

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.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ростовский государственный строительный университет»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры
водоснабжения и водоотведения
" 28 " марта 2006 г.

ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД И ОСАДКОВ
Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине
"Водоотведение и очистка сточных вод"
Часть 1

Ростов-на-Дону
2006

Обеззараживание сточных вод и осадков: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию по дисциплине "Водоотведение и очистка сточных вод". Часть 1. -Ростов-на-Дону - Рост. гос. строит. ун-т, 2006. - 34 с.

В методических указаниях приведены теоретические основы и перечень оборудования для обеззараживания очищенных сточных вод очистных сооружений систем водоотведения наиболее распространенными методами: хлорированием, озонированием и ультрафиолетовым облучением, а также примеры расчета и подбора оборудования. Рассмотрены вопросы обеззараживания осадков сточных вод.

Предназначены для студентов всех форм обучения по специальности 290800 – "Водоснабжение и водоотведение".

Составитель доц., канд. техн. наук Л.А. Долженко

Редактор Н.Е.Гладких

Темплан 2006 г., поз. 189.

Подписано в печать 21.06.06.

Ризограф. Уч.изд.л. 2,1

Формат 60x84/16.

Тираж 100 экз.

Бумага писчая.

Заказ 667.

Редакционно-издательский центр Ростовского
государственного строительного университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая , 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2006

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время отмечается высокая степень бактериального загрязнения природных водоемов во многих странах мира. Многие инфекционные болезни передаются водным путем. Антропогенное загрязнение природных водоемов - источников водоснабжения зачастую обусловлено поступлением недоочищенных сточных вод. Поэтому предъявляют повышенные требования не только к качеству воды природных водоемов, но и к качеству сточных вод, сбрасываемых в водоем, как источнику их бактериального загрязнения. Очищенные сточные воды и образующиеся в процессе очистки осадки обладают высокими удобрительными свойствами. Обезвреживание патогенной микрофлоры в них является необходимым элементом для утилизации.

В настоящее время разработано большое количество методов обеззараживания очищенных сточных вод и осадков. Методы обеззараживания сточных вод условно можно разделить на три группы:

- химические (применение различных соединений хлора, озона, пероксида водорода, некоторых ионов металлов, бактерицидных электролитов, флокулянтов и катализаторов);
- физические (механические, термические, электрические (электроимпульсный разряд высокого напряжения, электрогидравлическое воздействие), электромагнитные);
- физико-химические (флотация, коагуляция, электрофильтрация, электрохимическая активация, сорбция).

На практике для обеззараживания сточных вод на городских очистных сооружениях обычно применяются хлорирование, озонирование и ультрафиолетовое облучение. Обеззараживание осадков рекомендуют выполнять окислительно-химическими, биологическими, физическими и гидравлическими методами обработки. Перечисленные методы обработки осадка используются на практике мало и не дают стабильной эффективности.

Выбор метода обеззараживания сточной воды производят, руководствуясь расходом и качеством обрабатываемой воды, эффективностью ее предварительной очистки, условиями поставки, транспорта и хранения реагентов, возможностью автоматизации процессов и механизации трудоемких работ. Интенсификация обеззараживания воды достигается сочетанием действия различных агентов. Так повышается эффективность обеззараживания, обусловленная их синергетическим эффектом, т.е. взаимоусилением отдельных воздействий от каждого из методов. Степень усиления в ряде случаев достигает величин 10^3 - для микроорганизмов. В настоящее время наиболее перспективными являются окислительные технологии Advanced Oxidation Processes (AOP), которые охватывают обширный диапазон физических и химических методов. Разложение окислителей с образованием радикалов, обладающих более высоким окислительно-восстановительным потенциалом, может быть достигнуто при использовании в качестве катализаторов ионов некоторых металлов.

1. Общие положения

1.1. Термины и определения

Обеззараживание - это обработка сточных вод и осадков с целью удаления из них патогенных и санитарно – показательных микроорганизмов.

Общие колиформные бактерии - грамотрицательные, не образующие спор палочки, продуцирующие альдегид на дифференциальных лактозных средах, не обладающие оксидазной активностью, ферментирующие лактозу или маннит с образованием кислоты и газа при температуре 37°C в течение 24—48 ч.

Термотолерантные колиформные бактерии - бактерии, обладающие всеми признаками общих колиформных бактерий и способные ферментировать лактозу до кислоты и газа при температуре 44°C в течение 24 ч. Указывают на недавно попавшее в воду фекальное загрязнение

ОМЧ - общее число микроорганизмов (мезофильных аэробов и факультативных анаэробов), способных образовывать на питательном агаре колонии при температуре 37°C в течение 24 ч

Колифаги - бактериальные вирусы, способные лизировать кишечную палочку и формировать зоны лизиса (бляшки) через 18 ± 2 ч при температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$ на ее газоне на питательном агаре.

БОЕ - бляшкообразующие единицы.

КОЕ – количество образующих единиц.

Мутаген – вещество, способное вызвать генетические изменения в живых организмах.

Канцероген – вещество, способное вызвать образование злокачественной опухоли (рака) у человека, животного.

Свободный хлор – хлор, присутствующий в воде в виде хлорноватистой кислоты, ионов гипохлорита или растворенного элементарного хлора.

Связанный хлор – часть общего хлора, присутствующего в воде в виде органических и неорганических хлораминов.

1.2. Требования, предъявляемые к качеству сточных вод и осадков по санитарным показателям

В целях охраны водных объектов от загрязнения не допускается сбрасывать в водные объекты сточные воды, которые содержат возбудителей инфекционных заболеваний бактериальной, вирусной и паразитарной природы. Сточные воды, опасные по эпидемиологическому критерию, можно сбрасывать в водные объекты только после соответствующей очистки и обеззараживания до числа термотолерантных колиформных бактерий КОЕ/100мл < 100 , числа общих колиформных бактерий КОЕ/100 мл < 500 и числа колифагов БОЕ/100 < 100 (СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов).

При использовании сточных вод для орошения необходимо выполнять следующие нормативы: число лактозоположительных кишечных палочек меньше 10000, число жизнеспособных геогельминтов, биогельминтов и цист кишечных патогенных простейших меньше 1 в одном литре каждый (Сан-ПиН 2.1.7.573—96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы).

Обезвреживание и обеззараживание осадка сточных вод может быть осуществлено одним из следующих способов:

- термофильным сбраживанием в метантенках или термосушкой;
- облучением инфракрасными лучами (камера дегельминтизации);
- пастеризацией при температуре 70°C и времени теплового воздействия не менее 20 минут;
- аэробной стабилизацией с предварительным нагревом смеси сырого осадка с активным илом при температуре 60—65°C в течение 2 часов;
- компостированием (с опилками, сухими листьями, соломой и торфом, другими водопоглощающими средствами) в течение 4—5 месяцев, из которых 1—2 должны приходиться на теплое время года, при условии достижения во всех частях компоста температуры не менее + 60°C;
- выдерживанием на иловых площадках в условиях:
 - I и II климатических районов в течение не менее 3 лет;
 - III климатического района - не менее 2 лет;
 - IV климатического района - не менее 1 года.

Сроки выдерживания осадков сточных вод для использования в сельскохозяйственных целях в качестве удобрения уточняются экспериментальным путем в научно-исследовательских учреждениях или учреждениях государственной санитарно-эпидемиологической службы на основании результатов лабораторных исследований, свидетельствующих об отсутствии в осадках жизнеспособных яиц гельминтов (аскарид, власоглавов, анкилостомид, онкосфер тениид, фасциол).

2. Хлорирование

Для обеззараживания сточной воды хлорированием используют хлорную известь, хлор и его производные, под действием которых бактерии, находящиеся в сточной воде, погибают в результате окисления веществ, входящих в состав протоплазмы клеток. Хлорирование является самым распространенным методом, так как хлор сравнительно недорогой продукт, не вызывает трудностей при использовании, активен и обладает широким спектром антимикробного действия, легко дозируется и контролируется. При наличии в хлорируемой воде аммонийного азота или азотсодержащих органических соединений (аминокислот) свободный хлор вступает с ними во взаимодействие, образуя хлорамины и другие хлорпроизводные. Хлор, присутствующий в воде в виде соединений с указанными веществами, рассматривают

как связанный активный хлор. Оба вида хлора могут существовать в воде одновременно.

Механизм действия хлорактивных соединений заключается в следующем. При введении в воду Cl_2 образуются хлорноватистая и соляная кислоты

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{HCl}.$$

Затем происходит диссоциация

$$\text{HOCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OCl}^-.$$

Химической активностью и бактерицидным действием обладают как недиссоциированные молекулы HOCl , так и OCl^- .

Несмотря на высокую эффективность в отношении патогенных бактерий, хлорирование при дозе остаточного хлора 1,5 мг/л не обеспечивает необходимой эпидемической безопасности в отношении вирусов и хлоррезистентной микрофлоры: хлорустойчивых форм *E.coli*, *Pseudomonodaceae*, *Klebsiellae*, *Proteae*, *Legionella*, относящихся к условнопатогенным и патогенным микроорганизмам. Другим негативным свойством хлорирования является образование хлорорганических соединений и хлораминов (в первую очередь монохлораминов). Хлорорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, способны аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и, в конечном счете, попадать в организм человека. При обработке воды хлорактивными соединениями, обнаружены и выделены побочные продукты, обладающие высокой генотоксичностью: тригалогенметаны, хлорфенолы и др. Еще один негативный фактор - даже небольшое количество остаточного хлора токсично для фауны водоемов. Кроме того, образующиеся хлорорганические соединения вызывают загрязнение рек на значительных расстояниях вниз по течению, практически не извлекаясь в процессе водоподготовки. Для снижения отрицательного воздействия остаточного хлора на экологию водоема – приемника необходимо дехлорирование, для этого используют аэрацию, активированный уголь, серосодержащие реагенты (двуокись серы и сульфиты натрия).

Для обеззараживания и очистки воды в основном используют сжиженный хлор, сохраняемый под давлением в специальной таре, а также реагенты, содержащие активный хлор - хлорная известь, гипохлориты кальция и натрия, хлорамины, диоксид хлора, а также активный хлор, получаемый методом электролиза на месте потребления.

Существенным недостатком метода обработки воды газообразным хлором является необходимость транспортировки и хранения больших объемов высокотоксичного жидкого хлора в баллонах, что представляет потенциальную опасность возникновения чрезвычайных аварийных ситуаций. В связи с этим в последние годы в России разработан и утвержден ряд нормативных документов, ужесточающих требования к условиям хранения и транспортировки соединений хлора [4].

Количество активного хлора, вводимого на единицу объема сточной воды, называется дозой хлора и выражается в граммах (г/м^3).

Для снижения *Coli*-форм на 99,9% требуются следующие дозы хлора:

- после механической очистки – 10 г/м^3 ;
- после механохимической очистки при эффективности отстаивания свыше 70% и неполной биологической очистки – 5 г/м^3 ;
- после полной биологической, физико-химической и глубокой очистки – 3 г/м^3 .

Доза активного хлора может быть уточнена экспериментально, контрольным условием при этом, является следующее количество остаточного хлора после 30-минутного контакта должно быть не менее $1,5 \text{ г/м}^3$.

2.1. Основные характеристики хлора и хлорреагентов

Жидкий хлор (Cl_2) - (с содержанием 96-98%) подвижная маслянистая жидкость желто-зеленого цвета, с точкой кипения при нормальном давлении - $33,6^\circ\text{C}$; удельный вес - $1,43 \text{ кг/л}$; теплоемкость - $0,2262 \text{ ккал/кг-град}$; коэффициент динамической вязкости при температуре 38°C - $0,005$. Согласно требованиям ГОСТ 6718-53 в хлоре должно содержаться не менее 99,5% Cl_2 (по объему); влаги - не более 0,06% (по весу). Растворимость хлора в воде при давлении 200 мм рт.ст. и температуре 0 и 10°C соответственно равна 2,6 и 2,1 г/л. При давлении 750 мм рт.ст. растворимость хлор-газа в воде 9,65 г/л. При снижении температуры насыщенной хлором воды из нее выпадают кристаллы гидратов хлора $\text{Cl}_2 \cdot 7,3 \text{ H}_2\text{O}$.

Диоксид хлора (ClO_2) - газ, содержит 90-95% активного хлора, является эффективным дезинфицирующим средством, обладает следующими преимуществами перед хлором: более высокий бактерицидный и вируцидный эффект, отсутствие в продуктах обработки хлорорганических соединений, высокая степень окисления (до образования CO_2) отсутствие необходимости перевозки на большие расстояния, поскольку изготовление производят на месте. Диоксид хлора обладает более длительным во времени бактерицидным действием (9-20сут.) чем хлор, независящим от температуры, pH, органических веществ, включая гуминовые вещества, содержания аммонийного азота в воде. Для стандартных условий обеззараживания режим хлорирования: доза - $0,1-0,5 \text{ г/м}^3$, продолжительность контакта - 5-10мин обеспечивает 100% инактивацию. 2% водный раствор ClO_2 получают взаимодействием 9% HCl и 7,5% хлорита натрия NaClO_2 - соответственно 0,5 и 1,7кг на 1кг активного хлора.

Товарный гипохлорит натрия (NaOCl) ГОСТ 11086-76 - прозрачная жидкость зеленоватого цвета, не содержащая взвешенных частиц. Поступает в гуммированных цистернах (6 т). Содержание активного хлора 100-185 г/л, щелочь в пересчете на NaOH - 10-20 г/л, железо общее - не более 0,07 г/л. Нашел применение на станциях любой производительности как более активный, чем хлор, в отношении вирусов дезинфектант, малотоксичный (IV класс токсичности), безопасный в эксплуатации и более простой в применении. Не взаимодействует с аммонийным азотом, оставаясь в форме свободного хлора,

обеспечивает более глубокое обеззараживание воды и упрощает контроль остаточного хлора. Основным побочный продукт NaOH (85-87%).

Товарный гипохлорит кальция ($\text{Ca}(\text{ClO})_2$) - гранулированное твердое вещество, содержащее от 30-45 до 54-72% активного хлора при наличии примесей NaCl- (10-16%), $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -(6-10%), CaCO_3 - (2%). Содержание активного хлора в продукте снижается при хранении на 3-5% в год. Дезинфицирующая способность гипохлорита кальция эквивалентна гипохлориту натрия. Он имеет те же эксплуатационные преимущества. Химическая формула гипохлорита кальция по ГОСТ 25263-22Е - $3\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot 2\text{Ca}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. В первом сорте содержание Cl_2 составляет 64% от массы технического продукта, во втором сорте- 52%. Представляет собой белый кристаллический порошок влажностью не более 2%. Поставляют и хранят его в таре. Гипохлорит кальция (хлорноватистый кислый кальций) нейтральный по ГОСТ 25263-82Е марки А содержит активного хлора не менее 72,0% (высший сорт), 64,0% (первый сорт) и 52,0% (второй сорт). Приготавливают (как и гипохлорит натрия) в затворном баке с мешалкой в виде концентрированного раствора (10%), разбавляют очищенной водой до концентрации активного хлора 0,5-2% в растворном баке, осветляют на фильтре с кварцевой загрузкой и дозируют с помощью насоса-дозатора.

Хлорная известь CaOCl_2 - гранулированное твердое вещество, содержит 25-30% активного хлора, гигроскопичная вследствие содержания CaCl_2 и нестойка из-за реакции гидролиза и распада под влиянием света и атмосферной углекислоты. Хранение допустимо только в неповрежденной стандартной упаковке, в закрытых складских помещениях, сухих, затемненных и хорошо вентилируемых при температуре воздуха не выше 20 °С. Установку для хлорирования сточной воды хлорной известью применяют на небольших станциях при расходе сточных вод до 1000м³/сут.

2.2. Обеззараживание жидким хлором

Установка для хлорирования имеет хлорное хозяйство, в том числе хлораторную и склад хлора, смеситель, контактные резервуары. Хлорное хозяйство должно обеспечивать возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза без изменения вместимости складов для реагентов.

Хлорное хозяйство следует располагать в отдельно расположенных хлораторных, в которых сблокированы расходный склад хлора, испарительная и хлордозаторная. Хлораторные размещают в пониженных местах территории очистной станции. Хранение и испарение хлора разрешается в специальных баллонах или контейнерах (табл.1,2).

Съем газообразного хлора с одного баллона составляет 0,5кг/ч. При суточном расходе хлора более трех баллонов предусматривают помещение для хранения трехсуточного запаса хлора. Месячный запас хлора хранится в расходном складе, размещаемом на площадке очистных сооружений в пониженной точке и удаленной от помещений, где постоянно находится обслужи-

вающий персонал. При использовании бочек съём хлора принимается 2,5-3 кг/ч с 1 м² поверхности жидкости.

Таблица 1

Технические характеристики газовых баллонов

Емкость баллона, л	Длина баллона, мм	Масса хлора, кг	Масса баллона с хлором, кг	Емкость баллона, л	Длина баллона, мм	Масса хлора, кг	Масса баллона с хлором, кг
20	770	25	49,0	40	1390	50	95
25	925	32,5	62,0	45	1545	55	103
30	1080	37,7	71,5	50	1700	62	115
36	1265	45	85,0	55	1855	68,2	126,3

Таблица 2

Технические характеристики газовых бочек – контейнеров

Объем бочки	500	800	1000
Масса тары, кг	428	660	970
Масса жидкого хлора, кг	640	1000	1250
Рабочее давление, кгс/см ²	15	15	15

Радиус опасной зоны для складов жидкого хлора принимается для складов хлора:

- а) в баллонах - 150 м;
- б) в контейнерах - 500 м;
- в) в танках - в пределах глубины распространения хлорного облака (определяется расчетом) с поражающей концентрацией.

Для локализации аварийных ситуаций на складах хлора, наполнительных станциях, в испарительных и хлораторных должна быть предусмотрена аварийная вентиляция, включающаяся автоматически по сигналу газоанализатора. Выбросы от аварийной вентиляции должны направляться в систему поглощения хлора. В стационарных системах поглощения хлора должны быть предусмотрены: резервирование используемых в системах вентиляторов, насосов, а также контроль проскока хлора через поглотительный аппарат. Включение системы аварийного поглощения хлора должно быть заблокировано с пуском аварийной вентиляции.

Производственные помещения без постоянных рабочих мест допускается не оборудовать общеобменными вентиляционными системами с искусственным побуждением. Снаружи у входа в помещение необходимо предусматривать световую сигнализацию о превышении уровня загазованности

хлором в помещении и включение аварийной вентиляции для проветривания помещения до концентрации хлора в воздухе помещения, удовлетворяющего санитарным нормам.

Для дозирования хлора принимаются автоматические вакуумные хлораторы. Расчетные расходы и напоры воды, подаваемой на хлоратор, и напор хлорной воды после него определяются по характеристикам хлоратора, а также по расположению его относительно точки ввода хлора. Количество резервных хлораторов принимается:

при 1 – 2 рабочих – 1;

при более двух – 2.

Для хлорирования сточной воды применяются хлораторы (рис.1), характеристики которых приведены в табл. 3.

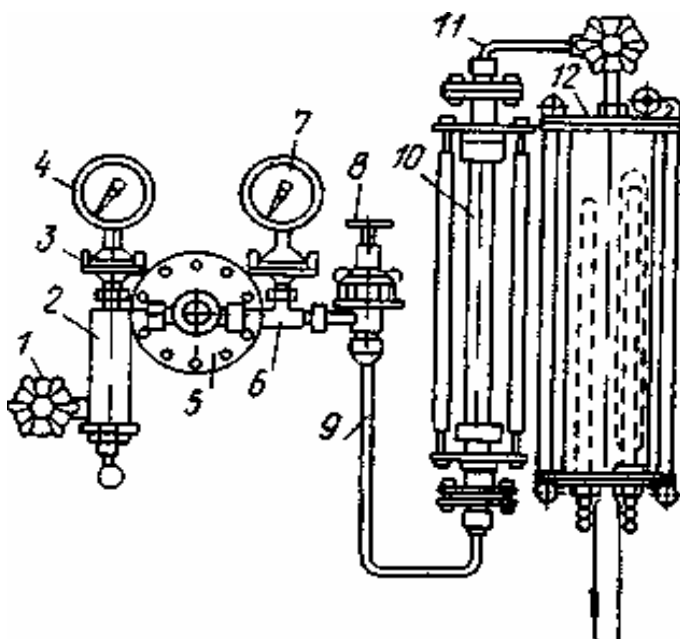


Рис.1. Хлоратор ЛОНИИ - СТО:

1 - запорный вентиль; 2 - фильтр; 3 - мембранная камера; 4 и 7 - манометры; 5 - редукционный клапан; 6 - тройник; 8 - регулирующий вентиль; 9,11 - соединительные трубки; 10 - ротаметр; 12 - смеситель хлоргаза с водой

После испарителя газообразный хлор проходит грязевик, фильтр и затем подводится через хлораторы к эжекторам индивидуального изготовления, в которые насосами-повысителями подается водопроводная вода. После этого хлорная вода отводится из хлораторной потребителю. Для обеззараживания сточных вод хлорная вода подается в одну точку.

Хлоропроводы для транспортирования жидкого и газообразного хлора должны быть выполнены из бесшовных стальных труб в количестве – не менее двух (один резервный). Если трубопровод хлор-газа расположен вне здания, на выходе из испарителя требуется установка вакуумного клапана, исключающего возможность конденсации газа при низкой температуре окру-

жающего воздуха. Трубопроводы жидкого и газообразного хлора изготавливают из стальных бесшовных труб диаметром до 80 мм, рассчитанных на рабочее давление 1,6 МПа. Внутри помещения хлоропровод размещают по стенам или эстакадам на кронштейнах, вне здания — на эстакадах, предусматривая защиту трубопровода от солнечных лучей.

Таблица 3

Характеристики хлораторов

Тип хлоратора	Производительность по хлору, кг/ч	Диаметр подводящего патрубка эжектора, мм	Габариты, мм
ЛОНИИ-100 с жидкостным измерителем	0,2-1,0	25	800x730x160
То же	1,0-5,0	25	
То же	2,0-10,0	50	
ЛОНИИ-100 с ротаметром	0,5-3	25	830x650x160
То же	1,0-5,0	25	
То же	2,0-10,0	50	
ЛК-10м	0,04-0,08	25	530x230x60
ЛК-10с	1,0-5,4	25	530x230x60
ЛК-10б	2,0-25,0	50	800x340x300
ЛК-10у	5,0-100,0	100	1230x640x300
ЛК-11	0,5-5,0	25	500x200x125
ЛК-12	1,8-25,4	100	760x280x350
АХВ	1,0 – 12,8 (до 24)	25 - 100	520x250x670

В хлораторных устанавливают дозаторы хлора с необходимой арматурой и трубопроводами. Хлораторные (хлордозаторные) могут находиться в основном корпусе станции либо в здании хлорного хозяйства. Помещение хлораторной должно быть отделено от других помещений глухой стеной без проемов и иметь два выхода, причем один из них через тамбур. Все двери должны открываться наружу, в помещении должна быть принудительная вытяжная вентиляция.

Трубопроводы хлорной воды выполняются из коррозионностойких материалов. В помещении трубопровод устанавливают в каналах в полу или на кронштейнах, вне здания — в подземных каналах или футлярах из коррозионностойких труб.

В ОАО ЦНИИЭП инженерного оборудования разработан проект хлораторной производительностью 25 кг/ч товарного хлора.

В табл. 4 приведены данные по хлораторным с хлораторами типа ЛО-НИИ—100 К, объединенные со складом хлора, разработанные «Росинжстройимпекс».

Таблица 4

Производительность хлораторной, кг/ч	Вместимость склада хлораторной, т	Тара для доставки жидкого хлора	Размеры здания, м
2	1,1	Баллоны	6x12
5	3,6	-	12x12
12,5	10	Контейнеры	12x18
20	16	-	12x27
25-30	20	-	12x30
50	36	Железнодорожные цистерны с розливом в контейнеры вместимостью 500; 800 и 1000л	12x36

Стоимость обычно применяемой тары (баллоны, бочки и контейнеры) для перевозки жидкого хлора на крупные хлораторные станции слишком высока, поэтому доставка хлора осуществляется в железнодорожных цистернах вместимостью до 50.

Для очистки воздуха из хлораторной применяют орошаемые скрубберы высотой не менее 3м при скорости движения воздуха не более 1,2м/с и интенсивности орошения $20\text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$. Орошение скрубберов производится водным раствором – 3% соды и 2% гипосульфита натрия.

Расходный склад хлора отделяется от других помещений глухой стеной без проемов на первом этаже или в подвале и оборудуется двумя выходами с противоположных сторон здания. В помещении склада необходимо иметь емкость с нейтрализационным раствором гипосульфита натрия для быстрого погружения аварийных контейнеров или баллонов.

Хлор, добавленный к сточной воде, должен быть тщательно перемешан с ней, а затем находиться в контакте со сточной водой не менее чем 30 мин, после чего количество остаточного хлора должно быть не менее $1,5\text{ г/м}^3$. При этом учитывается и время протока сточных вод в выпуске.

Смешение хлорной воды с очищенной сточной водой осуществляется в смесителях или происходит с помощью струйного эжектора в подающем трубопроводе. Смесители подразделяют на три типа: ершовые (при расходе сточных вод до $1400\text{ м}^3/\text{сут}$), типа лотка Паршаля (рис.2 и табл.5) и с пневматическим или механическим перемешиванием в виде емкости (время пребывания при максимальном расходе 10-15 мин).

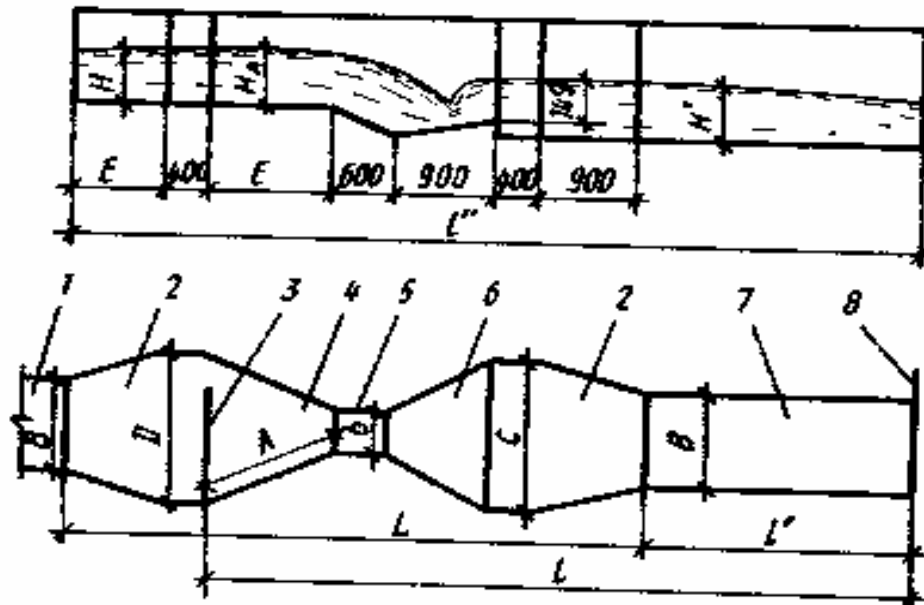


Рис.2. Смеситель типа «лоток Паршалья»:

1—подводящий лоток; 2—переход; 3—трубопровод хлорной воды; 4—подводящий раструб; 5—горловина; 6—отводящий раструб; 7—отводящий лоток; 8—створ полного смешения

Таблица 5

Пропускная способность, тыс. м ³ /сут	A	B	C	D	E	Ha	H'	H	L	l^I	l	l''	b
1,4 -4,2	1,35	0,3	0,55	0,78	1,32	0,29	0,26	0,32	5,85	1,7	4,7	7,17	0,23
4,2-7	1,35	0,45	0,55	0,78	1,32	0,40	0,38	0,42	5,85	4	7	9,47	0,23
7 - 32	1,475	0,6	0,8	1,08	1,45	0,65	0,6	0,66	6,1	7,4	11	13,63	0,5
32 -80	1,73	0,9	1,3	1,68	1,7	0,61	0,59	0,63	6,6	7,4	11	13,97	1
80 - 160	1,73	1,2	1,3	1,68	1,7	1	0,8	1	6,6	8,9	12,5	14,97	1
160 - 280	1,995	1,5	1,8	2,28	1,95	1	0,85	1,15	7,1	10,2	14	15,3	1,5

Контактные резервуары следует проектировать как первичные отстойники без скребков; число резервуаров предусматривается не менее 2. Допускается барботаж воды сжатым воздухом при интенсивности 0,5 м³/(м²ч). Размеры типовых контактных резервуаров приведены в табл.6, а чертеж—на рис.3.

Таблица 6

Техническая характеристика контактных резервуаров

Пропускная способность, тыс.м ³ /сут	Расчетный объем, м ³	Число отделений	Размеры отделения, м		
			ширина	длина	глубина
35	972	3	6	18	3,2
50	1350	3	6	24	3,2
50	1382	4	6	18	3,2
70	1729	3	6	30	3,2
70	1843	4	6	24	3,2
100	2534	4	6	33	3,2
140	3200	3	9	36	3,3
200	4200	3	9	48	3,3

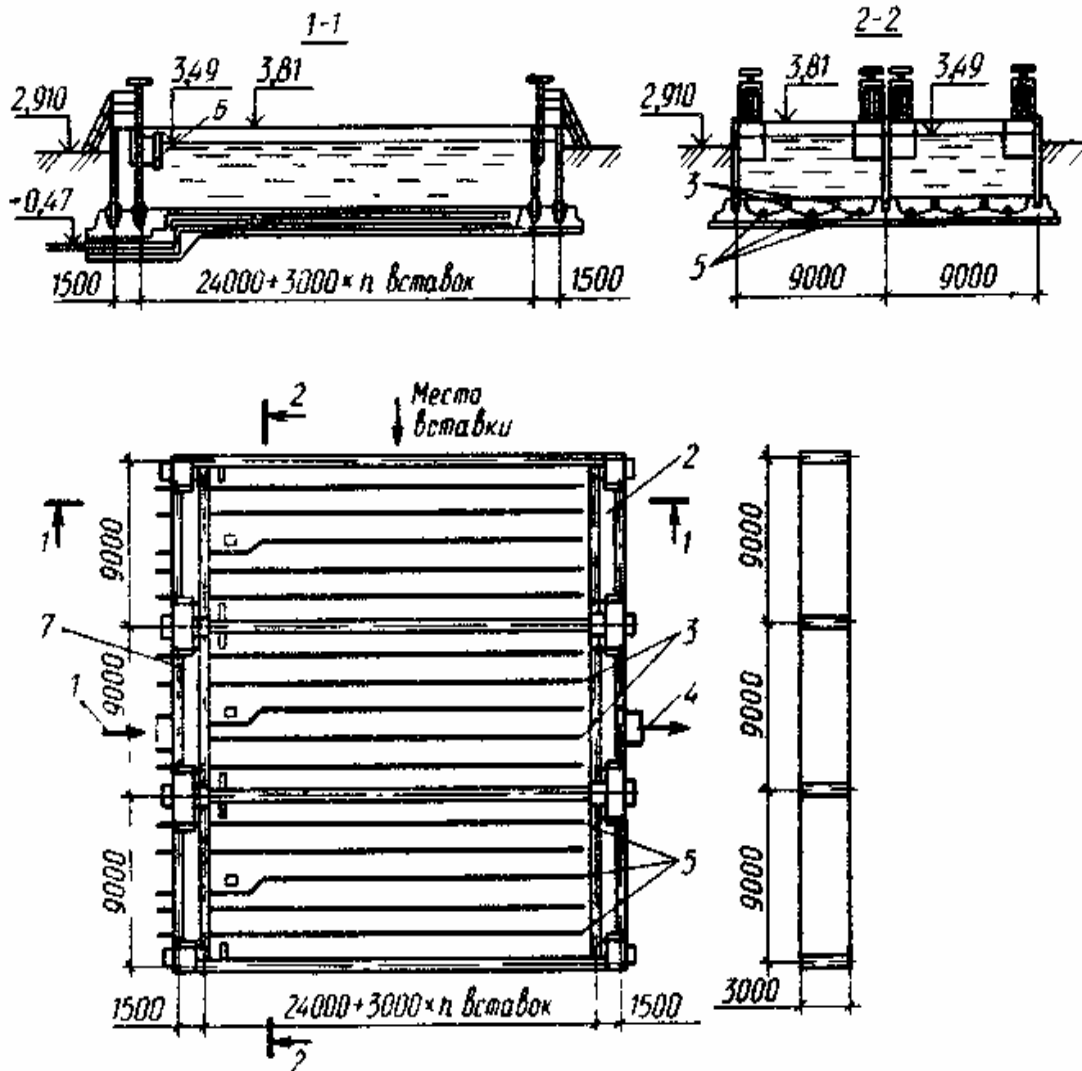


Рис. 3. Контактный резервуар:

1—подвод воды; 2— сборный канал; 3 — воздуховод; 4—отвод воды; 5 — трубопровод технической воды; 6 — струна направляющий щит; 7— распределительный канал

Разработан номенклатурный ряд типовых проектов контактных резервуаров ЦНИИЭП инженерного оборудования:

- ☞ 902-3-71.87. Контактные резервуары $V=3,0$ м (2 единицы);
- ☞ 902-3-12.81. Контактные резервуары $V=6$ м (2 секции). Пропускная способность 100 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$;
- ☞ 902-3-21.82. Контактные резервуары $V=6$ м (3 секции). Пропускная способность 3458 $\text{м}^3/\text{ч}$;
- ☞ 902-3-22.82. Контактные резервуары $V=6$ м (4 секции). Пропускная способность 4832 $\text{м}^3/\text{ч}$;
- ☞ 902-2-333.77. Контактные резервуары $V=9$ м (3 единицы). Пропускная способность 8400 $\text{м}^3/\text{ч}$;
- ☞ 902-2-334.79. Контактные резервуары $V=9$ м (4 единицы). Пропускная способность 11200 $\text{м}^3/\text{ч}$.

Для расчетной производительности сооружений 10000; 17000 и 25000 $\text{м}^3/\text{сут}$. разработана конструкция контактных резервуаров на две секции: ширина каждой 6 м, длина 9 м, рабочая глубина 3,1 м (рис.4). Дополнительно предусмотрена вставка длиной 3 м. Расчетная вместимость резервуаров (две секции) для рекомендуемого диапазона длин 9—18 м составляет 319—643 м^3 .

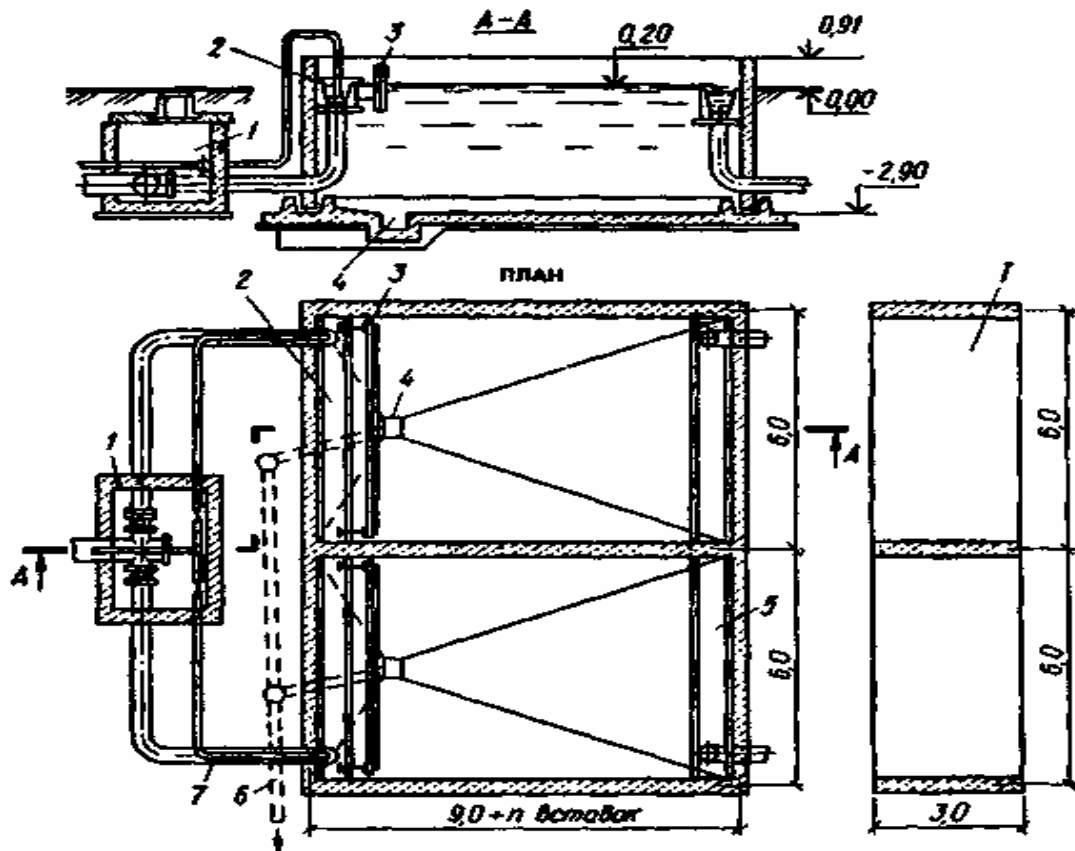


Рис. 4. Контактные резервуары шириной 6 м (две секции):

1 — распределительная камера; 2 — впускной лоток; 3 — струенаправляющий щит; 4 — прямик; 5 — сборный лоток; 6 — трубопровод опорожнения; 7 — воздуховод; I — вставка

При обеззараживании сточных вод после биологических прудов допускается выделять отсек для контакта сточных вод с хлором.

Осадок из контактных резервуаров удаляется раз в 5 - 7 сут перекачкой его в начало очистных сооружений. Интенсивность аэрации для барботажа во время удаления осадка $0,5 \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{ч})$. Количество осадка, л, выпадающего в контактных резервуарах, следует принимать на 1 м^3 сточной воды при влажности 98% следующим:

- после механической очистки 1,5
- после неполной биологической очистки в аэротенках. 0,5
- после полной биологической очистки:
- на биофильтрах..... 0,5
- в аэротенках..... 0,25.

Осадок удаляется периодически после слива отстоянной воды.

Пример 1. Рассчитать хлораторную установку на жидком хлоре и сооружения для смешения и контакта воды с хлором для очистной станции, работающей на полную биологическую очистку с аэротенками производительностью $20000 \text{ м}^3/\text{сут}$.

Средний секундный расход воды на очистную станцию

$$Q = \frac{Q_{ch/cen}}{24 \cdot 3600} = \frac{20000}{24 \cdot 3600} = 0,23 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Общий коэффициент неравномерности $K_{общ}=1,39$ [5]. Максимальный часовой расход

$$Q_{макс.ч.} = \frac{Q_{ср.сут} \cdot K_{общ}}{24} = \frac{20000 \cdot 1,39}{24} = 1158 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Принимаем дозу хлора для дезинфекции вод - $D_{хл} = 3 \text{ г/м}^3$. Расход хлора за 1 час при максимальном расходе

$$q_{хл}^ч = \frac{D_{хл} \cdot Q_{макс.ч.}}{1000} = \frac{3 \cdot 1158}{1000} = 3,47 \text{ кг}/\text{ч}.$$

В хлораторной предусматривается установка двух хлораторов ЛОНИИ-100 с ротаметром типа РС-5. Один хлоратор — рабочий, а другой — резервный.

Для обеспечения полученной производительности по хлору в 1 ч необходимо иметь баллонов-испарителей

$$n_{бал.} = \frac{q_{хл}}{S_{бал}} = \frac{3,47}{0,5} = 7 \text{ бал.}$$

где $S_{бал} = 0,5-0,7 \text{ кг/ч}$ —съем хлора с одного баллона. Принимаем баллоны объемом 20л, содержащими 25 кг жидкого хлора.

Предусматриваем две самостоятельные установки для испарения из баллонов и дозирования хлора. Одна из них является резервной.

В соответствии с действующими нормами для размещения оборудования и хлора в баллонах предусматривается строительство специального здания, состоящего из двух помещений: хлордозаторной и расходного склада хлора. Хлордозаторная оборудуется двумя выходами: один — через тамбур и

второй — непосредственно наружу (со всеми дверьми, открывающимися наружу). Расходный склад хлора изолируют от хлордозаторной огнестойкой стеной без проемов.

Баллоны-испарители хранятся в расходном складе хлора. Для контроля за расходом хлора на складе устанавливают двое циферблатных весов марки РП-500Т 13(м), на которых размещаются по семь баллонов. Каждые весы с баллонами являются частью двух самостоятельных установок для испарения и дозирования хлора, работающих периодически.

Всего за сутки будет расходоваться хлора $60:25 = 2,4$ баллона. Таким образом, в момент начала работы установки, когда на весах будет установлено 14 баллонов, запас хлора будет достаточен для работы в течение $14:2,4 = 5,8$ сут. При выработке газа из семи баллонов на одних весах запас хлора будет достаточен для работы в течение $7:2,4 = 2,9$ сут.

В хлордозаторной помещают два хлоратора ЛОНИИ-100 и два баллона (грязевика) емкостью 50 л. Каждый хлоратор, баллон (грязевик) и одни весы с баллонами-испарителями, расположенные на расходном складе, образуют самостоятельную технологическую схему для испарения и дозирования хлора, работающую периодически.

Хлордозаторная обеспечивается подводом воды питьевого качества с давлением не менее 300 кПа и расходом

$$Q_{\text{хл.вод.}} = q_{\text{хл.}} \cdot q_{\text{в}} = 3,47 \cdot 0,6 = 2,08 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где $q_{\text{в}} = 0,6 \text{ м}^3/\text{кг}$ — норма водопотребления в м^3 на 1 кг хлора.

Подача хлорной воды для дезинфекции сточной воды производится перед смесителем. Принимают смеситель типа «лоток Паршаля» с горловиной шириной 500 мм, потеря напора в котором равна $\Delta h = 0,2 \text{ м}$.

Для обеспечения контакта хлора со сточной водой запроектируем контактные резервуары по типу горизонтальных отстойников.

Их объем

$$V_{\text{к.р.}} = Q_{\text{макс.ч}} \cdot \frac{t_{\text{хл.}}}{60} = 1158 \cdot 30/60 = 579 \text{ м}^3,$$

где $t_{\text{хл.}} = 30 \text{ мин}$ — продолжительность контакта хлора со сточной водой [5].

При скорости движения сточных вод в контактных резервуарах

$V = 10 \text{ мм/с}$ [5], длина его

$$L = V \cdot T = 10 \cdot 30 \cdot 60/1000 = 18 \text{ м}.$$

Площадь поперечного сечения

$$\omega = W_{\text{к.р.}}/L = 579/18 = 32,2 \text{ м}^2.$$

При глубине $H = 2,8 \text{ м}$ и ширине каждой секции $b = 6 \text{ м}$, количество секций

$$N = \omega/b \cdot H = 32,2/(6 \cdot 2,8) = 2 \text{ шт.}$$

Количество осадка, выпадающего в контактных резервуарах, следует принимать на 1 м^3 сточной воды при влажности 98% для схемы очистки с аэротенками — 0,25 л.

Осадок удаляется периодически после слива отстоянной воды.

Количество осадка, образующегося в контактном резервуаре

$$W_{oc} = \frac{0,5 \times 1400}{1000} = 0,1 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Осадок удаляется в систему внутриплощадочной канализации.

2.3. Хлорирование воды порошкообразными хлорсодержащими реагентами и диоксидом хлора

На малых станциях и водоочистных установках (до производительности менее 3 тыс.м³/сут), часто целесообразно отказаться от использования жидкого хлора и применять твердые, порошкообразные вещества — хлорную известь и гипохлорит кальция. Эти вещества менее опасны в обращении, процесс их подготовки и подачи значительно проще — практически аналогичен применению коагулянта.

Использование традиционных хлорсодержащих соединений таких, как хлорная известь, гипохлорит кальция, хлорамины и др. технологически не сложно, однако для этого требуется слишком громоздкое оборудование, а сам процесс хлорирования имеет ряд недостатков: загрязнение обрабатываемой воды балластом, опасность при работе с сыпучими хлорсодержащими соединениями и др.

Товарный продукт CaCl_2O или $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ растворяют в растворном баке с механическим перемешиванием. Количество баков не менее двух. Затем раствор разбавляют в расходном баке до концентрации 0,5... 1 % и подают в воду дозаторами растворов и суспензий.

Учитывая коррозионную активность раствора, баки следует изготавливать из дерева, пластмассы или железобетона, из коррозионностойких материалов (полиэтилен или винипласт) должны быть также трубопроводы и арматура.

Диоксид хлора по сравнению с другими хлорактивными соединениями обладает значительными бактерицидными и вирулицидными свойствами в широком диапазоне pH, к тому же он быстро действует. При обработке воды диоксидом хлора процент оставшихся жизнеспособных клеток бактерий на порядок меньше, чем при применении хлора в той же концентрации при одинаковом времени контакта. Важным свойством диоксида хлора является то, что обработка воды диоксидом хлора практически не приводит к образованию хлорорганических соединений. Только при избыточном его внесении происходит формирование нелетучих органических соединений, хорошо сорбируемых активированным углем. Диоксид хлора можно использовать в случаях, неблагоприятных для дезинфекции воды хлором, а именно, при высоких значениях pH или в присутствии аммиака.

Однако способы получения диоксида хлора достаточно сложны, требуют специального оборудования и наличия квалифицированного персонала. Дороговизна получения диоксида хлора, его взрывоопасность, создающая

необходимость обеспечения определенных условий безопасности, а также токсичность его производных ограничивают применение для обеззараживания воды.

Диоксид хлора получают непосредственно на водоочистой станции хлорированием хлорита натрия NaClO_2 :



ClO_2 является ядовитым, взрывоопасным газом с интенсивным запахом, водный раствор ClO_2 практически безопасен. По сравнению с хлором, двуокись хлора имеет ряд преимуществ — более высокая бактерицидность в щелочной среде, более активно окисляет органические вещества, может разлагать фенолы, не придавая при этом воде хлорфенольного запаха, наличие в воде аммиака не снижает эффективности ClO_2 .

Узел получения и дозирования диоксида хлора приведен на рис. 5.

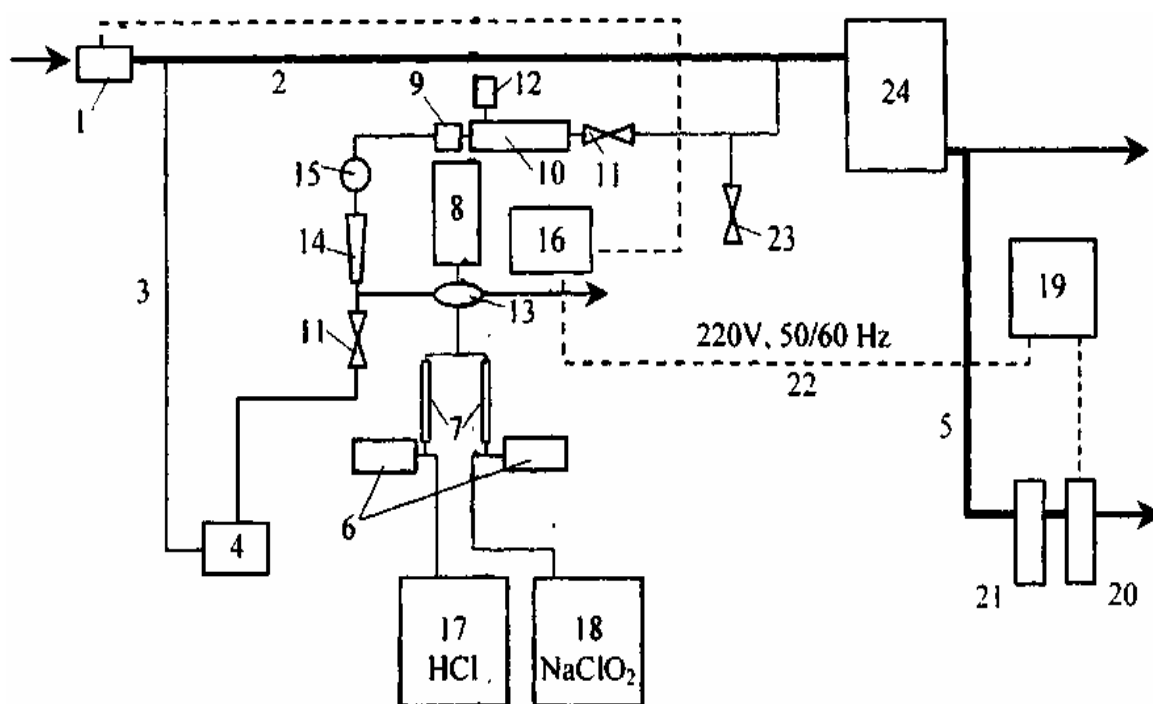


Рис. 5. Узел получения и дозирования диоксида хлора:

1 - водомер; 2 - водопроводная магистраль; 3 - байпасная линия (1-2 м³/ч); 4 - байпасный насос; 5 - трубопровод контроля расхода воды; 6 - соле-ноидный дозирующий насос; 7 - ротаметр; 8 - реактор; 9 - дозирующий вен-тиль; 10 - смеситель; 11 - запорный вентиль; 12 - вентиляционная труба; 13 - всасывающее устройство; 14 - байпасный регулятор; 15 - обратный клапан; 16 - контроль с передачей уровня на дисплей; 17 - HCl; 18 - NaClO₂; 19 - блок измерения Cl₂; 20 - датчик Cl₂; 21 - монитор значений расхода воды; 22 - скользящий контакт; 23 - промывной вентиль; 24 - контактная емкость (про-должительность 10-15 мин)

Пример 2. Рассчитать установку для обеззараживания и сооружения для смешения и контакта для очистной станции, работающей на полную биологическую очистку с биофильтрами производительностью $200\text{ м}^3/\text{сут}$. В качестве обеззараживающего реагента использовать гипохлорит кальция. Предусмотреть обеззараживание сточной воды в сбросном трубопроводе.

Принимаем дозу хлора для дезинфекции вод - $D_{\text{хл}} = 3 \text{ г/м}^3$. Расход хлора за 1 час при максимальном расходе

$$q_{\text{сеп}}^{\text{ч}} = \frac{D_{\text{хл}} \cdot Q_{\text{макс.ч}}}{1000} 1,5 = \frac{3 \cdot 8,3 \cdot 1,5 \cdot 24}{1000} = 0,9_{\text{кг}} / \text{сут}.$$

При использовании гипохлорита кальция (хлорноватистый кислый кальций нейтральный по ГОСТ 25263-82Е марки А первого сорта содержание активного хлора не менее 64,0%), его суточная потребность составит

$$0,9/0,64 = 1,4_{\text{кг}}/\text{сут}.$$

Месячный запас хлорреагента составит

$$1,4 \cdot 30 = 42 \text{ кг}.$$

Предусматриваем хранение месячного запаса гипохлорита кальция в металлической бочке объемом 50 кг в помещении хлораторной.

Для приготовления раствора гипохлорита кальция используем пластмассовые емкости $V \sim 60 \text{ л}$ (две емкости). Крепость приготавливаемого 1 раз в сутки раствора.

$$1400/60 = 23,3 \text{ г/л} = 2,33\%.$$

Перемешивание раствора осуществляем вручную ввиду малых объемов.

Для дозирования примем плунжерные насосы НД 1.010/100 К 14А(В) (1 рабочий+1 резервный).

Раствор гипохлорита кальция поступает в камеру смешения перед контактным резервуаром (требуемое время контакта – 0,5 часа). Расчет контактного резервуара приведен в предыдущем примере 1.

2.4. Электрохимический способ получения гипохлорита натрия

На водоочистных станциях, где суточный расход хлора не превышает 50 кг, и транспортировка, хранение и подготовка токсичного хлора связаны с трудностями, можно для хлорирования воды использовать гипохлорит натрия NaClO . Данный реагент получают на станциях в процессе электролиза раствора поваренной соли.

Электрохимический способ получения гипохлорита натрия основан на получении хлора и его взаимодействии со щелочью в одном аппарате — электролизере. При электролизе раствора NaCl в ванне без диафрагмы на аноде идет разряд ионов хлора. В процессе работы электролизной установки образуется многокомпонентный раствор хлоркислородных гидропероксидных оксидантов, который экологически чист, химически активен, универсального применения для обеззараживания сточных вод. Обработка сточной

воды гипохлоритом натрия по стоимости практически равноценна обработке хлором и в 1,5 - 2 раза дешевле, чем обеззараживание хлорной известью.

При обработке воды электролизом в интервале рН 6-9 основные дезинфицирующие и окисляющие соединения - HClO , OCl^- , NH_2Cl в присутствии аммонийных соединений. Однако при обработке воды электрохимическим методом на микроорганизмы действуют не только продукты электролиза, но и электрическое поле, в котором они пребывают, а также контакт с поверхностью электродов. Обеззараживающий эффект при такой обработке выше, чем при воздействии химического реагента.

Преимущество получения гипохлорита натрия электролизом на месте потребления заключается в том, что сохраняются все достоинства метода хлорирования газообразным хлором при отсутствии необходимости транспортировки и хранения токсичного газа. К недостаткам метода следует отнести значительные энергозатраты, отсутствие в настоящее время дешевых и эффективных электродных материалов, необходимость в выпрямительной технике. Кроме того, применение гипохлорита натрия, получаемого электролизом поваренной соли, ведет к увеличению концентрации хлоридов в обрабатываемой воде с 13-25 до 350-1100 мг/л.

Принципиальная схема получения электролизного гипохлорита натрия предусматривает использование рафинированной (99,8%) поваренной соли в виде первоначального рассола концентрацией 200-310 г/л, разбавленного перед электролизерами умягченной подогретой технической водой до солевого раствора 20-40 г/л. Вариантом является использование минерализованной воды с концентрацией NaCl до 2 г/л с жесткостью менее 7 мг-экв/л. Установки работают в периодическом или проточном режимах.

Электролизная установка состоит из бака концентрированного раствора соли (растворного бака), электролизной ванны (электролизера), бака-накопителя раствора гипохлорита, выпрямителя и блока управления.

Растворных баков должно быть не менее двух, их суммарный объем должен обеспечить бесперебойную работу установки в течение 24 ч. При мокром хранении соли объем растворных баков принимается из расчета 1,5 м на 1 т соли. Допускается хранение соли на складе в сухом виде, причем толщина слоя соли не должна превышать 2 м.

В растворном баке изготавливается раствор, близкий к насыщенному — 200... 310 г/л. Для перемешивания применяют механические устройства и циркуляционные насосы.

Электролизеры могут быть проточного или непроточного типа. Наиболее широко используют последние. Они представляют собой ванну с установленным там пакетом пластинчатых электродов. Электроды, как правило, графит, присоединенный в сеть постоянного тока.

В межэлектродном пространстве электролизера непроточного типа плотность электролита в результате его насыщения пузырьками газа будет меньше, чем в остальном объеме ванны, поэтому будет происходить циркуляция раствора — между электродами восходящее, в остальной ванне нисхо-

дящее течение электролита. Циркуляция продолжится до полного электролиза всего раствора поваренной соли. Затем электролизная ванна опорожняется и заполняется новой порцией раствора NaCl .

При работе электролизера необходимо свести к минимуму распад образованного NaClO . Для этого следует процесс электролиза проводить при низкой температуре и большой плотности тока на аноде, воздержаться от перемешивания электролита в ванне.

ОАО НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды АКХ им. К.Д. Памфилова совместно с ПКБ АКХ разработаны и серийно выпускаются заводом «Коммунальник» электролизные установки ЭН непроточные с графитовыми электродами пропускной способностью до 100 кг/сут по активному хлору (рис. 6).

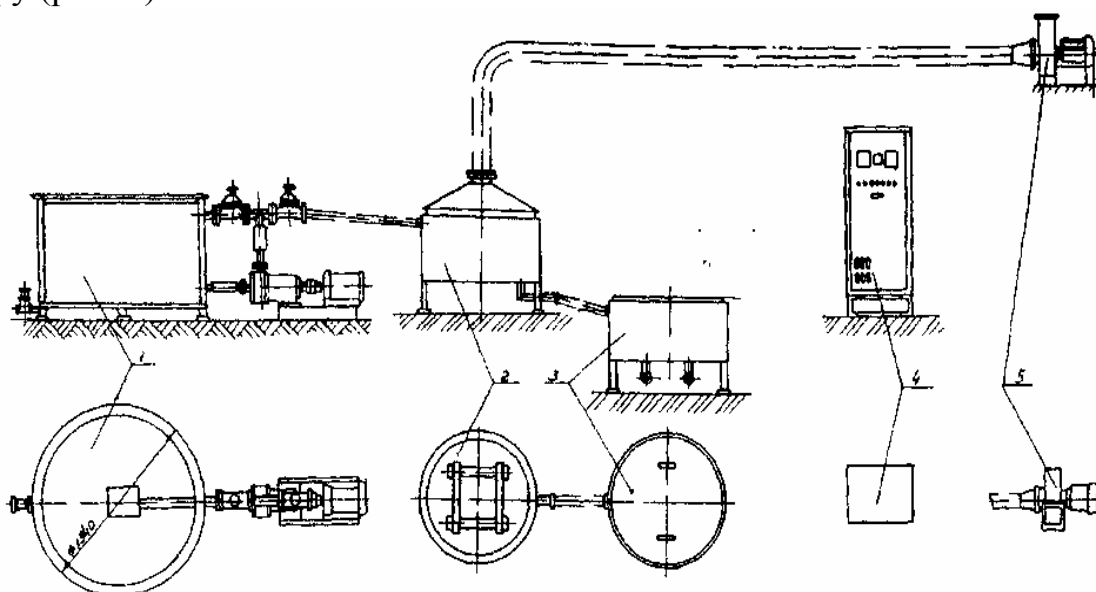


Рис.6. Конструктивная схема электролизной установки ЭН-25:

1 - бак для приготовления раствора NaCl ; 2 - электролизер; 3 - бак-накопитель гипохлорита натрия; 4 - шкаф управления; 5 - вентилятор

Состав установок стандартный: бункер-сатуратор для получения концентрированного раствора NaCl с автоматическим контролем уровня, бак разбавленного рабочего раствора, бездиафрагмовые электролизеры, насос-дозатор разбавленного раствора, емкость для накопления гипохлорита натрия (также с автоматическим контролем уровня), насос-дозатор раствора NaClO (концентрацией 6-8 г/л) в обрабатываемую воду, узел умягчения и подогрева технологической воды, трансформатор, выпрямитель, пульт управления, система вентиляции, узел периодической промывки от отложений в электролизерах 3% раствором HCl . Получаемый гипохлорит натрия не требует особых мер предосторожности при хранении в емкости, рассчитанный на 24 часовую работу дозирующего насоса. При заполнении емкости автоматически прекращается подача электроэнергии и раствора.

Технические характеристики электролизных установок приведены в табл.7.

Таблица 7

Параметры	Значения параметров электролизеров					
	ЭН-1,2	ЭН-5	ЭН-25	ЭН-100	«Поток»	«Каскад»
Производительность по акт. хлору, кг/сут	1,2	5	25	100		
Производительность, м ³ /ч	-	-	-		15-150	2-2,5
Сила тока, А	55-65	55-65	130-140	400-450	600	30
Напряжение, В	40-42	40-42	55-65	220-230	6-12	6-12
Номинальная мощность, кВт	До 3	До 3	До 8,4		До 7	До 3,5
Концентрация акт. хлора в растворе, г/л	6-7	7-8	12-14			
Расход на 1 кг акт. хлора, соли, кг электроэнергии, кВт ч	12-15	12-15	8-10	8-9	-	-
	7-9	7-9	8-10	10-12		
Объем ванны, м ³	0,035	0,35	1	2,9	1,28	0,18
Производительность активного хлора за один цикл, кг	0,5-0,25	2,4-2,6	10-12		-	-
Продолжительность цикла, ч	0,75-0,9	7-8	10-12	5-6	—	—
Число циклов в сутки	2-4	2	2	4	-	"

Сущность прямого электролиза заключается в непосредственном хлорировании пресной природной воды за счет разряда на аноде хлорид-ионов, присутствующих в воде. Этот метод рекомендован для хлорирования воды, содержащей > 20 мг/дм³ хлоридов.

Установки прямого электролиза для получения дезинфицирующих соединений из минерализованной воды могут быть рекомендованы для канализационных очистных сооружений, расположенных в приморских населенных пунктах или для вод с повышенной минерализацией. Высокое бактерицидное действие активного хлора, получаемого электролизом воды Каспийского моря, является результатом наличия в морской воде значительного количества сульфат-ионов, вследствие чего, помимо гипохлорита натрия, образуются серосодержащие соединения, также обладающие бактерицидным действием. При получении гипохлорита натрия из морской воды, расход которой составляет 4 л на 1 м³ сточной воды, затрачивается до 3 кВт-ч электроэнергии.

Схема установки типа «Каскад», работающей по принципу прямого электролиза очищенных и минерализованных сточных вод, приведена на рис.7.

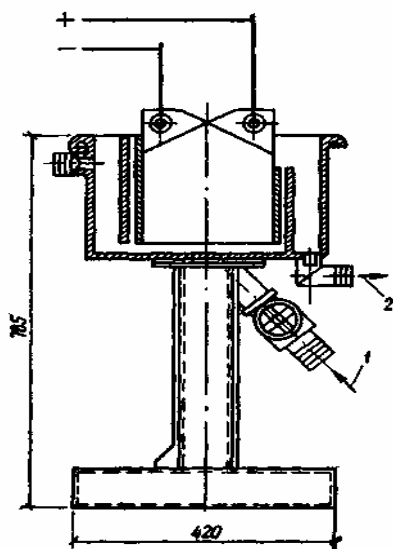


Рис. 7. Блок обеззараживания установки типа «Каскад»:

1 — трубопровод для подачи сточной воды на обеззараживание; 2 — труба для отвода обеззараженной сточной воды

Машиностроительный завод «Коммунальник» (г.Москва) выпускает также следующие конструкции электролизных установок.

Электролизная установка АГД-150 предназначена для получения раствора гипохлорита натрия непосредственно на месте потребления. При номинальной производительности (12-14 часов в сутки) загрузка солерастворителя производится через каждые 2-3 дня. В установке используются титановые электроды с окисно-рутениевыми анодами (ОРТА) со сроком эксплуатации до следующего покрытия до 3-5 лет. Периодическая очистка электродов от отложений производится без демонтажа электролизеров и без использования специального кислотного контура каждые 2-3 месяца непрерывной эксплуатации.

Технические характеристики:

- производительность по активному хлору – до 150 г/ч;
- удельные затраты электроэнергии - 7кВт.ч/кг хлора;
- удельные затраты соли- 5 кг соли/кг хлора;
- напряжение питания - 24В;
- потребляемый ток – 2х24А;
- потребляемая мощность – 1,2кВт;
- режим работы - непрерывный;
- габаритные размеры – 950х550х1450мм;
- масса (без выпрямителя) - 55кг;
- занимаемая площадь – 0,5м².

Электролизная установка ЭН-25М включает в комплекте: электролизер с кассетой электродов и водяным теплообменником, бак-накопитель, растворный узел с насосом, выпрямитель.

Технические характеристики:

- производительность по активному хлору, 1,2кг/ч;
- концентрация активного хлора в растворе, 10-12г/л;
- напряжение питания при частоте 50 Гц, 380В;
- линейный ток, 130/140А;
- рабочее напряжение в ванне, 55-60 В;
- потребляемая мощность не более, 13кВт;
- режим работы - циклический;
- продолжительность одного цикла, 5,5-6,0 ч;
- рекомендуемое количество циклов 4;
- удельные затраты соли, 8-10кг соли/кг хлора;
- удельные затраты электроэнергии, 10кВт. ч/кг хлора;
- масса не более, 925кг.

Установка проточного типа "Поток М" предназначена для обеззараживания прямым электролизом очищенных сточных вод с содержанием хлоридов не менее 20 мг/л и жесткостью не более 5мг экв/л. Установку целесообразно применять на водоочистительных комплексах производительностью до 5400 м³/сут.

Технические характеристики:

- тип электролизера – проточный;
- режим работы – непрерывный;
- производительность (в зависимости от содержания хлоридов в воде) - 10-200 м³/ч;
- потребляемая мощность - не более 9кВт;
- напряжение питания - 380В;
- масса установки - 455кг.

Технологию получения электролизного гипохлорита натрия из поваренной соли широко применяют фирма "OSEC" (Великобритания), АО "Трейлигаз-Рус" (Франция) на станциях любой производительности, фирма Электро Селл (Швеция, фирма "САР" (г. Москва) с использованием установок производительностью соответственно до 48 и 42 кгСl/сут, фирма "Юпитер" (г. Санкт-Петербург), ООО «НПП"Экофес"» (г.Новочеркасск) и др.

Ячейки электролизера зарубежных установок имеют трубчатую конструкцию диаметром 150-200 мм, длиной 1200 мм, соединяемую последовательно до 4 шт. В каждой ячейке количество анодов и катодов не более 27 шт. в виде параллельных пластин с минимальным зазором 0,7 мм. Аноды выполнены из титана с покрытием из рутения (ОРТА), катоды - из нержавеющей стали или материала ХАСТЭЛОЙ (Франция). Производительность зарубежных действующих установок от менее 2 до 37,8 кг/ч (на расход воды до 450-600 тыс.м³/сут).

ИПФ "САР" выпускает установки С-5, "ХЛОРЕЛ-2000". Электролизеры в предлагаемых конструкциях выполнены биполярными с титановыми электродами, анодное покрытие — ОРТА.

Установка "ХЛОРЕЛ-2000" — состоит из трубчатого электролизера, соединенного с электролизной емкостью посредством трубопровода, электролизные газы, образующиеся в процессе электролиза, используются для организации газолифта, с помощью которого происходит циркуляция электролита.

В табл. 8 дано сопоставление характеристик шведской и отечественной установок аналогичной производительности.

Таблица 8

Характеристика установки	ХЛОРЕЛ-2000, Россия	Chlor-o-sabe, Швеция
Максимальная производительность по активному хлору, кг/сут.	48	42,2
Расход 0,6-0,8% раствора NaClO по активному хлору, г/л	250, периодический, 6 циклов в сутки по 4 часа	236,5, непрерывный
Концентрация NaClO по активному хлору, г/л	8	6
Концентрация рассола NaCl, г/л	120	310
Поток рассола NaCl, г/л	83,3	16,5
Концентрация разбавленного раствора NaCl, г/л	40	20-30
Расход NaCl на 1 кг активного хлора, кг	5	2,9
Рабочее напряжение на электродах, В	27-32	6
Рабочий ток, А (max)	250	1000
Потребляемая мощность, кВт	7-8	10
Удельный расход электроэнергии на 1 кг активного хлора, кВт ч	4-8	5,7
Удельный расход воды на 1кг Cl ₂ , л	250	134,4
Температура подогрева воды, °С	15-25	10-25
Габаритные размеры электролизера, м	1.65x1,95x1, 02	
Масса, кг	250	
Себестоимость установки, \$	9000	

Модульное исполнение "ХЛОРЕЛ-2000" позволяет комплектовать варианты производительностью от 8 до 100 кг активного хлора в сутки (100 тыс. м³/сут).

Характеристики одного модуля:

производительность - 2 кг акт хлора/ч;

производительность за цикл (4 ч) - 8 кг акт хлора;

потребляемая мощность - 8 кВт.;

габаритные размеры одного модуля - 1,65x1,98x1,02 м.

Установки С-5 комплектуются электрод-кассетой погружного типа, источником питания, электролизной емкостью (табл.9).

Таблица 9

Марка	Производительность, ГПХН, л/ч	Потребляемая мощность, кВт	Габаритные размеры, м
С-5-30	4	0,2	0,3x0,4x0,2
С-5-120	10,5	0,6	0,5x0,6x0,8
С-5-400	50	3,0	0,6x0,8x0,9

ООО «НПП "Экофес"» выпускает и монтирует аппараты проточного и непроточного типа. В качестве катодов используется титан, а анодов — ОР-ТА. Удаление электролизных газов за пределы помещения по трубопроводам из полипропилена естественное. Попаданию этих газов в помещение препятствует система гидрозатворов. Встроенная в блок питания система автоматического регулирования контролирует такие параметры, как напряжение на электродах, сила тока, температура и время процесса электролиза, уровень раствора в баках, работа вентилятора охлаждения блока питания. Отличительная особенность подготовки солевого раствора - декарбонизация, а не на умягчение, что позволяет несколько повысить выход активного хлора.

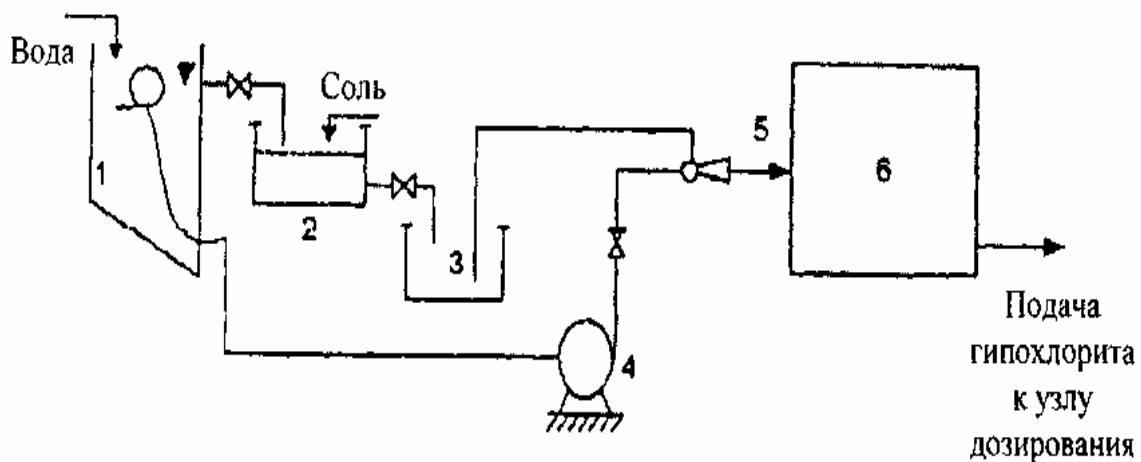


Рис.8. Принципиальная схема электролизной установки "Хлорэфс" УГ-7:

1 — декарбонизатор, 2 — солерастворитель, 3 — мерник насыщенного солевого раствора; 4 — насос, 5 — эжектор, 6 — электролизная установка

Электролизная установка включает в себя три узла:

- приготовления солевого раствора;
- получения раствора гипохлорита натрия;
- дозирования гипохлорита натрия.

Основные технико-экономические характеристики электролизеров "Хлорэфс" приведены в табл.10.

Таблица 10

Производительность по акт. хлору, кг/сут	Тип электролизера	Продолжительность цикла, ч	Концентрация исх. раствора NaCl, г/л	Рабочий ток, А	Концентрация акт хлора, г/л
До 0,5	Непр.	Не более 2	40—45	28	7
До 1,0	-	12	35—45	23	8—9
Не менее 3,0	ПР	—	23—30	55	3,9—4,5
Не менее 7,0	-	—	23—30	100	3,9—4,5

В зависимости от типа аппарата и выбора режима работы фактические удельные расходы на 1 кг активного хлора составляют по соли 3,9—6,6 кг/сут, по электроэнергии 3,9—8,0 кВт/кг.

НПК «Эколог» по заказу ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» разработал, изготовил и внедрил электролизеры типа АОХ для получения гипохлорита натрия (табл.11). Типоряд электролизеров НПК «Эколог» представлен установками различной производительности по воде: от 1000 до 100000 м³/сут.

Основные технические характеристики электролизеров НПК «Эколог» типа АОХ-2 приведены в табл. 11.

Таблица 11

Тип электролизера	Производительность по активному хлору, г/ч	Мощность блока питания, кВт	Объем электролизера, л	Расход солевого раствора, л/ч
АОХ-2-1	500-700	6	35	90
АОХ-2-2	1000-1500	12	50	200
АОХ-2-1М	6000-8000	24	80	1000
АОХ-2-2М	16000	60	150	2000

Специалистами фирмы "Юпитер" создан типовый ряд проточных электролизеров (ЭЛП) производительностью от 0,1 до 10 кг активного хлора в час с получением обеззараживающего раствора из поваренной соли, морской воды и минерализованной сточной воды (табл. 12).

Таблица 12

Наименование установки	Производительность, кг/сут	Электрическая мощность, кВт	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
ЭЛП-0,5	12	2,5	350x350x1000	20
ЭЛП-1,0	24	5,0	350x350x1400	25
ЭЛП-2,0	48	10,0	350x350x1500	50
ЭЛП-3,0	72	15,0	350x800x1700	70
ЭЛП-4,0	96	20,0	500x800x1700	100
ЭЛП-5,0	120	25,0	500x800x2100	120
ЭЛП-6,0	144	30,0	500x800x2100	150
ЭЛП-7,0	168	35,0	500x800x2100	190
ЭЛП-8,0	192	40,0	500x800x2100	215
ЭЛП-9,0	216	45,0	500x800x2100	190
ЭЛП-10,0	240	50,0	500x800x2100	215

Установки АКВАХЛОР производят газообразную смесь оксидантов, которая состоит из молекулярного хлора (90 - 95%), диоксида хлора (3-7 %) и небольшого количества озона (0,5 - 3,0 %). Также в смеси содержится 0,5 - 1,5 % синглетного кислорода и микрокапельки влаги с гидропероксидными и хлоркислородными оксидантами - продуктами электрохимических реакций в анодной камере, работающей при повышенном давлении в условиях ионселективного электродиффузионного отбора ионов натрия из исходного раствора хлорида натрия через керамическую диафрагму электрохимического реактора. Объем газообразной смеси оксидантов в установке АКВАХЛОР чрезвычайно мал, так как они тотчас после синтеза растворяются в воде, протекающей через эжекторный смеситель, и образуют таким образом аналог хлорной воды с концентрацией от 0,5 до 2,0 г/л (регулируется протоком воды или силой тока).

Каждый модуль установки АКВАХЛОР производительностью 500 - 700 грамм оксидантов в час фактически заменяет собой баллон с жидким хлором и хлоратор.

Установки АКВАХЛОР компактны и занимают места не больше, чем баллоны или контейнеры с жидким хлором, хранящиеся на станциях водоподготовки при эквивалентной производительности по хлору. Безопасность установок обеспечивается тем, что они вырабатывают оксиданты именно в том количестве, которое требуется в данный момент времени для обработки воды, могут мгновенно отключаться и так же мгновенно включаться.

Для работы установки АКВАХЛОР необходимо иметь техническую поваренную соль в количестве не более 2 кг на 1 кг производимых оксидантов и электроэнергию из расчета не менее 2 кВт·ч на 1 кг оксидантов.

Серийно, в соответствии с ТУ 3614-702-05834388-02 РФ, производятся установки АКВАХЛОР-100 и АКВАХЛОР-500, производительностью 100 и

500 грамм газообразных оксидантов в час. Установка АКВАХЛОР-500 производится в двух исполнениях: А-500-01 и А-500-02. Исполнение А-500-01 позволяет монтировать и эксплуатировать установку как полностью самостоятельную систему. Исполнение А-500-02 допускает объединять модульные электрохимические блоки установок АКВАХЛОР-500 в единую систему для увеличения производительности по оксидантам.

Максимальное количество модулей в одной системе составляет 8. Таким образом, объединение 8 модульных электрохимических блоков установки АКВАХЛОР-500 в единую систему позволяет обеспечить производительность по хлору 4 000 грамм в час.

Комплектация перечисленных станций обеззараживания представлена в табл.13, 14.

Таблица 13

Станции обеззараживания МБЭ

Наименование показателей	МБЭ-50	МБЭ-300	МБЭ-600	МБЭ-1000
Производительность по активному хлору, кг в сутки (с учетом резерва)	100	400	750	1400
Тип установок	Мембранные биполярные фильтпрессного типа			
Вырабатываемый дезинфектант	Водный раствор диоксида хлора			
Количество электролизных установок (с учетом резерва)	2	3	4	5
Удельный расход поваренной соли, кг/кг активного хлора	3,5 – 3,7			
Суточный расход поваренной соли, кг	<185	<1110	<2240	< 3700
Удельный расход электроэнергии, кВт/кг активного хлора	<4			
Напряжение на ячейке электролизера, В	3- 5			
Количество рабочих ячеек на электролизере	2	4	8	10
Количество мембран на 1 электролизере	2	4	8	10
Частота замены мембран	Не чаще 1 раза в год			

Станции обеззараживания ПОЭ

Наименование показателей	ПОЭ -1	ПОЭ-5	ПОЭ -20	ПОЭ - 40
Производительность по активному хлору, кг в сутки (с учетом резерва)	2	10	40	80
Тип установок	Проточные с охлаждением электродов			
Количество электролизных установок (с резервом)	2	2	2	2
Удельный расход NaCl, кг/кг активного хлора	3.5- 4			
Суточный расход поваренной соли, кг.	<4	<20	<80	<160
Удельный расход электроэнергии, кВт/кг акт. хлора	<4			
Напряжение, В	8-10	12-15	16-20	24-30
Материал анода	Титан, покрытый сплавом			
Материал катода	Сталь нержавеющая			
Материал	Сталь нержавеющая			

2.7. Компоновка здания электролизных

Установки с комплектом технологического оборудования размещаются в здании, в котором предусмотрено помещение для электролизеров, насосно-дозировочное отделение, электрощитовая, вентиляционная камера и служебное помещение. В помещении электролизеров располагаются электролизные установки с системой вытяжной вентиляции, в насосно-дозировочном отделении размещаются рабочие баки с дозирующими устройствами и насосное оборудование. Помещение электрохозяйства предназначается для систем управления и контроля за работой электролизеров и насосов.

Допускается располагать установки на свободных площадях существующих помещений. В этом случае растворный узел предпочтительно размещать на первом этаже здания или в подвальных помещениях. Возможно совместное расположение в одном помещении растворного узла, электролизера и бака—накопителя гипохлорита натрия. Раствор гипохлорита натрия должен поступать в бак-накопитель самотеком. Перепад высоты между сливным вентилем электролизера и входным патрубком бака-накопителя должен быть не менее 0,3 м.

В помещение должна быть проведена вода для приготовления раствора поваренной соли и промывки растворного бака, электролизера, бака-накопителя и соединяющих их магистралей после окончания их работы. Соответственно должен быть обеспечен слив промывной воды в систему водоотведения.

Смешение и обеззараживание очищенных сточных вод осуществляется также, как и при обработке их хлорной водой.

Пример 3. Обеззараживание биологически очищенных сточных вод предусматривается гипохлоритом натрия, получаемым на месте в электролизерах из раствора поваренной соли.

Согласно СНиПу расчетную дозу активного хлора после глубокой очистки принимаем 3.0 г/м^3 .

Согласно примечанию [1] должна быть предусмотрена возможность увеличения расчетной дозы хлора в 1,5 раза без изменения вместимости складов для реагентов.

Производительность электролизной по расчетной дозе хлора составит:

$$Q_{эл} = 1,5 \frac{D_{Cl} \cdot Q}{1000},$$

где
 $Q = 116 \text{ м}^3/\text{ч}$ - расчетный расход сточных вод;

$$Q_{эл} = 1,5 \frac{3 \cdot 116}{1000} = 0,52 \text{ кг/ч}.$$

Принимаем к установке две электролизные установки марки ЭН-25 (электролизер непроточный):

- средняя производительность по хлору - $1,0 \text{ кг/ч}$;
- расход соли на 1 кг активного хлора - $8,0 \text{ кг/ч}$,
- расход электроэнергии на 1 кг активного хлора - 9 кВт ч ;
- производительность по активному хлору за один цикл - 10 кг ;
- рекомендуемое число циклов за сутки - 2 .

Электролизная размещается в здании блока доочистки в отдельном помещении, оборудованном приточно-вытяжными системами вентиляции и местными отсосами. Для размещения бака-накопителя гипохлорита и насоса-дозатора предусмотрено отдельное помещение. Предусмотрена очистка выбрасываемого в атмосферу воздуха в скрубберах 3%-ным раствором соды и 2%-ным раствором гипосульфита натрия

Электролитическое приготовления гипохлорита натрия осуществляется из раствора поваренной соли.

Для хранения запаса соли предусматривается склад сухого хранения вместимостью:

$$M = \frac{30 \cdot 8 \cdot 3 \cdot 1400}{1000} = 1000 \text{ кг} (1,5 \text{ м}^3).$$

Склад размещен в отдельном вентилируемом отапливаемом помещении, оборудованном весами и стеллажами. Высота складирования не должна превышать 2м.

Для приготовления рабочего раствора поваренной соли в помещении электролизной предусмотрено 2 затворных бака.

Расчетная суточная производительность электролизной по активному хлору

$$Q_{\text{эл}} = 3 \cdot 1400 / 1000 = 4,2 \text{ кг/сут.}$$

Расход соли

$$Q_{\text{соли}} = 8 \cdot 42 = 33,6 \text{ кг/сут.}$$

Вместимость затворных баков [10] 280 л (по 100 л каждый), что позволит обеспечить суточный запас раствора с концентрацией хлора 50 г/л для одного электролизера. Вместимость бака-накопителя принимаем 1000л. Баки и трубопроводы раствора гипохлорита выполняются из ПНД.

Компоновка электролизной приведена на рис.9.

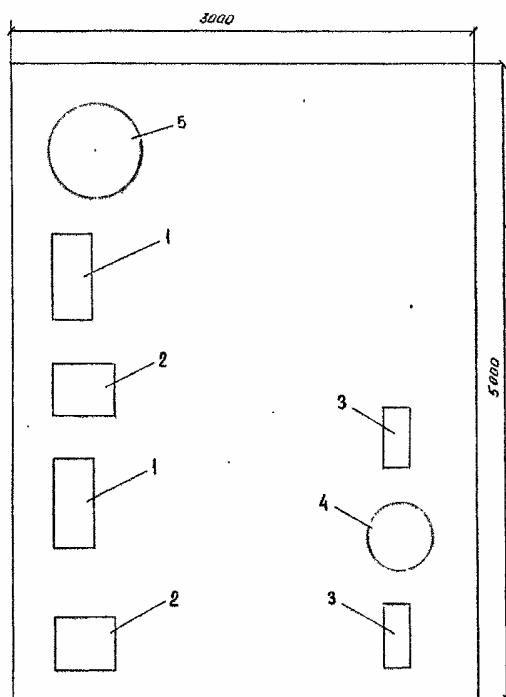


Рис. 9. Пример расстановки в помещении электролизеров ПОЭ-20:

1- электролизер ПОЭ-20; 2- блок питания; 3- насосы-дозаторы; 4- расходный бак; 5- затворный бак.

Для дозирования раствора гипохлорита натрия применяем насосы-дозаторы. Для контакта очищенной воды с хлором предусмотрен контактный резервуар, обеспечивающий продолжительность контакта 30мин. Осадок из контактного резервуара удаляется в систему внутриплощадочной канализации.

Список рекомендуемой литературы

1. СНиП 2.04.03-86. Канализация. Наружные сети и сооружения, 1986.
2. СНиП 2.04.02.84. - Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Госстрой СОСТ. - М: Стройиздат, 1985. - 136 с.
3. СанПиН 2.1.7.573—96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы
4. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов
5. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Калицун В.И. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Стройиздат, 1996.- С.472- 488.
6. Пааль Л.Л. и др. Справочник по очистке природных и сточных вод. - М.: Высшая школа, 1994. –302с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1977.
8. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения: Справочник. М.: Высшая школа, 1995.
9. Медриш Г.Д., Тейшева А.Л., Басин Д.П. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза.- М.: Стройиздат, 1982. - 80 с.
10. Методические указания 2.1.4.719-98. Санитарный надзор за применением ультрафиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды - М.: Минздрав России, 1998.
11. ПБ 09-322-99. Правила безопасности при производстве, хранение, транспортировании и применении хлора.-М., 2000.