550	850	2080	810	1730
175—320	бензиновый	30	1430—1550	950	2080	810	1730
75—340	То же	30	1430—1550	900	2080	810	1730
75—340	»	30	1430—1550	900	2080	810	1730

Таблица 141. Технические характеристики многопостовых сварочных агрегатов постоянного тока

Наименование показателей	Единица измерения	Тип			
		СМГ-3	СМГ-3г-П	СМГ-46-IV	ПСМ-1000
Генератор:					
тип		СМГ-3	СМГ-3г-П	СМГ-46-IV	ГС-1000
сила тока при ПР-100%	<i>a</i>	500	500	500	1000
напряжение холостого хода	<i>b</i>	60	60	60	60
то же, номинальное	"	60	60	60	60
мощность	<i>квт</i>	30	30	30	60
число оборотов	<i>об/мин</i>	1430	1430	1430	1470
Количество постов	<i>шт.</i>	4	4	9	9
Двигатель:					
тип	—	МА-2 МК-22/40	Трехфазный	МН-501/4	ВДЭ-75-4, АВ-91-4
мощность	<i>квт</i>	37	36	75	75
Общие данные агрегата:					
вес	<i>кг</i>	1600	1600	2000	1700
длина	<i>мм</i>	2050	2050	2363	1470
ширина	"	765	765	985	865
высота	"	690	690	816	910

Таблица 142. Режимы и технико-экономические показатели бензокислородной резки под водой установкой БУПР на глубине до 10 м [23]

Толщина металла, мм	Рабочее давление, кг/см^2				Расход материалов на 10 м реза			
	Бензин	Подогревающий кислород	Режущий кислород	Скорость резки, м/ч	Бензин, г	Кислород, л		
						подогревающий	режущий	всего
Однослойный:								
10	7	7	7	До 22	170	630	475	1105
20	7	7	7	" 16	230	930	670	1600
40	7	8	8	" 14	380	1250	875	2125
50	7	8	9	" 12	600	1600	1100	2700
80	8	9	11	" 9	900	2300	1800	4100
90	8	9	12	" 8	1050	2600	2500	5100
100	8	9	12	" 6,5	1300	3100	2900	6000
Многослойные пакеты:								
50	8	8	10	" 10	760	2000	1500	3500
70	8	8	10	" 9	820	2200	1675	3875
95	8	9	12	" 5,5	1500	3800	3500	7300

Таблица 143. Технические характеристики передвижных сварочных преобразователей

Наименование показателей	Единица измерения	Тип			
		ПС-500	ПСО-500	ПСУ-500	Д-3
Генератор:					
тип		ГС-500	ГСО-500	ГСУ-500	СМГ-3В-III
сила тока					
при ПР-100%	а	400	400	400	500
при ПР-65%	»	500	500	500	600
Пределы регулирования тока	»	120—600	120—600	120—500	—
Напряжение холостого хода	в	90	86	80—48	60
Номинальное напряжение	»	40	40	40	60
Мощность	квт	16	16	16	30
Двигатель:					
тип		А-72/4	А-72/4	АВ-71/2	МП-513
мощность	квт	28	28	28	36
число оборотов в 1 мин	об/мин	1450	1450	2900	1430
Общие данные					
количество постов	шт.	1	1	1	5
вес	кг	960	780	540	1700
длина	мм	1400	1275	1065	2500
ширина	»	770	770	650	920
высота	»	1140	1080	915	1207

Таблица 144. Режимы и технико-экономические показатели бензоксиородной резки под водой резаком БКПНР-4 на глубине до 10 м [23]

Толщина металла, мм	Рабочее давление, кг/см ²		Скорость резки, м/ч	Расход материалов на 1 м реза	
	Бензин	Кислород		Кислород, м ³	Бензин, кг
10	4	6	23	1,3	0,6
20	5	7	17	2,2	1,1
30	6	9	9	3,4	1,65
40	7	11	8	4,1	2,7
50	8,5	13	6,3	5,1	3,1

Для подводной сварки и электродуговой резки применяют электродержатель типа ЭПС-2. Для подводной электрокислородной резки применяют электродержатели специальной конструкции, обеспечивающие закрепление электрода, включение его в цепь рабочего тока и подводку к его каналу кислорода. Для управления подачи кислорода в дугу в электроподдержателе ЭКД-4-60 предусмотрен кислородный клапан с рычагом для регулировки подачи кислорода.

В отличие от ЭКД-4-60 в электроподдержателе КХ-8 подача кислорода в зону дуги осуществляется только в момент горения дуги и прекращается при ее потухании.

Аппаратура для полуавтоматической сварки и резки. Для проведения полуавтоматической подводной сварки и резки в среде углекислого газа применяют полуавтомат типа ППСР-300-2.

Техническая характеристика полуавтомата типа ППСР-300-2

Напряжение питающей сети при постоянном токе, <i>в</i>	220
То же, при переменном токе, <i>в</i>	220—380
Потребная мощность, <i>квт</i>	До 1,5
Номинальный ПР, проц.	65
Номинальный сварочный ток, <i>а</i>	300
Диаметр электродной проволоки, <i>мм</i>	1,2 и 1,6
Скорость подачи электрода, <i>м/мин</i>	4—13
Расход углекислого газа, <i>л/ч</i> :	
для сварки	800—2000
для резки	500—600
Вместимость барабана для электродной проволоки, <i>кг</i>	Не менее 3
Габаритные размеры бункера подающего механизма, <i>мм</i>	400×386×330
То же, шкафа управления, <i>мм</i>	610×1330×498
Вес, <i>кг</i>	172

Для полуавтоматической подводной сварки малоуглеродистых сталей с помощью порошковой проволоки ППС-АН1 без защитного газа применяют полуавтомат типа «Нептун-2М», состоящий из источника питания ПСГ-500, шкафа управления, механизма подачи электродной проволоки, кассеты с тормозным устройством и гирлянды управления. Полуавтомат типа «Нептун-2М» создан в Институте электросварки им. Е. О. Патона.

Техническая характеристика полуавтомата типа «Нептун 2-М»

Напряжение на дуге, <i>в</i>	28—40
Номинальный сварочный ток, <i>а</i>	350
Скорость подачи электрода, <i>м/мин</i>	1,5—11,5
Диаметр электродной проволоки, <i>мм</i>	1,6

3. Кислородная резка

Кислородная резка заключается в сжигании пламенем металла в струе кислорода. Для нагрева металла используется пламя жидких горючих (бензокислородная резка), водорода (водородно-кислородная резка) и ацетилена (ацетилено-кислородная резка).

При большой толщине металла или пакетов до 100 мм целесообразно применять бензокислородную резку. Основным горючим для нагрева металла служит бензин, лучше всего авиационный. При выборе оптимального режима и расхода материалов с помощью бензокислородной установки следует пользоваться данными табл. 143.

Резку начинают от кромки поверхности. При резке удобно подсвечивать места реза с обратной стороны. Луч света, проникающий через щель, позволяет обеспечивать прямолинейность реза. При отсутствии светильников пользуются направляющими или шаблонами.

При резке металла толщиной более 50 мм следует вначале наклонить резак на 10—20° в сторону, противоположную направлению резки. Для резки пакетов давление кислорода увеличивают на 15—20%.

Для тушения резака водолаз перекрывает вентиль режущего кислорода, затем бензиновый и, наконец, вентиль подогревающего кислорода. Резак по команде водолаза поднимают на поверхность, после чего перекрывают вентили баллонов и производят разборку и чистку установки. Нагар, образовавшийся в головке резака, удаляют жидкостью следующего состава: жидкое стекло (8,5 г/л), сода Na_2CO_3 (18,5 г/л), мыло зеленое (10 г/л).

4. Электродуговая резка

Электродуговая резка заключается в выплавлении металла электрической дугой. Ее применяют при небольшой толщине металла и малом объеме работ. Для подбора режима подводной электродуговой резки следует пользоваться данными:

Толщина или диаметр металла, мм	Диаметр электродов, мм	Рабочая сила тока, а
До 8	5	400
9—10	5	500
11—15	6	600
16—20	6	700
21—30	6	800
31—40	7	900

Электродуговая резка выполняется на постоянном токе прямой полярности или на переменном токе. Угол наклона электрода по отношению к разрезаемой поверхности принимают в зависимости от положения, град:

Нижнее	50—70
Вертикальное	40—50
Потолочное	40—50

Производительность электродуговой резки стали под водой
на глубине 10 м

Толщина металла, мм	Время, затрачиваемое на 1 м реза, мин
5—10	45—78
10—15	78—108
15—20	108—156
20—30	156—210
30—40	210—270
40—50	270—350
50—60	350—420

5. Электрокислородная резка

Электрокислородная резка основана на одновременном действии нагрева дугой и сжигании металла струей кислорода.

Величина рабочего тока при электрокислородной резке в зависимости от толщины стали:

Толщина стали, мм	Ток, а	Рабочее давление кислорода, кг/см ²
2—10	300—320	3—4
10—20	320—340	4—5
20—50	340—360	5—6
50—80	360—375	6—7
Пакеты до 100 мм	400—500	6—8

Данные составлены для резки на глубине до 5 м в вертикальном и потолочном положениях и при длине шлангов до 30 м. При резке в нижнем положении давление кислорода следует повышать на 10—15%, при удлинении на каждые 30 м сверх 30 м — на 1,75 кг/см².

Электрокислородная резка выполняется, как правило, на постоянном токе при прямой полярности (минус на электрод).

Производительность электрокислородной резки под водой на глубине 10 м

Толщина металла, мм	Время, затрачиваемое на 1 м реза, мин
5—10	10—23
10—15	23—33
15—20	33—45
20—30	45—60
30—40	60—90
40—50	90—105
50—60	105—120
60—80	120—145
80—100	145—180

Затраты труда водолазной станции и выработка резчика приведены в табл. 145.

В процессе резки водолаз должен следить за тем, чтобы не было перерывов в горении дуги.

При резке стальных свай для обеспечения прямолинейных резов следует пользоваться кольцевым шаблоном (два полукольца, стянутые болтами). При резке шпунтовых стенок поперек необходимо при подходе к замку резко увеличить подачу кислорода и нажим электрода в ванну расплавляемого металла. Ток при резке стального троса назначают на 15—20% меньше, чем при резке сплошного сечения такой же толщины. При резке емкостей, в которых были нефтепродукты, во избежание воспламенения и взрыва их следует заполнять водой.

Таблица 145. Затраты труда водолазной станции (А), ст.-ч, на 100 м реза листового или круглой стали и выработка резчика за 1 ч работы (Б), м и перерезы [29]

Вид стали	Тол-щина про-фильной ста-ли, до	Положение реза																
		нижнее								вертикальное или горизонтальное								
		Способ реза																
		электродуго-вая		электроки-с-лородная		бензинокис-лородная		электродуго-ная		электроки-с-лородная		бензинокис-лородная		электроки-с-лородная		бензинокис-лородная		
А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б	
Листовая или про-фильная	5	53	1,6					66	1,3									
	8	76	1,1	21	4,1			97	0,3	26	3,3			43	2,0			
	10	91	0,9	24	3,7	14,5	6,6	120	0,7	32	2,7	19	4,6	57	1,6	30	2,9	
	15	125	0,6	33	2,6	16,3	5,7	160	0,6	42	2,1	20,5	4,3	72	1,2	32	2,7	
	20	185	0,5	50	1,7	18	4,8	230	0,4	62	1,4	22	4,0	105	0,8	34	2,5	
	25	240	0,4	58	1,5	19,5	4,5	320	0,3	72	1,25	24,5	3,6	120	0,7	38,5	22,5	
	30			66	1,3	21	4,1			82	1,1	27	3,2	135	0,6	43	2,0	
	40			85	1,0	27	3,2			105	0,8	33	2,6	180	0,5	54	1,6	
	50			105	0,8	33	2,6			130	0,6	43	2,0	220	0,4	66	1,3	
	75					43	2,0					54	1,6			86	1,0	
100					60	1,4					75	1,1			120	0,7		
Круглая	12	7,4	11,9	4	21,7			8,4	10,4	5,9	14,9			8,9	10			
	25	10,5	8,3	6,9	12,5			12,5	6,8	7,9	11,1			13,5	6,4			
	50	21	4,1	13	6,6			26	3,3	16,5	5,2			30	2,9			
	75	34	2,9	22	4,0			45	1,9	28	3,1			59	1,4			

6. Сварка

При размещении оборудования для сварки металла сварочный агрегат устанавливают не ближе 6 и не далее 15 м от места спуска водолаза. Рубильник для включения сварочного тока и контрольные приборы необходимо устанавливать рядом со страхующим водолазом. При сварке в условиях плохой видимости рабочее место водолаза следует освещать источником света, выбранным с таким расчетом, чтобы сварной шов был виден при обрыве дуги, при зачистке шва и т. п.

Электросварку под водой выполняют как на переменном, так и на постоянном токе. Однако переменный ток как вредно действующий на организм человека, следует применять только в крайних случаях. Кроме того, на постоянном токе дуга более устойчива и эффективна.

Для определения режима ручной электросварки следует руководствоваться данными табл. 146.

Таблица 146. Технический режим подводной ручной электросварки для различных видов работ [29]

Вид работы	Толщина металла, мм	Диаметр электрода, мм	Сварочный ток, а
Прихватка листов	6 и более	4	200—230
	4—6	4	200—230
	6—10	5	250—300
Сварка листов	более 10 (1 слой)	5—6	300—400
	более 10 (2 слой)	5—6	300—400
Заварка трещин без разделки	3—5	4	200—220
	6—8	5	270—300
	более 8	5	270—300
Заварка трещин с разделкой	6—8	4	200—220
	более 8 (1 слой)	4	220—240
	более 8 (2 слой)	5	250—300

Подводную сварку рекомендуется вести на короткой дуге (длиной 2—3 мм), не превышающей диаметра электрода, иначе процесс сварки становится неустойчивым. Поддерживая горение дуги, водолаз должен все время следить за тем, чтобы выступающий козырек легко соприкасался с поверхностью металла. Техника наложения сварного шва определяется видом соединения, положением его в пространстве и формой разделки кромок. Наплавку валиков под водой производят колебательно-поступательным движением конца электрода по изделию, сохраняя постоянную длину сварочной дуги. При этом колебательные движения должны быть несколько быстрее, чем на воздухе, чтобы поддержать ванну необходимого размера (ширина валика не должна превышать двух диаметров электрода). Схема движения электрода при сварке под водой пока-

зана на рис. 47. В нижнем положении угол наклона электрода в сторону перемещения должен достигать 60° , в вертикальном — $80-90^\circ$.

При наплавке валика на вертикальную поверхность силу тока понижают на 10% в сравнении с наплавкой в нижнем положении. Удержание капель расплавленного металла на вертикальной по-

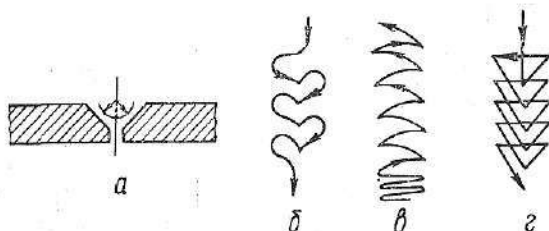


Рис. 47. Движение электрода при сварке стыкового шва с V-образной разделкой кромок:

а, б — наклон и движение электрода в нижнем положении; в — движение электрода в вертикальном положении; г — движение электродов в потолочном положении.

верхности достигается периодическим подхватыванием образующихся капель электродом.

Затраты водолазной станции и расход электродов на подводную сварку приведены в табл. 147 и 148.

Наиболее трудной в подводных условиях является наплавка валика в потолочном положении. В том случае электрод наклоняют под углом $75-80^\circ$ к плоскости наплавки при постоянной длине дуги. Наплавку производят путем последовательного наложения параллельных валиков. При этом каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий на $\frac{1}{3}-\frac{1}{2}$ его ширины. Последующий валик накладывают на тщательно очищенную от шлака поверхность предыдущего валика. Валик, наплавленный под водой, получается более узким, чем на воздухе, поэтому его необходимо делать шире заданного.

Электросварку встык под водой производить не рекомендуется. Ее заменяют сваркой внахлестку, т. е. приваркой планок, накладок и т. п. Для соединения внахлестку листы толщиной до 8 мм сваривают однослойным швом, а более 8 мм — двух- и трехслойным. При сварке внахлестку выступающая кромка металла служит направляющей для электрода и значительно облегчает правильное ведение валика при плохой видимости.

Заварку заклепочных отверстий водолаз осуществляет, накладывая валик по краю отверстия. За один прием, который выполняется без обрыва дуги, нужно обварить не меньше половины окружности головки, а за второй — остальную часть. Начало и конец сварки требуется вывести за пределы шва на расстояние 5 мм.

Заварка трещин ведется по типу стыкового шва. Чтобы трещина

не удлинялась от напряжений, образующихся при сварке, по ее концам просверливают отверстия, а края трещины очищают от ржавчины и притупляют. После этого на трещину направляют валик, а просверленные по концам отверстия заваривают.

Таблица 147. Затраты труда водолазной станции (А), ст.-ч, на 1 м сварки ручным способом под водой и выработка звена (Б), м за 1 ч [29]

Вид сварки	Толщина свариваемого металла, мм	Положение шва					
		нижнее		горизонтальное или вертикальное		потолочное	
		А	Б	А	Б	А	Б
Внахлестку	4	0,62	1,4	1	0,86	1,6	0,55
	6	0,85	1,03	1,35	0,64	2,1	0,41
	8	1,25	0,68	2	0,43	2,8	0,31
	10	1,65	0,52	2,5	0,34	3,5	0,25
Встык с заваркой трещин	4	0,49	1,78	0,8	1,09	1,25	0,68
	6	0,68	1,28	1,05	0,83	1,65	0,52
	8	1	0,86	1,65	0,52	2,2	0,40
	10	1,35	0,64	1,95	0,45	2,8	0,31

Таблица 148. Расход электродов на 1 м сварки стали под водой вручную [29]

Толщина или диаметр стали, мм	Вид сварки	
	внахлестку	встык с заваркой трещин
	Расход электродов, кг	
4	2,21	1,75
6	3,02	2,43
8	4,46	3,10
10	5,86	4,72

Режимы, рекомендуемые для подводной полуавтоматической сварки незачищенной дугой с помощью полуавтомата ППСР-300-2, приведены в табл. 149.

Требования к механическим свойствам соединений, сваренных с помощью полуавтомата ППСР-300-2, следующие:

Предел прочности, кг/мм^2	38,2—42,6
Угол загиба, град	46—83
Ударная вязкость, кгм/см^2	5,7—8,4

Режимы, рекомендуемые для полуавтоматической сварки с помощью полуавтомата «Нептун-2М», приведены в табл. 150.

Механические свойства соединений, полученных с помощью полуавтомата «Нептун-2М», следующие:

Предел прочности, кг/мм^2	46,1
Угол загиба, град	145
Ударная вязкость, кгм/см^2	8,9

При выполнении подводной сварки и резки следует выполнять требования Единых правил охраны труда на водолазных работах [13] и СНиП III-A. 11—70. Подводную сварку или резку производят

Таблица 149. Режимы подводной полуавтоматической сварки незащищенной дугой электродной проволокой диаметром 1,2 мм марок Св12ГС и Св08Г2С [23]

Положение шва в пространстве	Напряжение дуги, в	Сила тока, а
Нижнее	38—42	180—220
Вертикальное	36—38	160—180
Потолочное	36—38	160—180

Таблица 150. Режимы подводной сварки порошковой проволокой ППС-АН1 диаметром 1,6 мм полуавтоматом «Нептун-2М»

Положение шва в пространстве	Напряжение дуги, в	Сила тока, а
Нижнее	36—38	320—350
Вертикальное	32—34	280—320
Потолочное	28—32	180—200

только в исправном водолазном снаряжении, в рукавицах и исправным электродержателем. Вся сварочная цепь должна быть заизолирована. Запрещается подносить электрод, находящийся под током, к водолазному шлему. Чтобы уменьшить электролиз медного шлема, его покрывают этинолевым или кузбасс-лаком. Для защиты глаз от действия дуги следует применять защитные стекла марок Э-1, Э-2, Э-3, Э-4.

Контроль качества. При производстве работ по подводной сварке металлов надлежит руководствоваться требованиями СНиП III-B. 5—62 и соответствующими главами I ч. СНиП.

В процессе сварки ведется журнал работ, в котором указываются: дата выполнения работ, место сварки, род тока, марка электродов, марка свариваемой стали, фамилия и номер удостоверения и клейма сварщика, результаты испытаний контрольных образцов и качества выполненных работ.

Контроль качества сварных швов производят внешним осмотром и дефектоскопией. При внешнем осмотре необходимо убедиться в отсутствии трещин, прожогов, подрезов, смещений шва, наплывов и незаваренных кратеров.

Способы устранения повреждений сварных швов:

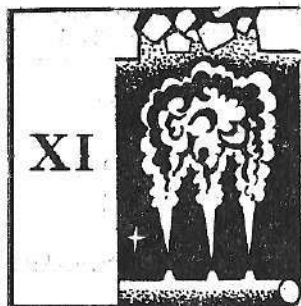
при сквозных трещинах — в концах трещины сверлят отверстия сверлом 10—16 мм с углом заточки 60—70°, а затем заваривают их;

при несквозных трещинах — рассверливают трещину до здорового металла, образуя V-образную разделку кромок, затем заваривают воронку;

при подрезе — дефектный участок шва защищают и заваривают;

при поджоге — разделяют кромки, оставив неизменными форму, размеры, угол раскрытия, и заваривают;

при непроваре — участки швов с непроварами удаляют, зачищая с обеих сторон по 30 мм основной металл, затем заваривают непровар.



ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

В осенне-зимних условиях наличие ледяного покрова и низкая температура усложняют передвижение и работу плавучих средств и механизмов и проведение водолазных спусков. Большим препятствием в производстве подводно-технических работ под водой являются ледовые образования глубинного происхождения, так называемые шуговые процессы. Они происходят при переохлаждении всей массы воды. Всплывая на поверхность, шуга образует шуговой ковер, представляющий опасность при работе водолазов под водой.

При осеннем ледоходе подводные части деревянных опор мостов, линий электропередачи следует защищать от истирающего воздействия льда. Толстый лед, примерзший к сваям, при большом подъеме уровня воды благодаря вертикальному давлению может выдернуть их, а также поднять отдельные ряжевые венцы, разрушить кладку опор.

В зимнее время толщина и прочность льда колеблется из-за изменения температурного режима (при повышении температуры от -30° до -10° С прочность пресноводного льда уменьшается в 1,5—2 раза).

Прозрачный лед имеет плотность $0,9 \text{ г/см}^3$ и обладает наибольшей прочностью. Мутный лед по прочности в 2 раза слабее кристаллического.

1. Методы борьбы с шугой

При производстве подводных работ для борьбы с шугой можно применять различного рода временные заградительные устройства.

Эффективным средством борьбы с шугой, проходящей на небольшой глубине, являются запани. Запань представляет собой сплотку из брусьев или из бревен толщиной 16—18 см, к которой вертикально прикрепляют дощатые щиты, опускаемые в воду на глубину 1—2 м. Шуга, находящаяся в верхней части потока, задерживается на стенках щитов.

В тех случаях, когда предусматриваются подвижки льда, шугоходы, для ведения работ на протяжении всего зимнего периода целесообразно устраивать сетчатые заградители.

Сетчатые заградители устанавливаются на пути движения шуги.

Сетки крепятся к понтонам, устанавливаемым поперек реки. Понтоны удерживаются тросом, закрепленным на берегах лебедками или якорями. Сетки из стальной проволоки диаметром 6—8 мм, длина сетки 20—30 м; верхняя часть крепится к понтонам, а нижняя удерживается якорями на дне реки. Расчет сеток и троса может быть произведен по схеме (рис. 48).

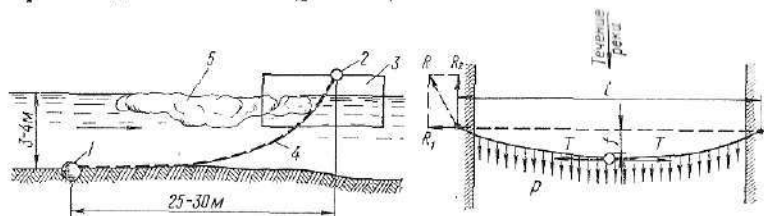


Рис. 48. Расчетная схема сетчатого заградителя:

1 — якорь; 2 — рабочий трос; 3 — понтон; 4 — сетка заградителя; 5 — шуга.

Гидродинамическое давление на сетки определяется по формуле

$$T_c = KmbhV^2,$$

где $K=1,0 \div 1,5$ — коэффициент перегрузки;

m — масса единицы объема воды ($m = \frac{1000}{9,81} = 102$) $\frac{\text{сек}^2}{\text{м}^4} \text{ кг}$;

b — ширина сеток, равная расстоянию между понтонами, м;

h — толщина слоя шуги, на которую действует поток, м;

V — скорость потока, м/сек.

Усилие в тросе заградителя определяется по формуле

$$T_\tau = \frac{pl^2}{8f},$$

где p — нагрузка на 1 м длины троса, кг/м;

l — расчетная длина троса (расстояние между береговыми опорами);

f — стрела провисания, м.

Величину p можно определить, исходя из соображений, что гидродинамическое давление на сетки распределяется на трос и якоря равномерно в момент закупорки русла шугой (ввиду принятых тяжелых условий коэффициент $K=1$):

$$p = 0,5 \frac{T_c}{b} = 0,5mhV^2.$$

Определение числа и веса якорей производят исходя из величины сдвигающего усилия на ширину пролета $\Theta_1 = 0,5 pb$. Задаваясь числом якорей n на один пролет сетки, имеем усилие на якорь

$$\Theta_n = \frac{0,5pb}{n}.$$

Вес якоря P и объем камня W для него определяют, принимая коэффициент трения о дно $f_{\text{тр}} = 0,5$

$$f_{\text{тр}} P = \frac{0,5 \rho b}{n};$$

$$P = \frac{0,5 \rho b}{n f_{\text{тр}}};$$

$$W = \frac{P}{\gamma_{\text{к}}},$$

где $\gamma_{\text{к}}$ — удельный вес камня, принимается равным 1,7.

2. Способы устройства майн

Существуют различные способы устройства и поддержания майн. Размеры майн зависят от назначения, гидрологических условий и температуры наружного воздуха. Устройство майн в короткие сроки производят взрывным способом. Недостатком его является образование неровных кромок льда с нарушенной структурой. Поэтому разработан ряд конструкций по механической резке льда. При устройстве майн необходимых размеров лед разрабатывают ледорезом. Часовая производительность ледореза при толщине льда 30 см составляет 75 м реза. Для резания льда пользуются бензиномоторной пилой типа «Дружба», с помощью которой можно резать лед толщиной 400 мм. Пилу обслуживает один моторист.

Техническая характеристика бензиномоторной пилы «Дружба»

Рабочая длина пилы, мм	440
Ширина развода пилы, мм	8,2
Скорость движения цепи, м/сек	8
Мощность двигателя, л. с.	4 ± 0,5
Расход бензина на 1 ч работы, л	2,5
Вес, кг	10,8
Габаритные размеры, мм:	
длина	850
ширина	460
высота	500

Кроме ручных средств, для резки льда используют также специальные машины. Ледорезная машина Лимендского завода несамостоятельная, смонтирована на санях. К месту работ доставляется автомашиной или трактором, а при работе передвигается при помощи троса, наматываемого на барабан ледорезной машины. Трос длиной 50 м заносят вперед и закрепляют в лунке. Обслуживают машину моторист и рабочий.

Техническая характеристика ледорезной машины Лимендского завода

Максимальная толщина разрезаемого льда, мм	1100
Ширина прорези во льду, мм	250
Скорость резания на I скорости, м/час	90
То же на II »	150

Скорость резания на III скорости, м/час	300
Число оборотов фрезы, об/мин	970—1100
Двигатель ГАЗ-51, мощностью, л. с.	70
Вес, кг	990
Габаритные размеры, мм:	
длина	3200
ширина	800
высота	1500

Ледорезная машина ЛФМ-ГПИ-41 самоходная, непотопляемая, смонтирована на базе гусеничного автомобиля ГАЗ-47. Для резания льда машина имеет пальцевую спиральную фрезу, подвешенную к задней части машины. Обслуживает машину 1 человек.

Техническая характеристика ледорезной машины ЛФМ-ГПИ-41

Максимальная толщина разрезаемого льда, мм	1600
Ширина прорези во льду, мм	350
Скорость резания льда, м/час	40, 80, 140, 240
Число оборотов фрезы, об/мин	125, 230, 390
База машины, мм	3350
Колея, мм	2050
Дорожный просвет, мм	400
Двигатель ГАЗ-47, л. с.	74
Вес, кг	5000
Габаритные размеры, мм:	
длина	6250
ширина	2440
высота	1960

Поддержание незамерзающей майны осуществляют двумя способами:

с помощью так называемого «холодного кипения» воды, образующего путем подачи сжатого воздуха под воду;

с помощью использования тепла глубинных вод водоема путем подачи их на поверхность насосами.

Способ «холодного кипения» осуществляют с помощью пневматических установок, состоящих из компрессора и трубопровода с отверстиями для выхода сжатого воздуха. Иногда для повышения эффективности пневматической установки в сочетании со сжатым воздухом используют пар.

Пневматические установки для поддержания майн бывают стационарные и передвижные (рис. 49 и 50). Для пневматических установок применяют металлические трубы (ГОСТ 3262—62), резиноканавные напорные рукава для давлений до 5 атм (ГОСТ 8318—67*), а также пластмассовые трубы. Из пластмассовых труб целесообразно применять винипластовые и полиэтиленовые.

Основные физические свойства пластмассовых труб приведены в табл. 151.

Трубы из винипласта легко свариваются в струе горячего воздуха, имеющего температуру 200—220° С, и склеиваются с помощью перхлорвиниловой смолы, растворенной в дихлорэтано (15—20%-ный раствор).

Основные данные о винипластовых трубах приведены в табл. 152. Полиэтиленовые трубы легче винипластовых и стальных и имеют наружный диаметр от 2 до 100 мм (трубы диаметром до 63 мм сматываются в бухты, трубы большого диаметра выпускают длиной 3—6 м).

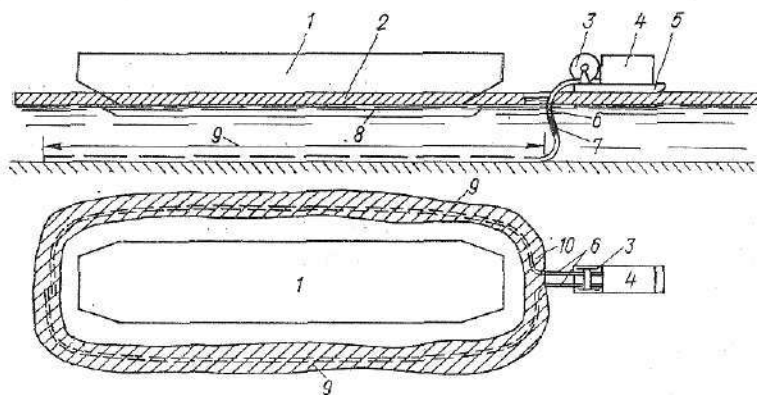


Рис. 49. Схема работы передвижной пневматической установки для поддержания майны:

1 — судно; 2 — ледяной покров; 3 — барабан для хранения трубопровода; 4 — компрессор; 5 — сани; 6 — подводная часть трубопровода; 7 — обратный клапан; 8 — ледяная чаша вокруг корпуса судна; 9 — перфорированная майна; 10 — майна.

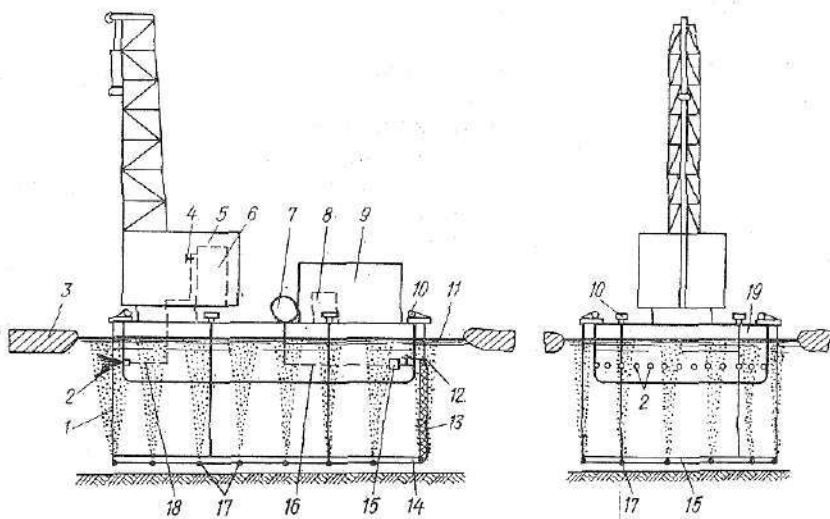


Рис. 50. Схема работы пневматической установки, оборудованной на плывучем копре:

1 — подвески воздухопровода; 2 — места выпуска пара для ускоренного таяния льда при передвижении копра; 3 — лед; 4 — задвижка; 5 — копер; 6 — паровой котел; 7 — ресивер; 8 — компрессор; 9 — компрессорная; 10 — кронштейн с лебедками для подъема и спуска воздухопровода; 11 — майна; 12 — фланец с сальником; 13 — гибкий шланг; 14 — перфорированный воздухопровод; 15 — обратный клапан; 16 — подводный воздухопровод; 17 — выпускные отверстия; 18 — паропровод; 19 — понтон.

Для монтажа полиэтиленовых труб выпускают различную арматуру (колена, тройники, крестовины и др.), обеспечивающую легкую сборку системы. Трубы между собой можно сваривать с помощью горячего воздуха при температуре около 250° С.

Для поддержания незамерзающих майн с помощью пневматических установок требуется определять расход воздуха на 1 м установки (табл. 153).

Таблица 151. Техническая характеристика пластмассовых труб [МН 1427—61]

Наименование показателей	Единица измерения	Трубы	
		винипластовые	полиэтиленовые
Удельный вес	г/см ³	1,35—1,40	0,92—0,93
Предел прочности при разрыве	кг/см ²	400—600	120—160
Относительное удлинение при разрыве	проц.	10—25	150—600
Предел прочности при изгибе	кг/см ²	1000—1200	120—170
Предел прочности при кручении	кг/см ²	470	—
Теплостойкость	град С	65	60
Удельная теплоемкость	кал/г·град	0,27—0,29	0,50—0,68

Таблица 152. Основные технические данные винипластовых труб [МРТУ 6-05-917—67]

Условный проход, мм	Наружный диаметр, мм	Рабочее давление до:			
		2,5 атм		6 атм	
		Толщина стенки, мм	Вес, кг	Толщина стенки, мм	Вес, кг
6	10	—	—	2	0,07
8	12,5	—	—	2,25	0,1
10	15	—	—	2,5	0,14
15	20	—	—	2,5	0,19
18	22	—	—	4,5	0,34
20	25	2	0,2	3	0,29
25	32	3	0,38	4	0,49
32	40	3,5	0,58	5	0,77
40	51	4	0,83	6	1,19
50	63	4,5	1,17	7	1,74
60	76	5	1,56	8	2,39
70	88	6	2,2	—	—
80	96	6,5	2,53	—	—
90	102	6,5	2,78	—	—
100	114	7	3,3	—	—
125	140	8	4,64	—	—
150	165	8	5,6	—	—

Примечание. Трубы изготовляют длиной 2—3 м.

Потери воздуха в системе можно принимать равными 0,12 м³/мч. Диаметр отверстий сопел принимают равным 1—2,5 мм. Для того чтобы облегчить выдавливание воды из трубопровода в момент запуска компрессора и уменьшить давление в этот момент в системе;

отверстия следует располагать с нижней стороны трубопровода. Благодаря этому увеличиваются также ширина водовоздушного факела, а следовательно, и ширина майны.

При расположении трубопровода под водой не исключена опасность засорения трубопроводов, в особенности сопел. В стальных трубах это связано с коррозией, поэтому следует применять оцинкованные, резиновые или пластмассовые трубы.

Таблица 153. Зависимость размеров майны от температуры воды и расхода воздуха пневматической установки [1]

Температура водоема на уровне расположения воздухопровода, град С	Расход воздуха на 1 м установки, л/мин	В зависимости от глубины погружения трубопровода H	
		шаг между отверстиями сопел, м	ширина майны, м
≥ 4	1—3	H	H
3	1,5—4	0,9 H	0,9 H
2	2,5—6	0,75 H	0,75 H
1	5—12	0,5 H	0,5 H
0,5	8—20	0,3 H	0,3 H

Если дно водоема сложено илистыми, легко взмучиваемыми грунтами, трубопровод следует размещать не ближе 0,5 м от дна.

При применении пластмассовых, резиновых, а иногда и металлических труб необходимо обеспечивать пригрузку против всплытия трубопроводов. Вес пригрузки при равномерном расположении ее вдоль трубы определяют по формуле

$$P \geq (785D^2 - P_T)l + V,$$

где D — наружный диаметр трубы, м;

P_T — вес 1 м трубы, кг;

l — длина трубопровода, м;

V — объем груза, л.

Для равномерной пригрузки применяют трос или вторую трубу, постоянно заполненную водой. В случаях, когда воздухопровод размещают не у дна, а на определенной глубине, его удерживают отдельными якорями и поплавками. Запас плавучести поплавок определяют по формулам:

если отверстия направлены вниз и имеется обратный клапан

$$W \geq (P_T - 785D^2)l_1;$$

если отверстия направлены вверх

$$W \geq P_T - 785(D^2 - D_1^2)l_1.$$

где D_1 — внутренний диаметр трубы, м;

l_1 — расстояние между поплавками, м.

Поддержание майны осуществляют также с помощью потокообразователей. У одних потокообразователей от вращения винта со ско-

ростью 500 об/мин образуется горизонтальная струя, которая, благодаря заглублению винта на 0,5 м, быстро выходит на поверхность, вовлекая в движение воду на ширине в несколько метров.

У других потокообразователей для перекачки глубинной воды на поверхность применяют пропеллерные насосы производительностью от 360 до 1500 м³/ч, к среднему патрубку которых прикрепляют на фланце приемную трубу длиной до 4,5 м.

**Техническая характеристика потокообразователя треста
Трансгидромеханизация**

Мощность электродвигателя, кВт	14
Тип электродвигателя	АО-63/4
Скорость вращения винта, об/мин	500
Размеры плота в плане, м	5×2,2
Вес установки, кг	1570

Установленный в прорубь потокообразователь в ледяном покрове толщиной 0,4—0,66 м поддерживает майну длиной 20—25 м и шириной 6 м за 16 ч непрерывной работы при температуре наружного воздуха —25—28° С.

При длительных низких температурах потокообразователи надежно поддерживают широкую (12—20 м) и длинную (40—65 м) майну. При наружных температурах в пределах 15—20° С ниже нуля достаточно включать потокообразователи в работу на 15—20 мин по 3—5 раз в смену. Включать установки в работу необходимо при появлении «сала» на поверхности майны.

Производительность и мощность потокообразователей определяют по формуле

$$Q = \frac{FS}{1000\gamma_w C(t_n - t_n)},$$

где Q — необходимый расход теплой воды, подаваемый потокообразователем, м³/ч;

F — площадь майны, м²;

S — теплоотдача, ккал/м²·ч;

γ_w — удельный вес воды, т/м³;

C — удельная теплоемкость воды (обычно 1000 ккал/т·град)

t_n — средняя температура воды на выходе из потокообразователя, град С;

t_n — средняя температура воды у ледяной кромки, град С.

Показатели теплоотдачи S для различного состояния поверхности водоема при температуре воздуха —20° С и скорости ветра 10 м/сек, ккал/м²·ч:

Открытая водная поверхность	546
Лед толщиной 5 см	230
То же, 10 см	178
» 10 см, прикрытый слоем снега 5 см	28
» 10 см, прикрытый слоем снега 10 см	27

Имея расход Q и задавшись напором установки H , получим формулу для расчета мощности потокообразователя

$$N = \frac{\gamma_b Q H}{102 \eta 3600},$$

где η — к. п. д. установки, принимаемый обычно 0,6.

3. Ведение подводных работ со льда

Преимущество ведения работ на водных преградах в зимнее время заключается в возможности использования ледового покрова для размещения необходимых устройств, механизмов и для перевозки грузов. Грузоподъемность льда зависит от его расчетной толщины. Для определения допустимой нагрузки на лед рекомендуется пользоваться формулой

$$P = \frac{A h^2 K S}{N},$$

где A — коэффициент, принимаемый равным 100 для колесных нагрузок, 125 — для гусеничных весом до 18 т и 115 — для гусеничных весом более 18 т;

h — наименьшая толщина льда (без снеговых образований), м;

K — температурный коэффициент, который учитывают при температуре воздуха ниже -12° . Значение K при температуре отрицательной $K = \frac{100 + T}{100}$,

где T — средняя температура воздуха за прошедшие трое суток (берется с положительным знаком);
положительной $K = 1 - 0,05n$,

где n — число дней с момента появления воды на льду;

S — коэффициент солёности воды, принимаемый для пресноводных водоемов равным 1, а для морской воды 0,7—0,8;

N — коэффициент запаса прочности льда (табл. 154).

Для пропуска единичных грузов по льду можно пользоваться данными табл. 155.

Груз, оставленный на льду, вызывает пластическую деформацию. Критический прогиб, при котором наступает провал, 12—15 см. До-

Таблица 154. Значения коэффициента запаса прочности льда N

Характеристика переправы	Состояние льда		
	ровный без трещин	сухие несквозные трещины до 3 см	мокрые сквозные трещины до 5 см
Нормальная	1,6	—	—
С пониженной прочностью	1,2	1,4	1,9
На пределе прочности	1,0	1,2	1,6

Таблица 155. Данные для безопасного пропуска единичных грузов по льду [23]

Вес груза $P_{\text{макс}}, \text{ т}$	Толщина морского льда, см	Толщина пресноводного льда при температуре от -1 до -20° C , см	Предельное расстояние от кромки льда, м
0,1	15	15	5
0,8	25	20	11
3,5	30	25	19
6,5	45	35	25
10,0	50	40	25
20,0	70	55	30
40,0	100	95	38

пускаемое время нахождения технических средств на одном месте можно вычесть по формуле

$$t = 200 \left[\frac{P_{\text{макс}} - P}{P_{\text{макс}} P} (Q + 1) \right]^3,$$

где $P_{\text{макс}}$ — максимальный допустимый вес груза при транспортировке по льду данной толщины (см. табл. 155);
 P — вес груза, для которого подсчитывается допустимое время стоянки, т;
 Q — коэффициент, зависящий от наличия снегового покрова при различных температурах воздуха.

Значение коэффициента Q

Стоянка на нерасчищенных от снега дорогах при любой температуре, если лед покрыт водой, на долговременных сооружениях, настилах, срубах, на расчищенном или частично расчищенном льду при температуре выше -5° 0
 Стоянка на очищенных от снега дорогах при температуре ниже -5° , на частично очищенных от снега дорогах при температуре ниже -10° 1
 Стоянка на очищенных от снега дорогах при температуре ниже -10° , на частично очищенных от снега дорогах при температуре -15° 2
 Кратковременная стоянка на очищенных от снега дорогах при температуре ниже -15° 4

В зимних условиях строительство подводных трубопроводов при достаточной толщине льда и при больших скоростях течения облегчается, но усложняются работы по сварке и нанесению изоляции. При температурах окружающего воздуха ниже -30° C производят предварительный подогрев шва и кромок общей шириной 200—250 мм до температуры 150—200° C. При температуре наружного воздуха ниже -20° C сварку выполняют по специальной технологии, которая должна учитывать величину зазоров между трубами, сушку труб, качество сварочных материалов и др. Грунтовку для нанесения на неподогретую поверхность труб готовят из битума БН-IV и авиабензина в соотношении по весу 1 : 2. Укладку трубопровода в траншею производят при температуре воздуха до -25° C . Устройство майн во льду выполняют механизированным способом в течение одного-двух дней непосредственно перед укладкой трубо-

провода в траншею. При размещении нагрузки у края майны или проруби допускаемую толщину льда определяют по формуле

$$\delta = 15\sqrt{P},$$

где δ — толщина льда, см;
 P — нагрузка, т.

Прокладка бронированных кабелей в свинцовой оболочке в зимнее время допускается при температуре не ниже -5°C . В случаях необходимости прокладывать кабель при температурах ниже допустимых производят предварительный подогрев кабеля на барабанах в специально оборудованных тепляках, в которых должна поддерживаться температура около 35°C в течение 35—40 ч.

В зимнее время прокладку кабелей выполняют, опуская их в воду со льда. Для этого во льду пробивают майну вдоль трассы перехода. На расстоянии 1—1,5 м от края укладывают дорожку из досок толщиной 25 мм. На них размещают кабель, который разматывается с таким расчетом, чтобы $\frac{2}{3}$ строительной длины его находились на руках размотчиков, а оставшаяся $\frac{1}{3}$ перемещалась по льду. Перед размоткой кабель подогревают. Растянутый на досках кабель утепляют соломенными матами и прогревают вторично, после чего укладывают под воду вручную. Под водой кабель принимает водолаз и укладывает в нужное положение. Подогрев кабеля продолжается в течение всего периода прокладки. Следует иметь в виду, что кабель после остывания уменьшается в длине. Поэтому нужно давать ему несколько большую слабины, чем летом.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Баланин, Б. С. Бородкин, Г. И. Мелконян. Использование тепла глубинных вод водоемов. М., «Транспорт», 1964.
2. Д. А. Барон. Междугородные кабельные линии связи. М., «Связь», 1969.
3. Б. В. Бобриков, И. М. Русаков, А. А. Царьков. Технология, организация и планирование строительства мостов. М., «Транспорт», 1967.
4. А. Я. Будин. Эксплуатация и долговечность портовых гидротехнических сооружений. М., «Транспорт», 1971.
5. Б. М. Вейнблат, И. И. Елинсон, Г. Н. Николаев, Л. М. Тауэр. Краны для строительства мостов и транспортных гидротехнических сооружений. М., «Транспорт», 1966.
6. Временные технические указания по ремонту бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений в зоне переменного уровня. М., «Транспорт», 1965.
7. Б. Ф. Горюнов, Ф. М. Шихиев. Морские порты и портовые сооружения. М., «Транспорт», 1970.
8. В. Б. Гуревич. Речные портовые гидротехнические сооружения. М., «Транспорт», 1969.
9. Л. К. Давыдов, А. А. Дмитриева, Н. Г. Конкина. Общая гидрология. Л., Гидрометеоиздат, 1973.
10. Н. Н. Джунковский, А. А. Каспарсон, Е. В. Курлович, Г. Н. Смирнов, А. Г. Сидорова. Порты и портовые сооружения, ч. II. М., Стройиздат, 1967.
11. М. Я. Елисеев, Н. П. Васильев. Проектирование и сооружение магистральных нефтепроводов в Западной Сибири. М., «Недра», 1967.
12. Единые правила безопасности при взрывных работах. М., «Недра», 1968.
13. Единые правила охраны труда на водолазных работах. М., «Транспорт», 1965.
14. В. С. Жданов и др. Эксплуатация гидротехнических сооружений. М., «Речной транспорт», 1961.
15. Н. П. Зелепукин, Л. М. Равинский, А. И. Харин. Справочник гидромеханизатора. Киев, «Будівельник», 1969.
16. П. И. Ильин, В. В. Петрошук, Г. Ю. Цейтлин, Г. И. Гришин. Организация и производство портовых гидротехнических работ. М., «Транспорт», 1972.
17. Инструкция по содержанию и ремонту балочных железобетонных мостов. М., «Транспорт», 1969.
18. Инструкция по обследованию и испытаниям мостов и труб. М., Оргтрансстрой. 1966.
19. Н. А. Кицак, К. А. Забела. Подводно-технические работы в строительстве. Киев, «Будівельник», 1970.
20. С. А. Компаниет, А. К. Поправко, А. А. Богородецкий. Проектирование тоннелей. М., «Транспорт», 1973.
21. С. И. Левин. Подводные трубопроводы. М., «Недра», 1970.
22. Н. М. Мадатов, В. Н. Зорбиди. Организация и технология подводного судоремонта. М., «Транспорт», 1973.
23. Н. М. Мадатов. Подводная сварка и резка металлов. Л., «Судостроение», 1967.

24. Наставление по контролю за качеством работ для инженерно-технических работников, занятых на строительстве мостов и труб. М., Оргтрансстрой, 1966.
25. А. В. Пахомов, В. В. Гончаров. Бетон и железобетон в гидротехническом строительстве. Киев, «Будівельник», 1974.
26. Подводные кабельные магистрали связи. Под редакцией Равича И. С. и Шарле Д. Л., М., «Связь», 1971.
27. Правила техники безопасности и производственной санитарии при производстве строительно-монтажных работ по постройке портовых гидротехнических сооружений. М., Оргтрансстрой, 1967.
28. Г. Л. Садовский. Ремонт судовых гидротехнических сооружений. М., «Транспорт», 1973.
29. Сборник технологических карт на подводно-технические работы. Разделы I—VIII. М., Гипроречтранс, 1970.
30. В. В. Соколов, П. П. Никитин. Подводное обследование транспортных сооружений. М., «Транспорт», 1970.
31. СНиП III-A. 11-70. Техника безопасности в строительстве. М., Стройиздат, 1970.
32. К. С. Силин, Н. М. Глозов. Опускные колодцы. М., «Транспорт», 1971.
33. Справочник специалиста аварийно-спасательной службы ВМФ Воениздат, 1963.
34. Техническая инструкция по производству землечерпательных работ. М., «Транспорт», 1968.
35. Технические указания по производству и приемке работ при возведении морских и речных портовых сооружений (ВСН 34/72). М., Оргтрансстрой, 1972.
36. Указания по производству работ при сооружении магистральных стальных трубопроводов. Вып. 9 и 10. М., ВНИИСТ, 1970.
37. Указания по организации труда при производстве строительно-монтажных работ. М., ВНИИОМТП, 1968.
38. Я. Х. Эстеров, Е. Ю. Бродов, М. И. Иванаев, Л. В. Дзасохова. Буровзрывные работы на транспортном строительстве. М., «Транспорт», 1966.
39. А. А. Ярустовский. Механическое оборудование шлюзов. М., «Транспорт», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ПОДВОДНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ	5
1. Виды обследования	5
2. Приборы и приспособления	7
РАСЧИСТКА ВОДОЕМОВ	18
1. Разборка металлических конструкций	18
2. Разборка железобетонных конструкций	19
3. Разборка ряжей	20
4. Извлечение камней и других предметов	21
5. Извлечение свай	23
6. Разборка шпунтовых ограждений	25
ПОДВОДНЫЕ БУРОВЗРЫВНЫЕ РАБОТЫ	26
1. Механические свойства горных пород	26
2. Взрывчатые вещества (ВВ)	26
3. Средства взрывания	28
4. Приборы для взрывных работ	29
5. Расчеты взрывных сетей	30
6. Организация и проведение буровзрывных работ	34
7. Виды взрывных работ	38
8. Безопасные расстояния	47
ПОДВОДНЫЕ ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ	51
1. Требования, предъявляемые к подводным земляным работам	51
2. Разработка грунта земснарядами	53
3. Разработка грунта гидромониторами	54
4. Размыв грунта винтами судов	55
5. Разработка котлованов грунтососами	60
6. Подводное скрепирование грунта	61
УСТРОЙСТВО ПОДВОДНЫХ ПОСТЕЛЕЙ	64
СТРОИТЕЛЬСТВО ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПОД ВОДОЙ	70
1. Требования, предъявляемые к материалам подводных сооружений	70
2. Плавающие краны, применяемые в строительстве	83
3. Подводное бетонирование	92
4. Установка массивов правильной кладки	97
5. Установка массивов-гигантов	102
6. Устройство оградительных сооружений откосного типа	107
7. Установка ряжей	110
8. Возведение причальных сооружений уголкового типа	111
9. Возведение сооружений на оболочках	114
10. Опускание колодцев	122
11. Шпунтовые стенки и ограждения	125
12. Свайные сооружения	129
13. Подводные части слипов и эллингов	133
14. Прокладка подводных тоннелей	144

РЕМОНТ СООРУЖЕНИЙ ПОД ВОДОЙ	148
1. Состав ремонтных работ	151
2. Ремонт бетонных и железобетонных гидротехнических сооружений	155
3. Восстановление опор мостов	157
4. Ремонтные работы на шлюзах	162
5. Цементация и силикатизация кладки	168
6. Ремонт деформационных швов массивных гидросооружений	171
7. Пробивка отверстий и окон в бетонных стенах	173
8. Очистка и окраска поверхностей под водой	173
УКЛАДКА И РЕМОНТ КАБЕЛЕЙ	176
1. Требования, предъявляемые к прокладке кабелей под водой	176
2. Материалы	178
3. Способы прокладки кабелей через реки	182
4. Прокладка морских кабелей	186
5. Ремонт кабелей	186
ПРОКЛАДКА ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	189
1. Классификация подводных трубопроводов	189
2. Трассировка подводных переходов	190
3. Технология прокладки подводных трубопроводов	190
4. Способы прокладки трубопроводов	201
5. Особенности прокладки трубопроводов на болотах	211
ПОДВОДНАЯ РЕЗКА И СВАРКА МЕТАЛЛОВ	217
1. Материалы для резки и сварки металлов	217
2. Оборудование	226
3. Кислородная резка	232
4. Электродуговая резка	233
5. Электрокислородная резка	234
6. Сварка	236
ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ	240
1. Методы борьбы с шугой	240
2. Способы устройства майн	242
3. Ведение подводных работ со льда	248
Л и т е р а т у р а	251

*Константин Алексеевич Забела,
Юрий Георгиевич Кушнiryuk*

ПОСОБИЕ ПО ПОДВОДНО-ТЕХНИЧЕСКИМ РАБОТАМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Редактор *Л. И. Шитова*
Переплет художника *В. Е. Лучко*
Художественный редактор *Н. С. Величко*
Технический редактор *Н. Г. Лиман*
Корректор *Л. А. Климчук*

БФ 10140. Сдано в набор 20.IX 1974 г. Подписано к печати 8.VII 1975 г. Формат 60×90^{1/16}. Бумага № 1, 16 печ. л., 17,66 уч.-изд. л. Зак. 595. Тираж 6000. Цена 1 руб. 10 коп.

Издательство «Будівельник», Киев, Владимирская, 24.

Книжная фабрика «Жовтень» республиканского
производственного объединения «Поліграфкнига»
Госкомиздата УССР, Киев, ул. Артема, 23а.