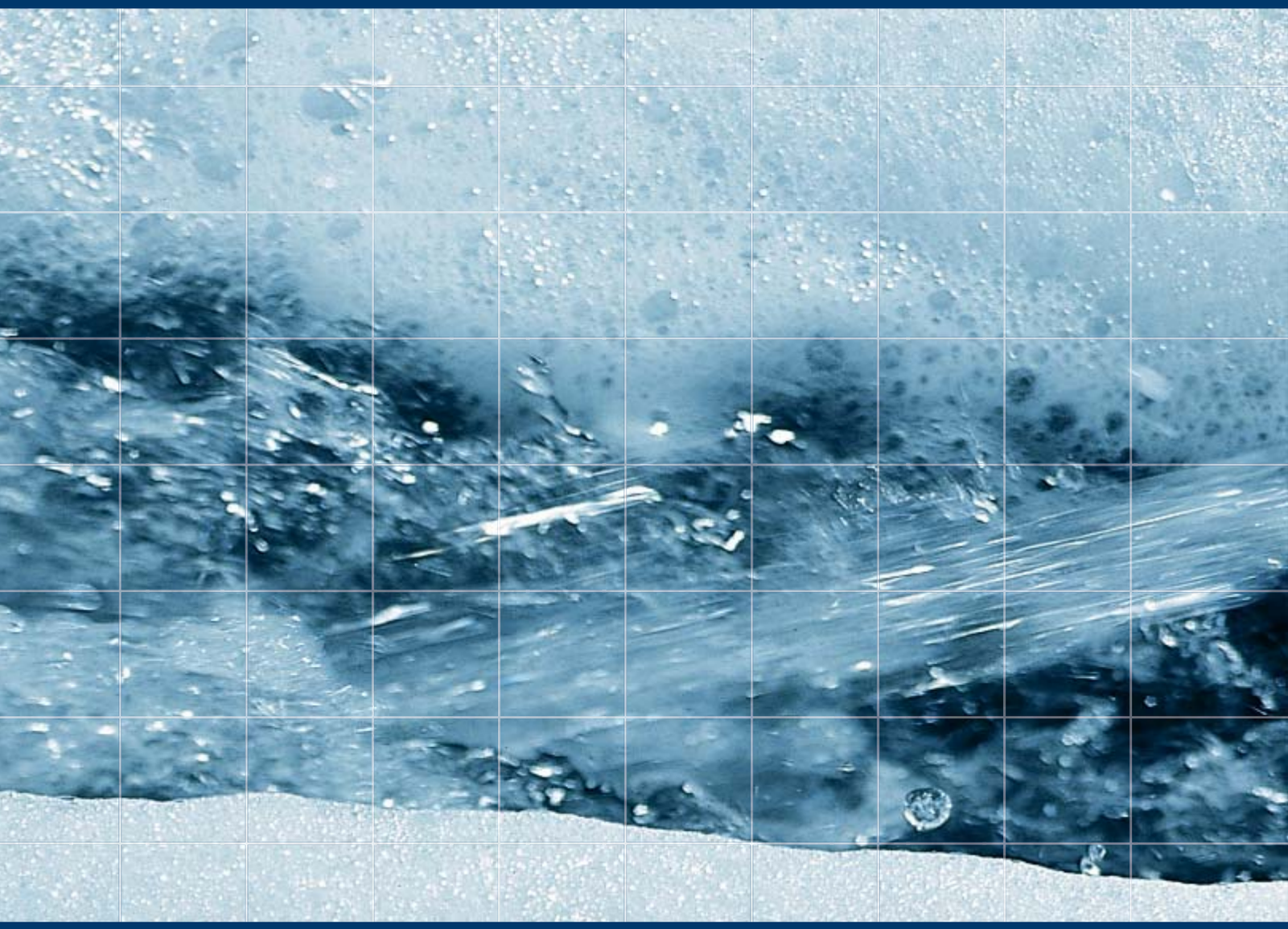
ООО "ПромХимТех" официальный поставщик
и сервис-партнер Grundfos (центробежные насосы
дозировочные насосы)
www.promhimtech.ru
e-mail: zakaz@promhimtech.ru

GRUNDFOS

Disinfection and water treatment.



ДЕЗИНФЕКЦИЯ И ВОДОПОДГОТОВКА

BE > THINK > INNOVATE >

GRUNDFOS ALLDOS

Компания Grundfos благодарит
Антона Владимировича Кожевникова,
инженера по продажам оборудования
для дозирования и дезинфекции,
за помощь в создании этой книги.

© Copyright 2006 GRUNDFOS Management A/S. All rights reserved.

Материал этой книги защищается законом об авторских правах и международными договорами. Ни одна часть издания не может быть воспроизведена никаким способом без предварительного письменного разрешения Правления компании GRUNDFOS (Grundfos Management A/S).

Степень ответственности

Все материалы, приведенные в этой книге, взяты из источников, которые GRUNDFOS Management A/S считает надежными. Однако, принимая во внимание возможные технические ошибки, мы не можем гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of Chlorination and alternative disinfectants (Справочник по хлорированию и альтернативным дезинфицирующим агентам); 1999 ; fourth edition; Geoffrey Clifford White; ISBN 0-471-29207-9; John Wiley&Sons

2. Science and Technology (Наука и технология); McGraw-Hill Encyclopedia; Volume 3, Page 627 taken from: Diamond Shamrock Corp.; Chlorine Handbook (Справочник по хлору), 1976

3. Encyclopedia of Chemical Technology (Энциклопедия химической технологии), Vol. 5, fourth edition, page 970 Chapter: «Chlorine Oxygen Acids and Salts» (Глава: «Кислоты оксидов хлора и соли»)

4. Technical document: «ALLDOS Grosschloranlagen» («ALLDOS large chlorination systems»); 1985

5. Фрог Б.Н. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. М. Издательство МГУ, 2003

Дезинфекция и водоподготовка

Часть I
Введение

Часть II
Диоксид хлора

Часть III
Хлор
- Приложения

Часть IV
Электролитическое хлорирование

Часть V
Реализованные проекты

Литература

GRUNDFOS ALLDOS

Компания Grundfos, являясь одним из мировых лидеров в области насосного оборудования, не смотря на динамичный рост и уверенные позиции на рынке, осознает необходимость развития новых направлений, одним из которых является оборудование и технологии, применяемые в процессах водоподготовки и водоочистки.

Подготовка воды — стратегически важная задача во многих странах мира, и Россия относится к их числу. Водоподготовка является комплексной областью и включает как вопросы, обеспечения населения питьевой водой, так и аспекты использования воды для нужд промышленности.

Качественная питьевая вода — проблема, с которой мы сталкиваемся и во время нашей повседневной жизни, и во время нештатных ситуаций: при возникновении аварий, или в зонах экологических бедствий. На данный момент чистая водопроводная вода во многих странах — явление необычное. В большинстве случаев водозабор осуществляется из источников с неблагоприятной микробиологией или используются поверхностные воды, в которых присутствуют болезнетворные бактерии. Не редки ситуации, когда применяется устаревшее и отработавшее свой эксплуатационный срок оборудование и, как следствие этого, несоблюдение санитарно-гигиенических норм. Все это ведет к росту вероятности эпидемий.

Проблема подготовки «технической» воды, используемой практически во всех отраслях промышленности, не менее важна и принципиальна. Вода в индустрии играет одну из ключевых ролей и от нее зачастую зависит безопасная работа оборудования и предприятий. Поэтому современная промышленность предъявляет к качеству и составу воды жесткие требования.

В целом, вопросы водного хозяйства и экологическая ситуация, заставили производителей приступить к разработке новых методов водоподготовки и водоочистки, и выпуску оборудования для их реализации.

Концерн Grundfos, один из тех производителей, кто понимает всю важность данной задачи и необходимость инвестирования средств для ее решения. В этой связи в 2005 году в состав Grundfos вошла немецкая компания Alldos, занимающая в течение полу века лидирующие позиции на рынке водоподготовки и дезинфекции воды.

В наши дни дезинфекция стала важной областью исследований в сфере использования водных ресурсов. С одной стороны, дезинфицирующие средства должны защищать людей от болезней и предотвращать развитие бактерий в технических системах, с другой — сами средства не должны вредить здоровью человека, влиять на свойства материалов, технологические процессы и окружающую среду.

Понимая это, компания Alldos, получила мировое признание и имеет ряд ноу-хау в создании установок и систем дезинфекции и широкой гаммы смежного оборудования для процессов обработки и очистки воды. Специалистами Alldos накоплен богатый опыт в реализации проектов различной сложности для промышленности и коммунального хозяйства. Все это позволило Grundfos дополнить свою номенклатуру новыми решениями, отвечающими высоким стандартам качества.

Спектр оборудования, выпускаемого Alldos, включает несколько основных групп продуктов:

Системы дезинфекции на основе химических и физико-химических методов:
- оборудование для дозирования газов (хлор, аммиак, диоксид серы, итд), находящихся как в сжиженном, так и газообразном состоянии,
- установки химического синтеза и дозирования диоксида хлора,
- электролитические установки получения гипохлорита натрия.

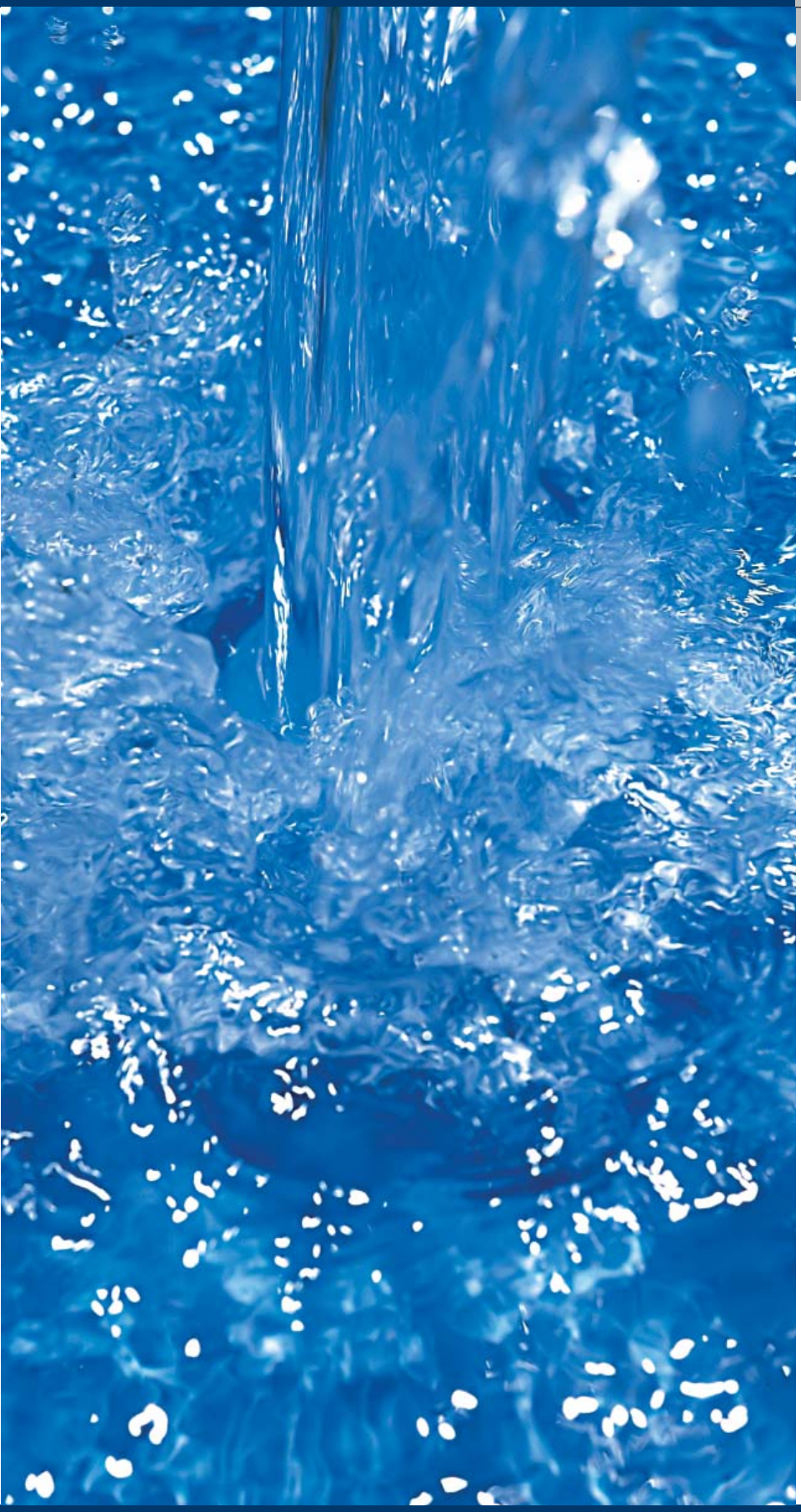
Дозировочные насосы для работы с агрессивными и нейтральными жидкостями, суспензиями, эмульсиями и растворами различной степени вязкости:
- цифровые,
- механические,
- гидромеханические.

Контрольно-измерительная и вспомогательная аппаратура:
- контроля и управления процессами водоподготовки,
- мониторинга состояния воздуха рабочей зоны,
- для смежных задач (настройки и калибровки оборудования, обслуживания и ремонта, итп).

Установки для работы с сыпучими продуктами (порошки, гранулят, и т.д.) и растворами:
- установки приготовления и дозирования сухих смесей,
- установки приготовления и дозирования суспензий на основе сыпучих продуктов,
- комплектные установки приготовления растворов из твердых и жидких исходных компонентов.

На сегодняшний день Grundfos, совместно с Alldos, готовы предложить своим заказчикам не только высококачественное оборудование, но и комплексные решения, т.е. широкий спектр инжиниринговых услуг в области подготовки воды и ее обработки после использования. В том числе: проектирование и подготовка необходимой документации, подбор оборудования, консультирование и обучение персонала заказчика, разработка нестандартных решений в соответствии с условиями конечного пользователя, техническая поддержка заказчика, монтаж и пуско-наладка, гарантийное и сервисное обслуживание.

Все производимое оборудование сертифицировано на территории РФ, согласно принятым нормам и выпускается с применением современного оборудования и технологий.



Оглавление

Введение.

1. Что такое диоксид хлора?

2. Синтез диоксида хлора

2.1. Методы получения диоксида хлора

2.1.1. Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и соляной кислоты

2.1.2. Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и газообразного хлора

2.2. Количественное описание процесса синтеза диоксида хлора

3. Физико-химические свойства диоксида хлора

4. Области применения

4.1. Питьевая вода

4.2. Сточные воды

4.3. Пищевая промышленность

4.4. Системы водяного охлаждения

4.5. Системы горячего водоснабжения

4.6. Другие водохозяйственные системы

5. Ряд систем Oxiperm 164, 166

5.1. Система Oxiperm 164

5.1.1. Системы для разбавленных химикатов

5.1.2. Системы для концентрированных химикатов

5.2. Система Oxiperm 166

6. Типы компоновки систем

6.1. Режим непрерывной работы

6.1.1. Режим с накопительной емкостью

6.1.2. Ручной режим работы

7. Система Oxiperm 166

7.1. Дозирование с ручной настройкой хода подающих дозировочных насосов

7.2. Аналоговое управление системы дозирования (4-20 мА)

8. Примерные схемы расположения

8.1. Схема компоновки систем Oxiperm 166

8.2. Примеры компоновки систем водоподготовки с использованием систем Oxiperm 164D

8.3. Система Oxiperm 164C непрерывного действия (без дозировочного резервуара)

Приложение

Подбор систем

ВВЕДЕНИЕ

Данная глава посвящена основным аспектам применения диоксида хлора (ClO_2) в различных отраслях промышленности, а также основным методам подбора и комплектации систем синтеза и дозирования раствора диоксида хлора серии Oxiperm®.

В связи с повышением требований к технике безопасности и охраны окружающей среды, диоксид хлора все в большей степени вытесняет газообразный хлор в качестве дезинфектанта пролонгированного действия. Однако, несмотря на то, что в настоящее время диоксид хлора широко используется в качестве дезинфецирующего средства, люди ещё недостаточно осведомлены о механизме его действия, способах производства и связанных с ними рисками.

Технических ограничений по применению диоксида хлора для обеззараживания фактически не существует. В большинстве случаев это соединение обладает более мощными дезинфицирующими свойствами, чем хлор-газ, и вода обработанная ClO_2 имеет органолептические свойства (вкус и запах) значительно лучше, чем при обработке хлор-газом. Диоксид хлора также подходит для дезинфекции в пищевой, фармацевтической и косметической областях промышленности, отличающихся в этом отношении повышенными требованиями.

1. ЧТО ТАКОЕ ДИОКСИД ХЛОРА?

Диоксид хлора (ClO_2) – это продукт взаимодействия соединений хлора в котором он находится в восстановленной форме. На интенсивность процесса окисления наряду с хлором мощное действие оказывают связанные атомы кислорода. Диоксид хлора позволяет эффективно окислять органические соединения, но также способствует эффективному удалению растворимых соединений железа и марганца.

Диоксид хлора обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с хлор-газом:

- не образует токсичных вторичных органических галогенопроизводных в частности трёхгалойдных производных метана, раздражающих слизистые оболочки
- окислительные свойства диоксида хлора практически не зависят от величины pH, что позволяет использовать дезинфектант как при производстве питьевой воды, так и в различных промышленных применениях
- системы синтеза и дозирования диоксида хлора серии Oxiperm 164 исключают риски, связанные с использованием газообразного хлора
- высокий окислительно-восстановительный потенциал диоксида хлора позволяет проводить окисление примесей и эффективно разрушает клеточные стенки бактерий
- диоксид хлора уничтожает спорообразующие бактерии, обладающие устойчивостью к воздействию хлора

Недостатки обработки воды другими методами и реагентами:

- применение органических биоцидов (хлористый бензиламмоний, бромо-/нитро- пропановые спирты или амиды, формалин (формальдегид) – невозможно в производстве питьевой воды или токсикологически чувствительных областях
- увеличение сопротивляемости микроорганизмов, снижение эффективности обработки при постоянном применении органических биоцидов одним и тем же способом и как следствие увеличение концентрации органических биоцидов
- использование озона имеет следующие недостатки:
  - необходимость наличия дополнительных песчаных и угольных фильтров для уничтожения остаточного содержания озона,
  - озон не обладает пролонгированным бактерицидным эффектом, а не до конца окисленные органические соединения создают благоприятную питательную среду для бактерий,
  - высокая стоимость и сложная технология озоногенераторов при ведении кислородного процесса с поставкой/производством чистого кислорода
  - высокая стоимость обслуживания и сложность в применении
- использование ультрафиолетового облучения не позволяет:
  - достичь пролонгированного бактерицидного эффекта (обеззараживание проходит только по месту действия УФ-облучения)
  - обеспечить необходимую глубину дезинфецирующего воздействия в нерегулируемых системах в зависимости от турбулизации и химического состава потока
  - высокая стоимость обслуживания УФ-систем (ежегодная замена ламп, замена хрустальных корпусов каждые 3-5 лет).

2. СИНТЕЗ ДИОКСИДА ХЛОРА

Существуют различные способы синтеза диоксида хлора, но только два из них получили в мире широкое распространение.

- Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и соляной кислоты, реализован в системах серии **Oxiperm® 164**
- Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и газообразного хлора, реализован в системах серии **Oxiperm® 166**

При получении диоксида хлора в обоих методах реакция между компонентами происходит в реакторе (насадочной колонне).

При использовании разбавленных химических веществ в методе хлорит натрия/соляная кислота, оба реагента подаются непосредственно в реактор, в котором происходит химическое взаимодействие. При использовании концентрированных веществ необходимо их разбавление перед подачей в реактор.[1]

Условия проведения реакции являются одинаковыми в случае обоих методов.

В случае метода хлорит натрия/газообразный хлор, концентрированный раствор хлорита натрия вступает в реакцию с раствором гипохлорита. В этом случае реакция также проводится в насадочной колонне, хотя для этого метода размер колонны должен быть больше.

2.1. МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ХЛОРА

2.1.1. Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и соляной кислоты

Как описывается выше, разбавленные реагенты подаются в реактор для проведения реакции. В случае если используются концентрированные реагенты, то перед подачей в реактор происходит их разбавление водой.

Взаимодействие хлорита натрия с соляной кислотой выглядит следующим образом:

$$\frac{5NaClO_2}{452г} + \frac{4HCl}{146г} \rightarrow \frac{4ClO_2}{27г} + \frac{5NaCl}{292г} + \frac{2H_2O}{36г}$$

Следует отметить, что избыток кислоты и увеличение температуры[2] значительно ускоряет скорость реакции и увеличивает выход диоксида хлора.

Из графика (рисунок 2.1) видно, что в области низких температур определяющим фактором является количество избыточной кислоты, значение которого экспоненциально снижается с ростом температуры.

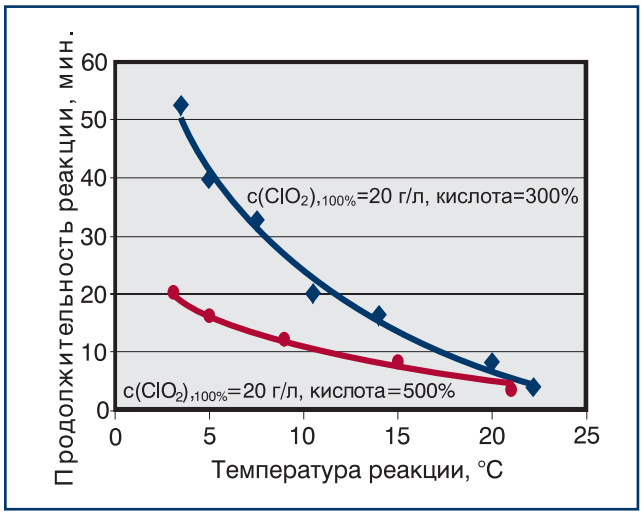


Рис. 2.1. *Влияние температуры в зависимости от избытка кислоты на скорость реакции*

[1] Концентрированный раствор хлорита натрия не разбавляется перед применением, поскольку возможно помутнение раствора в случае отсутствия предварительного умягчения.

[2] Избыток кислоты – это отношение количества использованной для синтеза диоксида хлора кислоты к её стехиометрическому количеству по уравнению реакции.

2.1.2. Метод, основанный на взаимодействии хлорита натрия и газообразного хлора

Как и в вышеописанном методе, в качестве продукта реакции получается диоксид хлора в растворе поваренной соли (NaCl). Хотя в этом случае имеет место быть другое стехиометрическое отношение исходных компонентов, эта реакция похожа на предыдущую, поскольку в обоих случаях хлор участвует в реакциях самоокисления-самовосстановления.[3]

$$\frac{2NaClO_2}{181г} + \frac{Cl_2}{71г} \rightarrow \frac{2ClO_2}{135г} + \frac{2NaCl}{117г}$$

Основным преимуществом данного метода является то, что он позволяет увеличить выход диоксида хлора на 4%. Определение термина «выход», а также других терминов, с помощью которых описывается метод, приводится ниже.

2.2. КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА СИНТЕЗА ДИОКСИДА ХЛОРА

Для того, чтобы правильно дать технико-экономическую оценку процессу получения диоксида хлора необходимо дать определения следующих терминов:

- Выход – это стехиометрическое отношение конечного продукта (диоксид хлора) к исходному реагенту (хлорит натрия), т.е. теоретически максимально возможное количество продукта, которое может получиться из определённого количества реагентов.

- Эффективность относится к исходной концентрации реагентов, используемых химических веществ. Эффективность – это критерий, определяющий выход целевого продукта при прочих равных условиях. Данный критерий позволяет оценить конструкционные особенности установок различных производителей и его влияние на выход и чистоту продукта.[4]

- Чистота – это содержание основного вещества (ClO2) по сравнению с другими продуктами реакции (побочные и вторичные продукты, остатки исходных реагентов).

Метод хлорит натрия/соляная кислота

Максимальный выход продукта в данном методе составляет 80%, поскольку, в соответствии с уравнением, из 5 частей хлорита натрия получается только 4 части ClO_2. (т.е 4/5 = 0,8).

$$5NaClO_2 + 4HCl \rightarrow 4ClO_2 + 5NaCl + 2H_2O$$

Эффективность составляет от 90 до 95%. Это значит, что доля исходных материалов, не вступивших в реакцию, составляет от 5 до 10%.

Чистота (содержание основного вещества) при использовании метода хлорит натрия/соляная кислота составляет от 90 до 95%.

Метод хлорит натрия/газообразный хлор

Выход при использовании данного метода составляет 100%.

$$2NaClO_2 + Cl_2 \rightarrow 2ClO_2 + 2NaCl$$

Метод хлорит натрия/газообразный хлор обеспечивает уровень чистоты 90-95%, что совпадает с уровнем чистоты при использовании метода хлорит натрия/соляная кислота.

Эффективность приблизительно составляет 95%.

С практической точки зрения чистота и эффективность являются основными факторами, которые следует принимать во внимание при оценке метода.

Однако некоторые производители приводят показатель выхода 100%. Такие данные не следует принимать всерьез.

[3] Газообразный хлор обладает степенью окисления «0» (элементарной), и при реакции дает хлорид со степенью окисления «–1» и диоксид хлора со степенью окисления «+4».

[4] Нет смысла сравнивать эффективность систем Oxiperm 164 и Oxiperm 166. Однако, есть смысл сравнить эффективность системы Oxiperm 164 с эффективностью системы Diox-A(W&T) или Bellozon (Prom.).

3. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИОКСИДА ХЛОРА

Диоксид хлора – это газ, который хорошо растворяется в воде.[5] При высоких концентрациях он становится взрывоопасным. На рис. 3.1 показана область взрывоопасных концентраций в газовой фазе в зависимости от концентрации в растворе.

Другие свойства:

Физические:
- Зеленый цвет (при высоких концентрациях оранжевый)
- Едкий запах (напоминающий озон)

Химические:
- Высоко селективное окислительное дезинфицирующее средство, которое не вступает в реакцию с простейшими аминами (хлорамины не образуются)
- Вступает в реакцию с соединениями серы и фенолами (устраняет запах)
- Реакционная способность практически не зависит от pH

На рис. 3.2 показана разница между интенсивностью дезинфицирующих свойств диоксида хлора и хлора/гипохлорита в зависимости от показателя pH.

Из выше приведённой зависимости видно, что окислительная способность диоксида хлора гораздо в меньшей степени зависит от pH, а в особенности в щелочной области. Также видно, что окислительная активность хлора высока только в кислой среде и значительно падает в щелочной области. Другим важным преимуществом диоксида хлора является то, что при малых дозах (около 0,5 мг/л) обработанная им вода не имеет ни вкуса не запаха.

Основное различие между хлором и диоксидом хлора, это их окислительно-восстановительные потенциалы (ОВП). Проще говоря, ОВП – это энергия, которая высвобождается во время химической реакции, измеряемая в милливольтах. Энергия высвобождающаяся в результате реакции пропорциональна количеству высвобождающихся электронов.

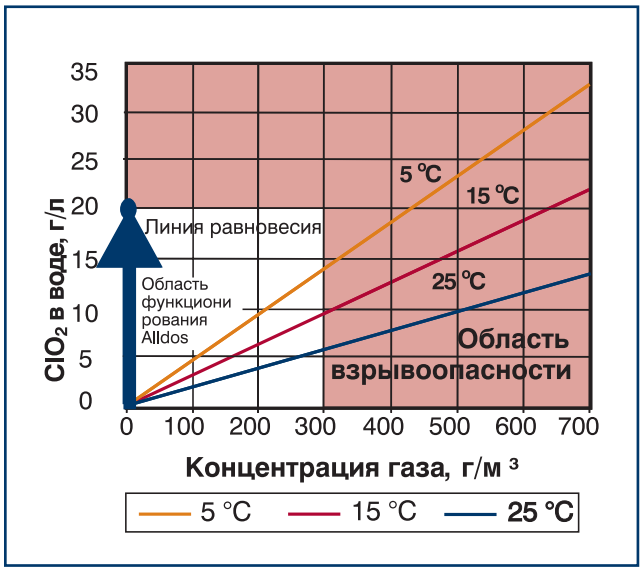


Рис. 3.1. Диапазон взрывоопасных концентраций

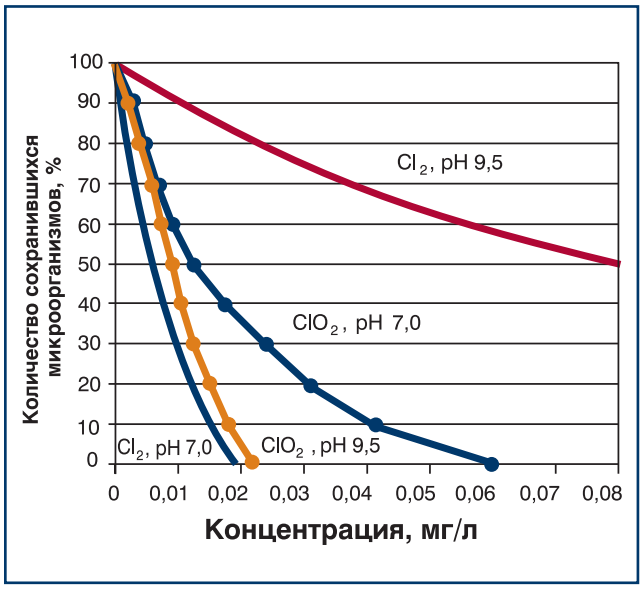


Рис. 3.2. Сокращение количества микроорганизмов при воздействии хлором и диоксидом хлора в зависимости от pH при 5°C. Время экспозиции 5 мин.

[5] В нормальных условиях в 1 литре воды растворяется 20 литров ClO_2.

Приведенные ниже упрощенные уравнения электронного баланса демонстрируют разницу между двумя веществами:

$$\underset{\text{хлор}}{Cl_2^0} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{гипохлористая к-та}}{HOCl^+} \longrightarrow \underset{\text{хлорид-ион}}{Cl^- + 2e^-} \quad (3.1)$$

$$\underset{\text{диоксид хлора}}{\overset{+4}{ClO_2} + e^-} \longrightarrow \underset{\text{хлорит-ион}}{\overset{+4}{ClO_2^-}} \longrightarrow \underset{\text{хлорид-ион}}{Cl^- + 6e^-} \quad (3.2)$$

Здесь следует отметить два момента (для более глубокого понимания механизмов окисления):

1. Из уравнения 3.1 видно, что диоксид хлора сначала забирает один электрон, а затем высвобождает шесть электронов, восстанавливаясь до хлорид-иона. Однако эта трансформация в хлорид-ион не является окончательной.[6] Эффективность реакции повышается при снижении pH.
2. Для оценки эффективности окислительных свойств диоксида хлора и хлора, следует принять во внимание то, что «свободный» хлор гидролизуясь переходит в HOCl, где хлор имеет степень окисления +1 и молярную массу 35,5 г/моль. Молярная масса диоксида хлора составляет 67,5 г/моль. Таким образом, соотношение молярных масс (Cl^-/ClO_2) составляет 0,526.

Это соотношение показывает, что для получения такой же фактической концентрации хлорида требуется в два раза больше диоксида хлора, чем хлора, однако с другой стороны, молекула диоксида хлора в конечном итоге высвобождает пять электронов, в то время, как молекула хлора – только два.

Это значит, что при одинаковом массовой концентрации диоксида хлора и хлора в растворе (в виде гипохлорит– и хлорит– ионов) теоретическая окислительная способность диоксида хлора в 2,63 раза больше чем при использовании свободного хлора ($0{,}526 \cdot 5e^- = 2{,}63$), а если пересчитать на количество высвобождающихся электронов с одного моль вещества, то ОВП диоксида хлора в 2,5 раза больше чем у хлора.

На данном этапе мы не будем углубляться в этот вопрос.[7] В результате можно сделать вывод, что диоксид хлора обладает теоретическим окислительным потенциалом до 2,5 раз большим, чем хлор.

[6] В значительной степени зависит от водного раствора.

[7] При кислотном pH стандартный окислительно-восстановительный потенциал диоксида хлора (ClO_2/Cl^-) составляет 1,5 В., а хлора (Cl_2/Cl^-) составляет 1,495 В.

4. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Основные области применения диоксида хлора:
- Питьевая вода
- Очистка сточных вод
- Пищевая промышленность
- CIP-мойка оборудования (без демонтажа и разборки)
- Системы водяного охлаждения (градирни, теплообменники, трубопроводы)
- Системы горячего водоснабжения
- Другие водохозяйственные системы

4.1. ПИТЬЕВАЯ ВОДА

Предварительная и последующая дезинфекция
Предварительное дозирование диоксида хлора применяется для снижения дозы хлора при последующей обработке, а также для окисления органических и минеральных соединений с их переводом в нерастворимые формы, которые могут отфильтровываться и осаждаться на других стадиях процесса. Доза предварительного хлорирования составляет (1-2 мгClO_2/л). Последующее дозирование диоксида хлора используется для обеспечения пролонгированного дезинфицирующего действия. Доза при последующей обработке составляет (0,5-1 мгClO_2/л).

4.2. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

Для дезинфекции частично очищенных сточных вод[8] или перед биологической обработкой.

[8] Обратите внимание на конкретные требования в разных странах!

4.3. ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Производство напитков (1-2 мг ClO_2/л):

- Мойка бутылок/дезинфекция предприятий

Рис. 3.3. *Мойка тары*

- CIP – мойки оборудования (мойка и дезинфекция оборудования без демонтажа и разбора)

Рис. 3.4. *CIP - мойка*

Продукты питания (2-30 мг ClO_2/л):

- Дезинфекция мяса и рыбы при переработке и транспортировке

Рис. 3.5. *Дезинфекция мяса*

- Стойкое дезинфицирующее действие при мытье фруктов

Рис. 3.6. *Дезинфекция овощей и фруктов*

4.4. СИСТЕМЫ ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

В градирнях (открытых системах) или закрытых теплообменниках

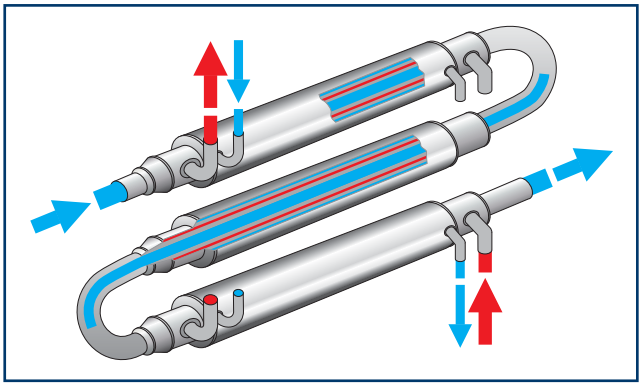


Рис. 3.7. *Системы водяного охлаждения*

В системах охлаждения воды 0,8 мг ClO_2/л при непрерывной, и 2 мг ClO_2/л при периодической дезинфекции. Например, при рециркуляции конденсата для подготовки охлаждающей воды.

4.5. СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Диоксид хлора показывает высокую эффективность при борьбе с легионеллами. Этот вид бактерий встречается в больших количествах в биоплёнке, которая, практически не удаляется при дезинфекции хлором без превышения ПДК.

4.6. ДРУГИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Легионеллы также представляют серьезную проблему в системах увлажнения и кондиционирования воздуха. Системы увлажнения в теплицах и системы кондиционирования воздуха разбрызгивают большое количество воды, способствующее широкому распространению данного типа биологического загрязнения.

Рис. 3.8. *Теплица*

5. РЯД СИСТЕМ OXIPERM 164, 166

5.1. СИСТЕМА OXIPERM 164

5.1.1. Системы для разбавленных химикатов

- Система Oxiperm 164 для разбавленных химических веществ (HCl 9%, $NaClO_2$ 7,5%) в диапазоне производительности 5-2000 г/ч ClO_2.

Потребление реагентов установками данного типа составляет:

HCl(9%) – 0,12-48 л/ч

$NaClO_2$(7,5%) – 0,12-48 л/ч

Вода для получения рабочего раствора:

150-900 л/ч

Oxiperm 164 D
5-2000 г/ч

5.1.2. Системы для концентрированных химикатов

- Система Oxiperm 164 для концентрированных исходных реагентов (HCl 33%, $NaClO_2$ 24,5 %) в диапазоне производительности 150-2500 г/ч ClO_2.

Потребление реагентов установками данного типа составляет:

HCl(33%) – 1,0-16 л/ч

$NaClO_2$(24,5%) – 1,0-16 л/ч

Вода для получения рабочего раствора:

420-900 л/ч

Oxiperm 164 C
150-2500 г/ч

- Система Oxiperm 164 для концентрированных химических веществ (HCl 33%, $NaClO_2$ 24,5 %) в диапазоне производительности 4000-10000 г/ч ClO_2.

Потребление реагентов установками данного типа составляет:

HCl(33%) – 24-63 л/ч

$NaClO_2$(24,5%) – 24-63 л/ч

Вода для получения рабочего раствора:

1290-3215 л/ч

Oxiperm 164 C
4000-10000 г/ч

5.2. СИСТЕМА OXIPERM 166

- Система Oxiperm 166 предназначена для синтеза раствора ClO_2 на основе взаимодействия хлорита натрия и хлор-газа производительностью 170-10000 г/ч ClO_2. Концентрация раствора $NaClO_2$ составляет 24,5%

Потребление реагентов установками данного типа составляет:

Хлор-газ – 0,5-6,6 кг/ч

$NaClO_2$(24,5%) – 3,6-48 л/ч

Вода для получения рабочего раствора:

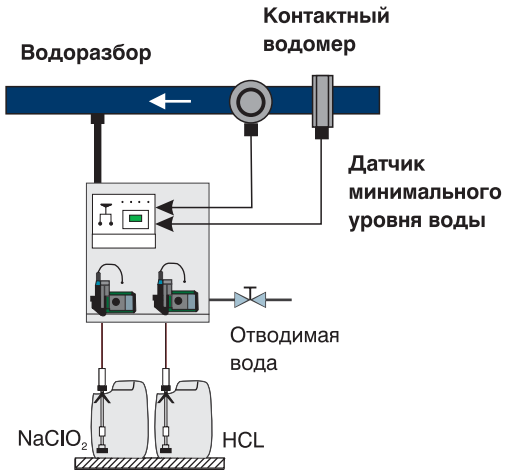
940-7400 л/ч

Oxiperm 166 A/G
700-10000 г/ч

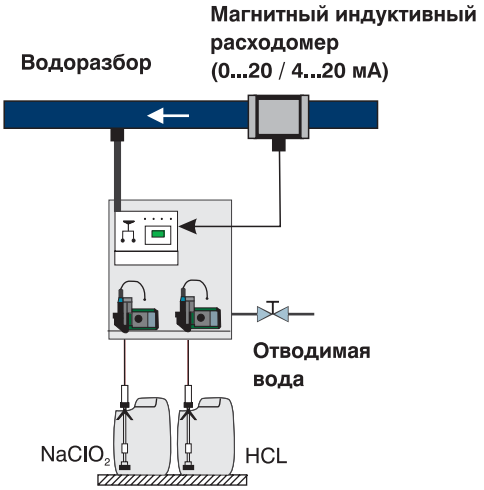
6. ТИПЫ КОМПОНОВКИ СИСТЕМ

6.1. РЕЖИМ НЕПРЕРЫВНОЙ РАБОТЫ

В отличие от порционного режима, в этом режиме система работает без перерывов с постоянным потоком воды.



Управление измерением основного потока воды контактным водомером (не более 50 импульсов в секунду!)



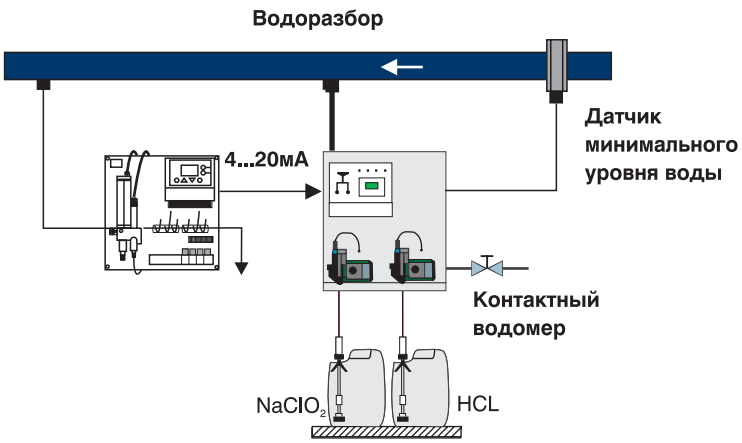
… с помощью магнитных индуктивных расходомеров (МИР)

Для оптимального расположения контактного расходомера важна не только максимальная частота 50 импульсов в секунду, но и минимальная частота импульсов при максимальном потоке воды из водоразбора. Наиболее благоприятный режим работы системы Oxiperm – 5-15 импульсов в секунду.

Пример:
Максимальный поток воды из водоразбора составляет 100 куб. метров в час.

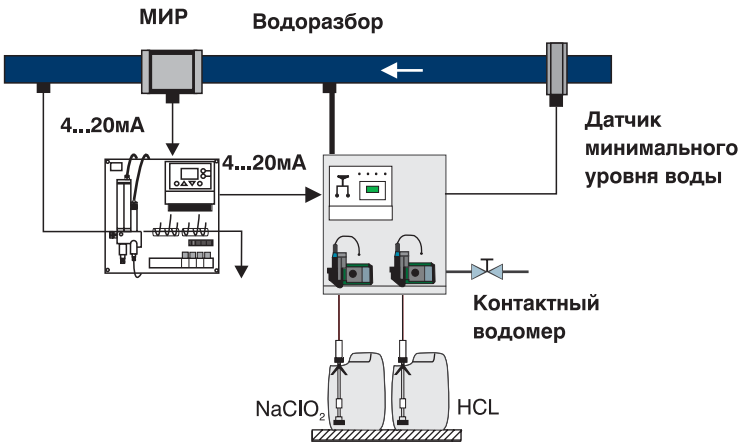
При 5 имп/сек → (5 имп/сек)/(100 куб.м/час) = 0,18 имп/л
При 50 имп/сек → 1,8 имп/л

Выбор настроек расходомера должен варьироваться в диапазоне от 0,18 до 1,8 имп/л



…с «остаточным регулированием» за счет измерения концентрации диоксида хлора

Примечание: В случае необходимости измеренный поток воды может возвращаться обратно в водоразбор.



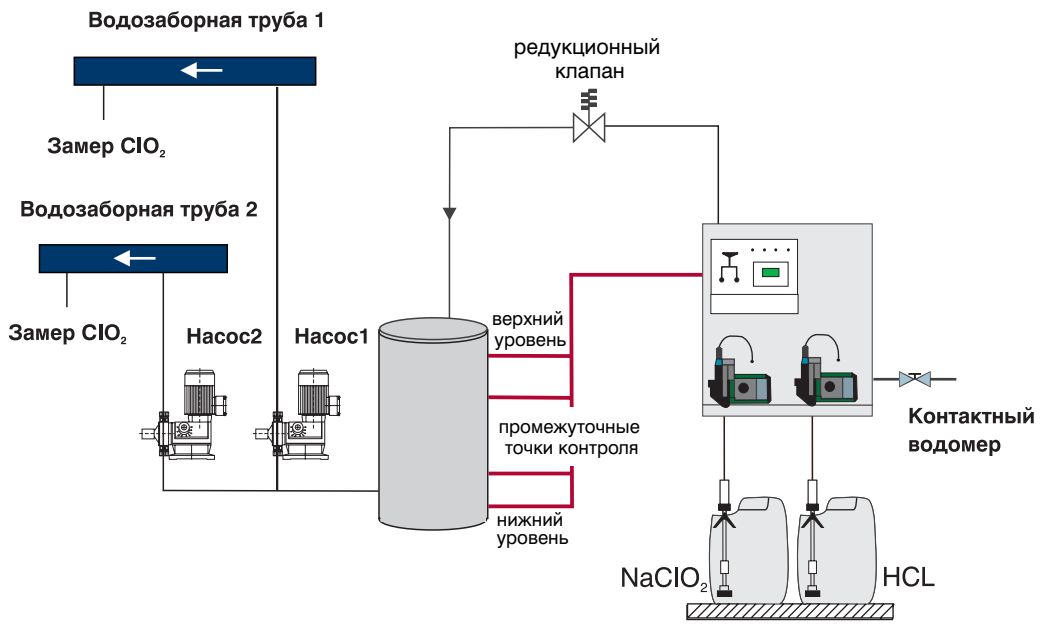
…с управлением по импульсному сигналу путем замера концентрации диоксида хлора, а также потока воды магнитным индуктивным расходомером (МИР)

Стандартная система включает в себя дополнительную функцию «сверх-мониторинга» минимального уровня потока для выключения.

Все вышеупомянутые варианты конструкции системы оборудованы электромагнитным (соленоидным) клапаном для отведения воды. В качестве опции предлагается версия с внутренним насосом для отведения воды напрямую от водоразборной трубы.

6.2. РЕЖИМ С НАКОПИТЕЛЬНОЙ ЁМКОСТЬЮ

При порционном режиме время работы системы Oxiperm зависит от уровня наполняемости буферного резервуара. Буферный резервуар оборудован четырехуровневыми датчиками (перелив, макс., мин, сухой ход).
По достижении минимального уровня система Oxiperm начинает работу, при достижении контакта макс. Система Oxiperm перестает производить диоксид хлора. В течение этого периода система работает на 100% номинальной мощности.



Система Oxiperm с порционным блоком, двумя циклами дозирования с остаточным регулированием

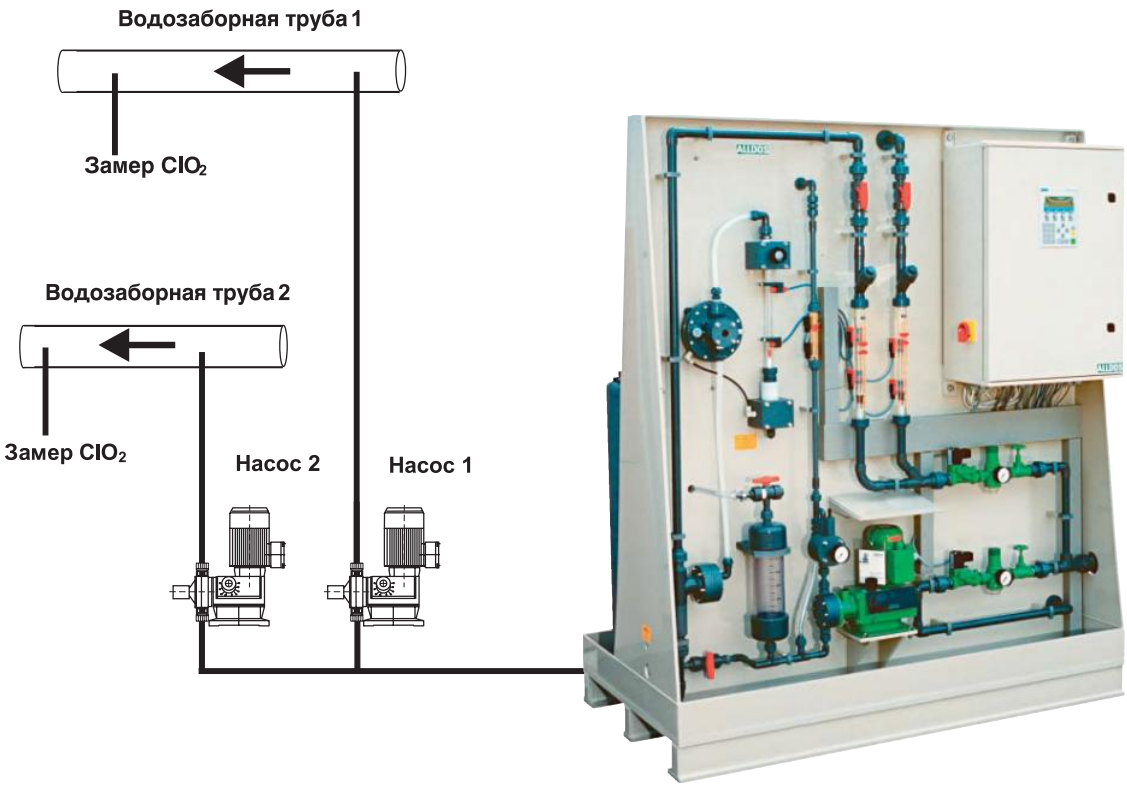
6.3. РУЧНОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Непрерывный режим работы, так же как и порционный режим возможен не только при автоматической регулировке (контактный водомер, МИР, остаточное регулирование или мониторинг уровня наполняемости), но и в ручном режиме работы. В ручном режиме регулировка невозможна. Систему Oxiperm настраивают на производительность в диапазоне от 10 до 100%. Если системой управляют вручную в порционном режиме, она наполняет буферный резервуар и выключается при достижении максимального уровня. Для осуществления следующей загрузки систему необходимо запустить вручную.

7. СИСТЕМА OXIPERM 166

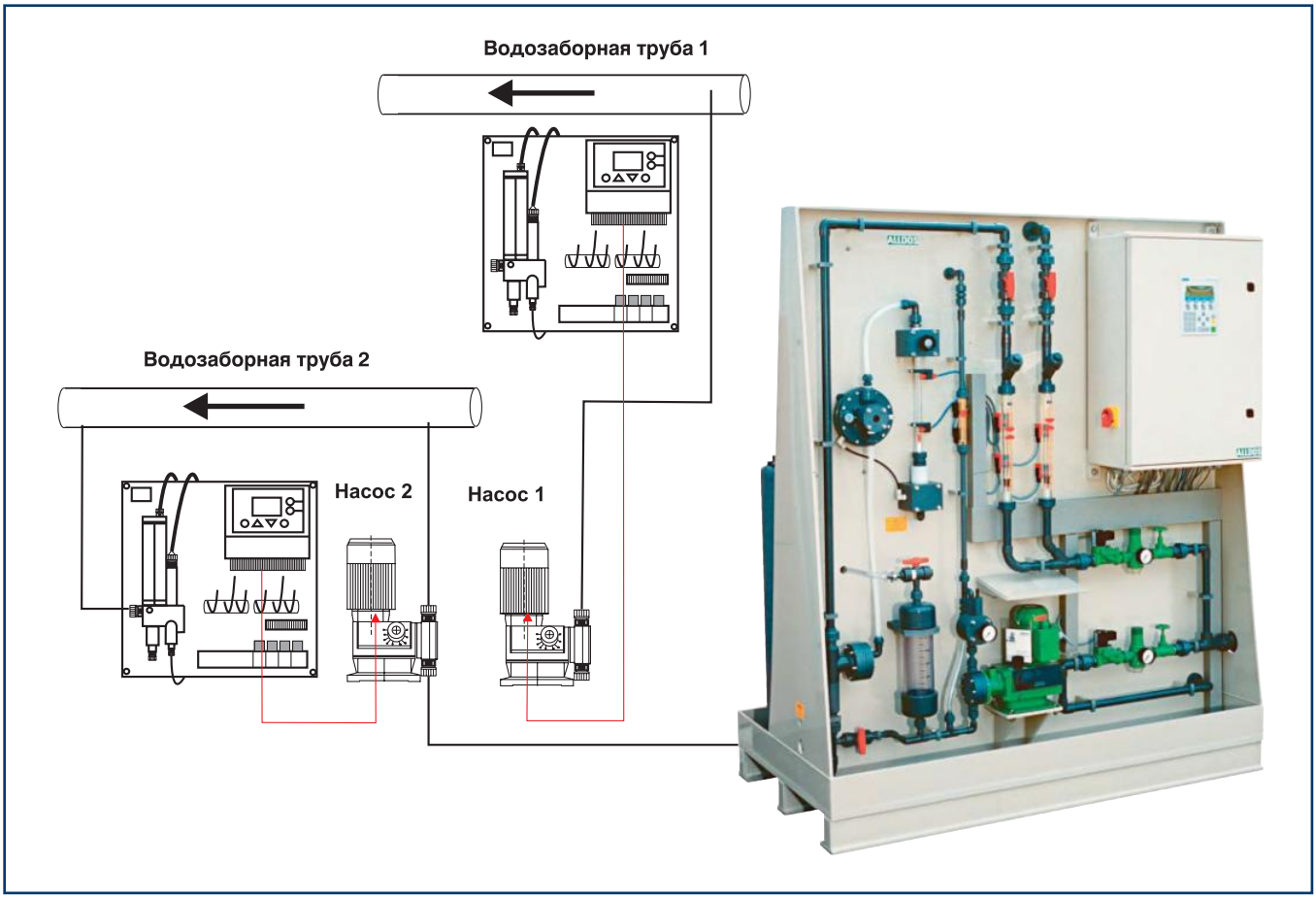
7.1. ДОЗИРОВАНИЕ С РУЧНОЙ НАСТРОЙКОЙ ХОДА ПОДАЮЩИХ ДОЗИРОВОЧНЫХ НАСОСОВ

При данном устройстве системы раствор ClO_2 приготавливается по методу хлорит натрия/газообразный хлор, и также хранится в резервуаре для разбавления. Когда система работает в автоматическом режиме, в накопительном резервуаре постоянно поддерживается уровень раствора между минимальным и максимальным. Дозирование раствора диоксида хлора осуществляется из накопительной ёмкости дозирующими насосами, т.е. дозировка и/или концентрация в водозаборной трубе может регулироваться только вручную, за счет изменения настроек хода дозировочного насоса. Замеры ClO_2 производятся с применением измерительного модуля или компактного фотометра Allcon Test.



7.2. АНАЛОГОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАНИЯ (4-20 МА)

В данной системе раствор ClO_2 измеряется в водозаборной трубе с помощью измерительного модуля с контроллером. Если имеются отклонения в концентрации ClO_2 в водозаборной трубе от необходимой величины, то дозаторный подающий насос (дозаторный насос для ClO_2) управляется сигналом 4-20 мА с контроллера. Дозировочные настройки насоса регулируются до тех пор, пока не будет достигнут установленный заранее уровень концентрации. Концентрация устанавливается заранее через контроллер.



8. ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ

8.1. СХЕМА КОМПОНОВКИ СИСТЕМ OXIPERM 166

Дозирование ClO_2 с помощью системы Oxiperm 166, дозировочного насоса DMX и измерительного модуля с измерительным усилителем типа Conex

Добавляемое количество ClO_2: 0,4 – 0,5 ppm (мг/л)

Система Oxiperm 166 с подготовительным резервуаром для раствора $NaClO_2$

Станция дозирования раствора ClO_2 с измерительным модулем типа Conex

8.2. ПРИМЕРЫ КОМПОНОВКИ СИСТЕМ ВОДОПОДГОТВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ OXIPERM 164D

Монтаж в настенном исполнении системы Oxiperm 164-120D с дозировочным насосом DMX, включая станцию дозирования «Plus3-System». Рециркуляционный трубопровод камеры предварительной подачи, расположенной перед трубой подводки, должен располагаться над резервуарами для химикатов.

8.3. СИСТЕМА OXIPERM 164 C НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ (БЕЗ ДОЗИРОВОЧНОГО РЕЗЕРВУАРА)

Резервуар с водой для разбавления концентрированных химических веществ подсоединен к водопроводной сети и защищен перепускным клапаном.

ПОДБОР СИСТЕМ

Существует несколько простых возможностей расчета необходимого размера системы

Без учета качества воды

Питьевая вода:
Максимальная концентрация впрыскиваемого вещества согласно TVO (немецким стандартам для питьевой воды) составляет 0,4 ppm (мг/л) → расчетная доза для концентрации: 0,5 частей на миллион

Oxiperm (г/ч) = **объем потока воды из водоразбора** (куб. м/час) × **концентрацию** (частей на миллион = мг/л)

Пример:
200 куб.м/ч при 0,5 частей на миллион →100 г/ч ClO_2

С учетом качества воды

- Необходимо снизить концентрацию марганца/железа
- Необходимо удалить органические вещества, например, фенолы
- Снижение общего количества органических соединений (ООУ)

→ Во всех трех случаях время реакции составляет, по меньшей мере, 2-5 минут. Возможности: например, использование промежуточного резервуара, разделенного на две части, или открытого резервуара с фильтром.

Марганец/железо	→ на каждый мг/л используйте 1 мг/л диоксида хлора
Орг.	→ на каждый мг/л используйте 3 мг/л диоксида хлора, стандартного (в зависимости от вещества)
ООУ	→ на каждый мг/л используйте 2 мг/л диоксида хлора стандартного (в зависимости от вещества)

Например: 200 куб.м /ч питьевой воды[1] необходимо дезинфицировать с

Железо/марганец	→ снижение 0,25 мг/л
Орг.	→ снижение 0, 15 мг/л × 3 = = 0,45 частей на миллион
ООУ	→ снижение 0,20 мг/л × 2 = = 0,40 частей на миллион

200 куб.м /ч с 0,50 частей на миллион ⇒
⇒ 100 г/ч → для полной дезинфекции
200 куб. м/ч с 0,25 частей на миллион ⇒
⇒ 50 г/ч → марганец, железо
200 куб. м/ч с 0,45 частей на миллион ⇒
⇒ 90 г/ч → орг
200 куб.м /ч с 0,40 частей на миллион ⇒
⇒ 80 г/ч → ООУ

ИТОГО: 320 г/ч

Дополнительные критерии для выбора системы

Безопасность при обращении с химическими веществами
- Информация по рискам, связанным особенно с обращением с концентрированными химикатами.

Для расчета/схемы расположения системы при порционном режиме работы

Вопросы:
- Каковы требования к времени протекания процесса производства ClO_2?
- Какой требуется объем накопительного резервуара?
- Какая требуется концентрация порции, которую следует приготовить?
- Какова производительность системы?
- Как долго нужно хранить раствор?

Первый вопрос, который относится не только к порционному режиму работы, всегда:
→ Сколько воды необходимо обработать?
Если речь идет о питьевой воде, то можно воспользоваться концентрацией впрыскиваемого раствора 0,5 мг/л, которая является основой для расчета требований по ClO_2.

[1] Эти расчеты не годятся для сточных вод. Такие показатели, как, например, ООУ, слишком велики, и система по применению диоксида хлора будет слишком громоздкой.

Для определения размера порционного резервуара необходимо знать средний расход воды (см. контрольный перечень системы Oxiperm), На рис. 9.1 приведены кинетические кривые распада раствора диоксида хлора, позволяющие подобрать для хранения раствора ClO_2.

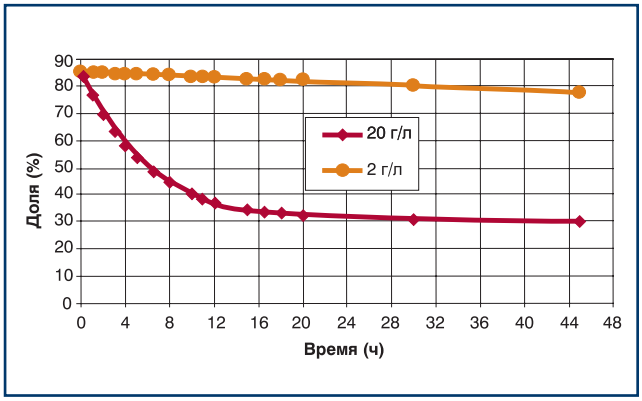


Рис. 9.1. *Распад растворов диоксида хлора (при pH 2,2 и t = 25 °C).*

Если система находится в нерабочем состоянии на протяжении, например, шести часов, то концентрация раствора 20 г/л в резервуаре для проведения реакции уменьшается до менее 60% от первоначальной концентрации (если принять, что первоначальная концентрация составляет 87%, то 0,5/0,87 + 0,575 → 57,5%). Однако, при использовании раствора 2 г/л в порционном резервуаре, коэффициент снижения концентрации по прошествии периода продолжительностью 1 день составляет менее 10%.

Ориентировочная величина: Если эксплуатационный режим системы предусматривает паузы продолжительностью более 6 часов, то следует использовать порционную установку.

Размер порционного резервуара:
Помимо потока воды значение имеет также концентрация в резервуаре. Стандартная версия предусматривает концентрацию в диапазоне от 2 до 4 г/л. При более высоких концентрациях необходим резервуар меньшего размера, а также дозаторный насос меньшего размера.

Определение размера резервуара для минимальных потребностей:

$$\frac{\text{Объем}_{\text{порционного бака}}\ [\text{л}]}{\text{Расход}_{\text{вода}}\ [\text{л/ч}] \times \text{Конц.}_{ClO_2,\text{вода}} / \text{Конц.}_{\text{концентрация } ClO_2,\text{порция}}} =$$

$$= \text{период простоя системы}\ [\text{ч}]$$

Например:

Объем накопительного резервуара 50 л (рабочий объем)
Расход $_{\text{Мин. объем, вода}}$ = 5 куб.м/час = 500 л/час
Концентрация ClO_2, вода 0,5 г/куб. м (= мг/л = частей на миллион),
таким образом, требуется ClO_2 2,5 г/час
Концентрация $_{ClO2,\text{ порция}}$ 2000 г/куб. м = 2 г/л

Период простоя: 40 часов

Посмотрите на приведенную выше схему, и вы увидите, что до повторного запуска системы концентрация разбавленного раствора ClO_2 снизилась менее чем на 10%.

→ Продолжительность периода простоя определяет предел максимального рабочего объема порционного резервуара

Определение размера резервуара при максимальных потребностях:

$$\frac{\text{Объем}_{\text{порционного бака}}\ [\text{л}]}{\text{Расход}_{\text{вода}}\ [\text{м}^3/\text{ч}] \times \text{Конц.}_{ClO_2,\text{вода}} / \text{Конц.}_{\text{концентрация } ClO_2,\text{порция}}} =$$

$$= \text{период простоя системы}\ [\text{ч}]$$

Например:

Объем накопительного резервуара 50 л (рабочий объем)
Расход $_{\text{Макс., вода}}$ 150 куб.м/час = = 150000 л/час
Концентрация ClO_2, вода 0,5 г/куб. м (= мг/л = частей на миллион),
таким образом, требуется ClO_2 75 г/час
Концентрация $_{ClO2,\text{ порция}}$ 2000 г/куб. м = 2 г/л

Период простоя: 1,33 часа = 80 минут

Контрольно-измерительные приборы GRUNDFOS-ALLDOS серии Conex DIA, DIS и серии DIP позволяют проводить измерение следующих параметров (t, pH, RedOx, ClO_2, Cl своб./связ., O_3, H_2O_2, F-, PAA, электропроводность, индуктивность) с дальнейшим контролем процессов дозирования дезинфектантов. Степень защиты IP 65, приборы оснащены ПИД-регуляторами (полное описание в каталоге приборов измерения и контроля).

Рис. 3.7. *Универсальный контроллер Conex DIA*

Рис. 3.8. *Многофункциональный контроллер Conex DIP*

Система аварийного оповещения Conex DIS-G предназначена для предупреждения персонала о превышении предельно-допустимых концентраций хлора и озона в воздухе рабочей зоны.

Рис. 3.10. *Система аварийного оповещения Conex DIS-G*

Переносные спектрофотометры Conex DIT позволяют измерять до 17 параметров непосредственно на месте пробоотбора.

Рис. 3.11. *Переносной спектрофотометр Conex DIT*

Оглавление

Введение.

1. Технология дезинфекции воды

1.1. Химические и физические свойства газообразного хлора

1.2. Контролируемое и особое применение хлора

1.3. Дезинфицирующее действие хлора

1.4. Электрохимическое определение хлора

1.5. Типы хлорирования

2. Устройство систем газообразного хлора

2.1. Малые системы хлорирования – извлечение газа

2.1.1. Вакуумные регуляторы

2.1.2. Переключающие устройства

2.1.3. Инжекторы

2.2. Монтаж малой системы хлорирования и ввод в эксплуатацию

2.3. Определение хлора и контроль избыточного содержания

2.3.1. Контроль по одной регулируемой переменной

2.3.2. Контроль по двум регулируемым переменным – Контроль с введением переменной возмущения

3. Системы хлорирования большой производительности – экстракция жидкого хлора

3.1. Устройство систем хлорирования большой производительности

3.1.1. Компоненты секции жидкого хлора

3.1.2. Компоненты системы в секции газообразного хлора

4. Вопросы безопасности

ВВЕДЕНИЕ

Дезинфекция воды газообразным хлором.

В данной главе представлен подробный обзор технологии хлорной дезинфекции, разработанной компанией ALLDOS, химических и физических закономерностей и примеров применения систем дозирования газа ALLDOS на практике.

Концепции установок и систем излагаются здесь в последовательной форме, чтобы пользователи или заинтересованные читатели смогли понять механизмы руководства проектом и возможности, предлагаемые в изделиях компании ALLDOS для обеззараживания воды.

1. ТЕХНОЛОГИЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ ВОДЫ

1.1. ХИМИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГАЗООБРАЗНОГО ХЛОРА

Общие сведения

Хлор (от греческого слова «хлорос», в переводе означающего «зеленый») представляет собой желтовато-зеленый газ с резким запахом, раздражающий слизистые оболочки. В периодической таблице элементов он расположен в группе галогенов.

В обычных условиях (20°C; 1 атм.) хлор (Cl_2) является двухатомным газом. Он поставляется в сжиженном виде в стальных емкостях (баллонах или цистернах для сжиженных газов).

В природе хлор, главным образом, встречается в виде хлорида натрия, и обычно его получают электролизом раствора хлорида натрия.

Дезинфицирующие и окислительные свойства хлора объясняются его очень высокой реакционной способностью, поэтому он быстро и эффективно уничтожает микроорганизмы и нейтрализует токсичные вещества в нормальных условиях.

Хлор более чем вдвое тяжелее воздуха и поэтому при высвобождении опускается вниз. Человеческое обоняние способно почувствовать запах хлора при ничтожной концентрации 0,3 ppm (частей на миллион). Максимально допустимая концентрация хлора в атмосфере рабочей зоны составляет 1,5 мг/м^3, или 0,5 ppm. Даже кратковременное пребывание в атмосфере с содержанием 50 объемных частей хлора на миллион (vpm) может привести к фатальному исходу.

Хлор, полученный промышленным способом, имеет чистоту не менее 99,8 масс. %. Наиболее частые примеси – небольшие количества CO_2, N_2 и воды.

Физико-химические характеристики хлора:

Молярная масса (Cl_2)	71	г/моль
Плотность (жидк.), 20°C / 8,8 бар	1410	кг/м^3
Плотность (газ), 20°C / 1,0 бар	2,9	кг/м^3
Относительная плотность (плотность воздуха = 1)	2,5	—
Температура кипения (1 бар, абс.)	-34	°C
Температура плавления	-101	°C
Давление паров, 20°C	6,8	бар
Теплоемкость Cl_2 (газ), 20°C	0,55	кДж/кг·K
Теплоемкость Cl_2 (жидк.), 20°C	0,97	кДж/кг·K
Энтальпия испарения	252	кДж/кг
Теплопроводность Cl_2 (жидк.)	0,11	Вт/м·K.
Теплопроводность Cl_2 (газ.)	0,01	Вт/м·K.
Критическая температура (end DDC)	144	°C
Растворимость в воде (20°C, 1 бар)	7,2	г/л

См. рис. 1.1 и 1.2 для более четкого представления о плотности и давлении паров хлора [1, 2].

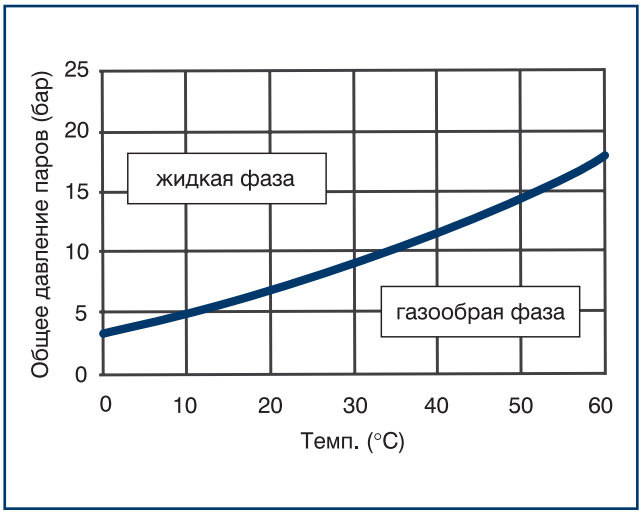


Рис. 1.1. *Зависимость давления насыщенных паров хлора в зависимости от температуры*

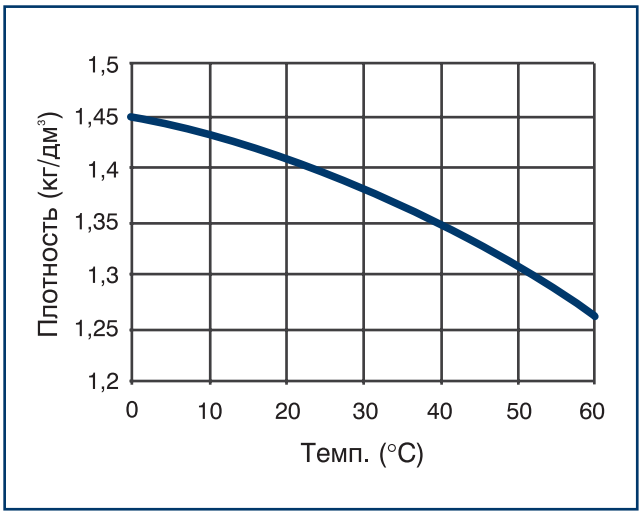


Рис. 1.2. *Зависимость плотности жидкого хлора от температуры*

Хлор – очень мощное окисляющее и дезинфицирующее вещество.[1] Из дезинфицирующих веществ хлор получил самое широкое применение в мире. Его дезинфецирующий эффект проявляется очень быстро и в большей или меньшей степени губителен почти для всех микроорганизмов.

По сравнению с другими биоцидами хлор очень эффективен при низких концентрациях, которые не причиняют никакого вреда людям.

1.2. КОНТРОЛИРУЕМОЕ И ОСОБОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОРА

В настоящее время хлор находит широкое применение, которые простирается далеко за пределы очистки воды.

Широкое применение хлора для плавательных бассейнов, узаконено во всем мире.

Существуют и другие способы обработки воды в бассейнах: ультрафиолетовое облучение, мембранная фильтрация и озонирование.

Однако долговременная дезинфекция с использованием такого малого количества биоцида, приводящая к быстрому снижению уровня микробов, может быть достигнута только с хлором.

Длительный эффект дезинфекции (причем не только на локальном участке обработки, как в случае облучения ультрафиолетом), очень существен для технологической воды на производстве и воды в качестве сырья, особенно в отраслях с очень строгими требованиями к гигиене, например в фармацевтической и пищевой промышленности.

Холодная обработка воды хлором нацелена на предотвращение формирования биопленок. Использование хлора препятствует или, по крайней мере, сводит к минимуму их образование.

Для оценки количества хлора, необходимого для обработки воды, проверяли его действие в разных условиях.

[1] Под дезинфекцией здесь подразумевается способность вещества за наиболее короткий промежуток времени снизить содержание микроорганизмов в воде на 5 порядков (по логарифмической шкале log_{10}).

1. **Потребность в хлоре** – это минимальное количество доступного хлора, которое требуется добавить к воде, чтобы достичь нужного эффекта (т.е дезинфекции). Говоря обобщенно, потребность в хлоре складывается из расхода хлора в процессе дезинфекции воды и некоторого избытка, обеспечивающего пролонгированное дезинфицирующее действие.

2. **Расход хлора** – это разница между расчетной концентрацией добавленного хлора и концентрацией хлора в воде, измеренной аналитическим методом. Следует отметить, что время, прошедшее между добавлением хлора и отбора пробы для анализа, значительно влияет на результаты анализа.

3. **Избыточный хлор** – это количество доступного хлора (свободного хлора) после достижения равновесия между прореагировавшим (связанным) хлором и свободным хлором. Количество избыточного хлора зависит от качества воды, температуры и промежутка времени, в течение которого вода протекает по трубам водопровода, прежде чем попадет к потребителю.

4. **Свободный хлор** – это общая сумма концентраций свободного хлора (Cl_2), недиссоциированной хлорноватистой кислоты (HOCl) и гипохлорит-иона (OCl^-). Эти значения выражаются в [мг/л], [г/м^3] или весовых ppm (частях на миллион)[2]. В свободном состоянии хлор устойчив только в кислой среде с pH <3. При обычных значениях pH воды между 6,5 и 8,5 он обнаруживается, в основном, в форме хлорноватистой кислоты (HOCl). Когда газообразный хлор попадает в воду, происходит следующая равновесная реакция.

$$Cl_2 + H_2O \leftrightarrow HCl + HOCl$$

Образующаяся соляная кислота обычно нейтрализуется карбонатами и гидрокарбонатами, которые присутствуют в природной воде (естественная щелочность).

5. **Связанный хлор** – это хлор, который, например, прореагировал с азотными соединениями с образованием хлорамина и который больше не доступен для целей дезинфекции.

6. **Общее содержание хлора** – сумма концентраций всех соединений хлора, обладающих окислительными свойствами, включая хлорамины, которые могли образоваться. Если в пробах воды обнаруживается диоксид хлора, его концентрация также включается в результаты.

При количественной оценке хлорирования обычно измеряется содержание свободного хлора. Если обнаруживаются высокие уровни хлорамина, то определяют также общее содержание хлора, а концентрацию связанного хлора можно рассчитать по разнице этих двух результатов.

При хлорной дезинфекции рекомендуется следить, чтобы концентрации аммиака, аминов и углеводородов в воде сохранялись на возможно более низком уровне, чтобы свести к минимуму образование хлорамина, имеющего неприятный запах и вкус, а также других веществ, включая токсичные хлорированные углеводороды.

1.3. ДЕЗИНФИЦИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ХЛОРА

Хлор действует на живые микроорганизмы и на различные вещества. Действие хлора на живые микроорганизмы называют дезинфекцией, а его действие на различные вещества называют окислением. Тем не менее, в обоих случаях вещества (молекулы), которые реагируют с хлором, окисляются.

Дезинфицирующий эффект заключается в проникновении хлора в клетки с разрушением их стенок и предотвращении или прекращении метаболизма микроорганизмов.

Хлорноватистая кислота – главный дезинфицирующий агент наряду с ее диссоциированной формой, гипохлорит-анионом. Гипохлорит-анион окружен гидратной оболочкой (оболочкой из молекул воды), вследствие чего большой размер снижает способность аниона к участию в окислении (в его реакции с образованием иона хлорида Cl^-), а также делает его гораздо менее эффективным для проникновения сквозь стенки клеток.

[2] 1 ppm (часть на миллион) = 1 [мг/кг] = [10^{-3} г/10^3 г] = 10^{-6} = [ppm]. Безусловно, это относится только к разбавленным растворам с плотностью, близкой к плотности воды = 1 кг/л.

Эффективность хлорной дезинфекции сильно зависит от значения pH воды. Хлорноватистая кислота, HOCl, слабо диссоциирует в воде. Степень диссоциации определяется значением pH, согласно следующему уравнению.

$$HOCl \leftrightarrow H^+ + OCl^-$$

$$K_i = \frac{c(H^+) \cdot c(OCl^-)}{c(HOCl)}$$

K_i – константа равновесия при данной температуре
c(x) – концентрации веществ, участвующих в реакции.

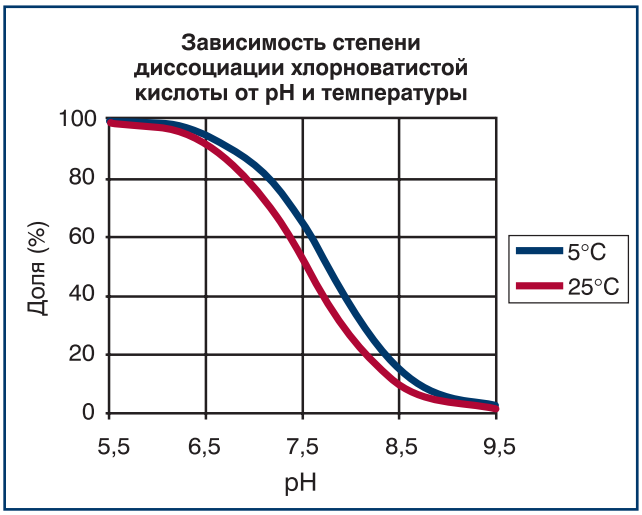


Рис.1. 3. *Доля недиссоциированной хлорноватистой кислоты*

По мере снижения доли недиссоциированной хлорноватистой кислоты возрастает доля гипохлорит-ионов. Это означает, что при доле хлорноватистой кислоты 80%, то 20% кислоты находится в форме гипохлорит-ионов.

Температура является определяющим фактором для количества хлора, который может быть растворен в данном объеме воды. На следующем рисунке представлена кривая зависимости растворимости хлора от температуры.

[3] Значения K можно определить по графику в приложении A1 (только для специалистов).

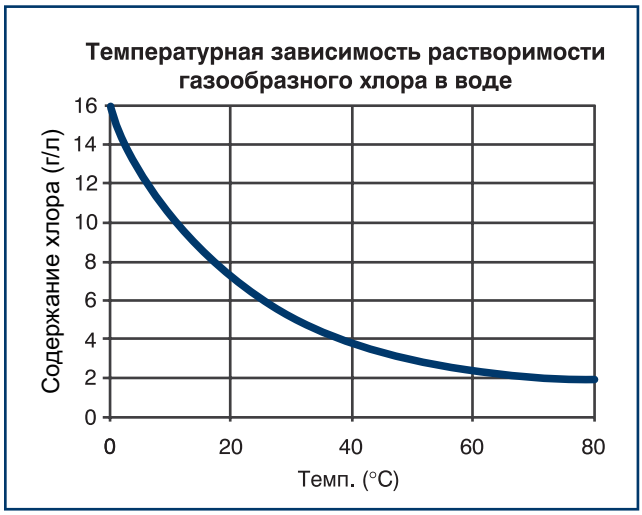


Рис. 1.4. *Растворимость газообразного хлора*

На графиках, представленных выше и в приложении, не учитывается доля молекулярного хлора (Cl_2), поскольку в общем случае она близка к нулю.[4]
На следующем рисунке показаны кривые распределения компонентов различных соединений хлора. Представленные кривые отражают также поведение этих компонентов при значениях pH, редко встречающихся при обработке воды.

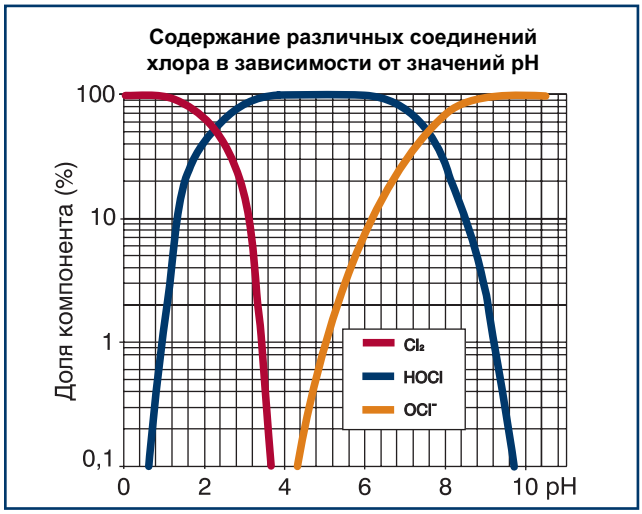


Рис. 1.5. *Соотношение форм хлора в зависимости от уровня pH*

[4] При нормальных значениях pH (6-9) и температуры (10-30°C) и при концентрациях до 10 ppm.

Условия системы, обеспечивающие высокую концентрацию хлорноватистой кислоты, оказались особенно благоприятными для достижения быстрой и наиболее полной дезинфекции.
Для бактерий Escheria Coli обнаружено, что хлорноватистая кислота, в среднем, в 50 раз[5] эффективнее гипохлорит-иона при различных значениях pH.

На следующем рисунке представлены кривые pH-зависимости эффективности хлора по отношению к бактериям Escheria Coli, которые очень часто обнаруживаются в загрязненной воде.

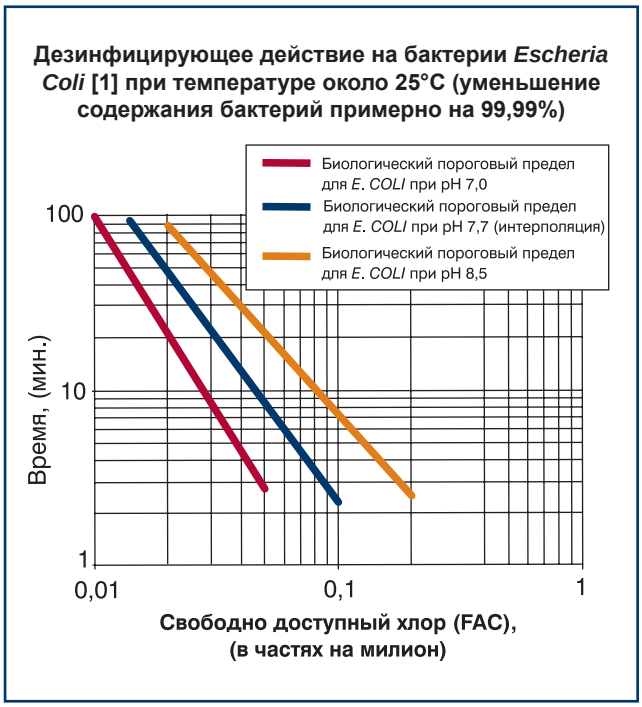


Рис. 1.6-а. *Дезинфекция E.Coli*

[5] В некоторых экспериментах получен в 80 раз более сильный дезинфицирующий эффект [1], в то время как другие эксперименты демонстрируют повышение эффективности только в 20 раз.

1.4. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРА

В общем случае, следует различать периодические и постоянные измерения содержания хлора.

Периодические измерения иногда выполняются очень простыми, сравнительно неточными методами: индикаторными полосками или, в лучшем случае, небольшими переносными фотометрами.

Фотометрическое определение основано на ослаблении интенсивности луча света определенной длины волны при прохождении через слой жидкости. Если известна первоначальная интенсивность, то по уменьшению интенсивности можно определить концентрацию определяемого вещества.

Этот метод основан на законе Ламберта-Бера, который устанавливает зависимость между толщиной слоя, через который проходит луч, параметрами поглощения света и концентрацией веществ, поглощающих свет.

Закон Ламберта-Бера:

$$A = K \times c \times d$$

где: A – Поглощение света [%]
K – Коэффициент поглощения для данного вещества, обычно выражаемый в [л/(моль·см)]
c – Концентрация [мг/л или моль/л]
d – Толщина слоя [см]

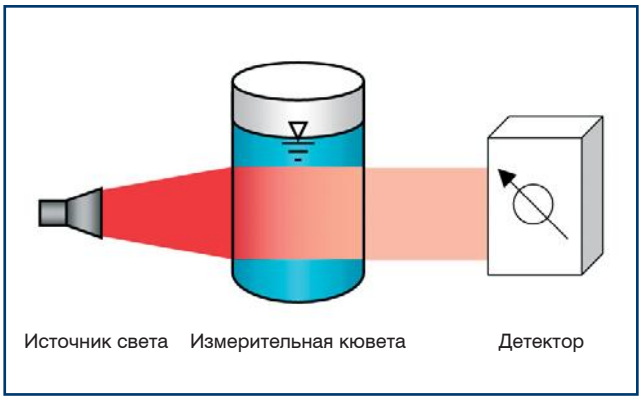


Рис. 1.6-б. *Дезинфекция E.Coli*

Компактный фотометр Conex DIT служит для определения химически связанного и свободного хлора методом DPD.[6] На присутствие хлора указывает появление красной окраски.

Рис. 1.7. *Оборудование для периодического измерения и контроля содержания дезинфектантов: Conex DIT*

Для постоянных измерений обычно используются электрохимические методы. В этих методах концентрацию дезинфекционного средства определяют по физико-химическим параметрам. Применяют два разных метода:
1. Амперометрический
2. Потенциостатический

Амперометрический метод основан на принципе гальванического элемента. Два электрода, изготовленные из разных металлов, помещают в раствор. При этом между ними возникает электрохимический контакт через слой раствора, находящийся между ними. Различные свойства металлических электродов в отношении их склонности испускать электроны в раствор обеспечивают возрастание заряда и возникновение тока. Полученный сигнал тока в диапазоне нано- или микроампер усиливается прибором.

В более развитой версии амперометрического метода используются ион-селективные мембраны. В этом случае проба раствора «фильтруется» мембраной, пропускающей хлор. Мембрана находится в солевом растворе с опущенными в него двумя электродами. В этой части базовая схема анализа такая же, как в методе, описанном выше. Недостаток этого метода – довольно короткий срок службы мембраны, которую необходимо менять каждые 1-2 года.

Гораздо более эффективным и надежным является потенциостатический метод. В этом методе для измерений используется двух- или трехэлектродная система. В трехэлектродной системе Alldos через пробу раствора контактируют измерительный электрод и противоэлектрод. Электрод сравнения служит для генерации постоянного заряда в измерительном электроде с помощью потенциостата.

Такая технология делает потенциостатическую измерительную систему намного более стабильной.

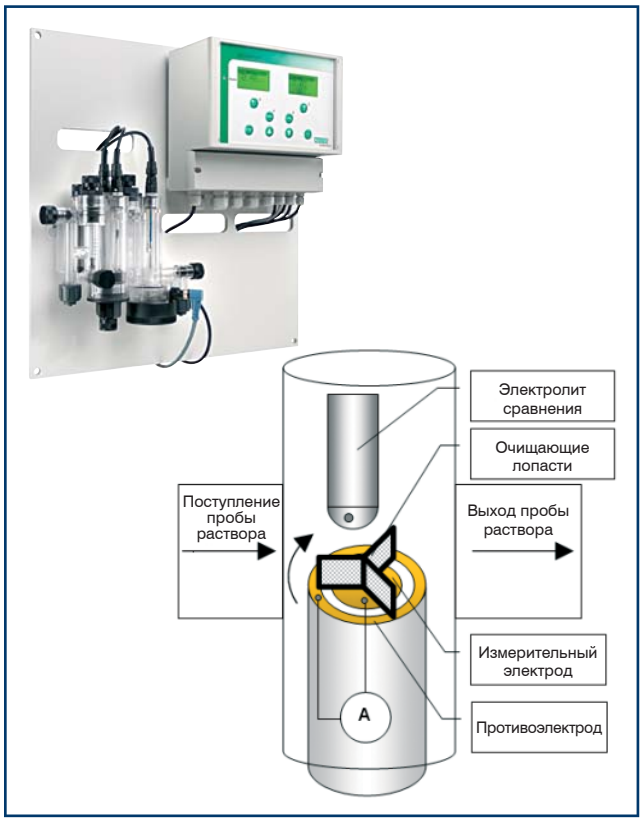


Рис. 1.8. *Оборудование для постоянного измерения и контроля содержания дезинфектантов и принцип его работы*

На интенсивность измеряемого сигнала влияет не только концентрация вещества, но и его окислительно-восстановительный (redox) потенциал.

[6] DPD – аббревиатура используемого реагента для определения хлора: N,N-диэтил-1,4-фенилендиамин сульфат.

Все вещества имеют разные redox-потенциалы, то есть различную склонность принимать или отдавать электроны при данных условиях.

На следующем рисунке показана зависимость redox-потенциалов разных веществ от значения pH.

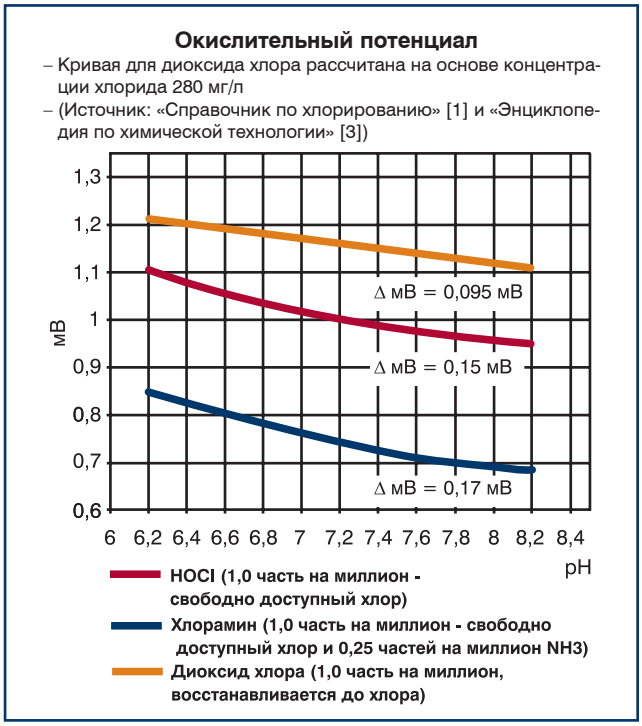


Рис. 1.9. *Различие окислительных потенциалов*

pH – зависимый процесс измерения потенциала хлорированного раствора описывается следующим уравнением:

$$HOCl + H^+ + 2e^- \rightarrow Cl^- + H_2O$$

В левой части уравнения присутствуют катионы H^+, что свидетельствует о зависимости от значения pH и способности хлорноватистой кислоты забирать электроны (восстанавливаться), приводя к разности потенциалов между электродами.

Рассмотрев в некоторых деталях сложные химические взаимодействия при дезинфекции и соответствующие измерительные методы, перейдем к типам хлорирования, используемым на практике.

1.5. ТИПЫ ХЛОРИРОВАНИЯ

Предварительное хлорирование
Как видно из названия, эта процедура производится перед любыми другими операциями обработки. Она служит начальным этапом дезинфекции для удаления из воды как можно большего количества микробов перед дальнейшей обработкой. В очистке питьевой воды предварительное хлорирование используется для предохранения установок фильтрации от чрезмерного наслоения микроорганизмов. В очистке сточной воды предварительное хлорирование применяют, чтобы предотвратить перегрузку биологической стадии очистки инородными бактериями.

Заключительное хлорирование
Это заключительный этап обработки, который служит для гарантии наличия в водопроводной сети избыточного хлора, который должен препятствовать повторному росту бактерий.

Интенсивное хлорирование, или хлорирование в ударных дозах
Эта процедура используется для быстрой и надежной дезинфекции новых водопроводных линий перед их вводом в эксплуатацию. Кроме того, ее применяют в системах, где постоянно возникают источники микробов в открытых контурах охлаждения, трубах с протечками или из-за переменного качества воды.

Этот тип хлорирования практикуется периодически, а не постоянно. Хлор добавляется в течение короткого периода времени и, в некоторых случаях, с концентрацией до 10 раз выше обычно поддерживаемой концентрации. Продолжительность интервалов времени и необходимая концентрация определяются на основе накопленного опыта таких обработок.

Хлорирование в точке перегиба
Это особый режим хлорирования, предназначенный для определения количества необходимого хлора с учетом присутствия в воде азотных соединений (аммиака, аминов), которые связывают свободный хлор.

Особенность образуемых при этом хлор-азотных соединений заключается в том, что их концентрация не линейно связана с количеством добавляемого хлора и с концентрацией доступного хлора. Причина в том, что свободный хлор связывается азотными соединениями с образованием хлорамина.

При этом могут формироваться моно-, ди- и трихлорамины. Например, при увеличении добавок хлора, монохлорамин превращается в дихлорамин. Это означает, что при добавке одинакового количества хлора его потери за счет связывания аминами и уже образовавшимся монохлорамином будут разными.

На двух следующих рисунках демонстрируется поведение этой системы.

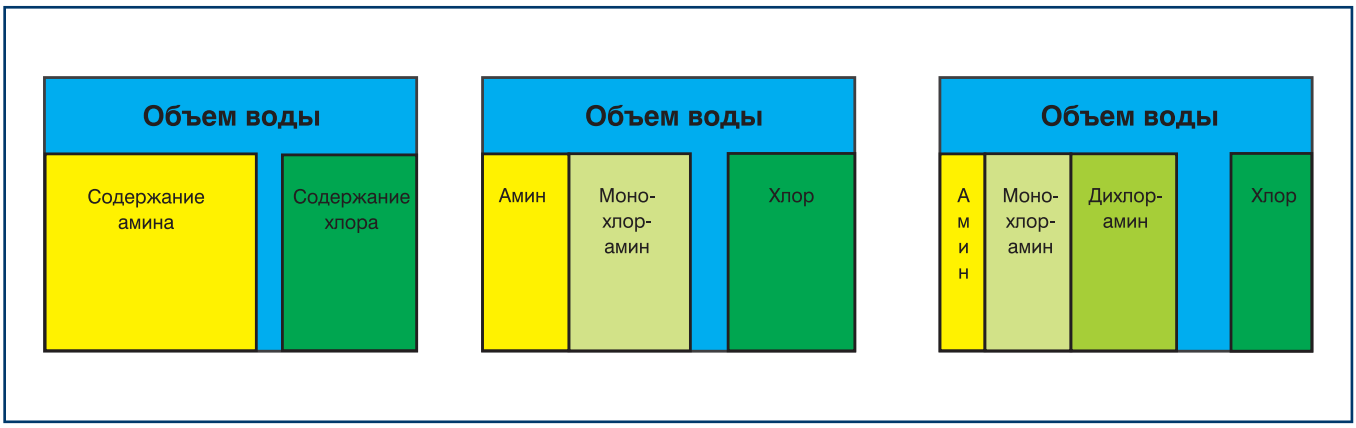


Рис. 1.10. *Образование хлораминов*

Рис. 1.11. *Хлорирование в точке перегиба*[7]

[7] Влияние истощения хлора аминами преодолевается при соотношении свободно доступного хлора к количеству введенного хлора, равном 1:5

2. УСТРОЙСТВО СИСТЕМ ГАЗООБРАЗНОГО ХЛОРА

Конструкции систем хлорирования зависят от источника используемого хлора: установки с газообраз-ным хлором, установки с использованием хлора из газовых баллонов и установки с использованием жидкого хлора из бочек. Разница конструкций определяется количеством хлора, которое требуется извлечь. На практике показано, что при скорости извлечения более 1%[8] (в кг/час) от полного веса баллона или цистерны хлор становится все труднее извлекать в виде газа. Вместо этого, в случае низкого давления или в неблагоприятных ситуациях, извлекается жидкий хлор.

Следующий пример поясняет это:

- Полный вес хлора в баллоне – 65 кг

Максимальная скорость извлечения газообразного хлора: 65 × 0,01 ~ 0,65 кг/ч

- Полный вес хлора в цистерне – 1 000 кг

Максимальная скорость извлечения газообразного хлора: 1000 × 0,01 ~ 10 кг/ч

Существует также эмпирическое правило, согласно которому допускается извлекать хлор со скоростью в 2-3 раза выше указанной в течение коротких промежутков времени (20–30 минут).

Это объясняется особенностями фазового перехода между газообразным и жидким состоянием. Если экстракция слишком быстрая, давление в емкости с хлором падает. Система стремится вновь восстанавливать равновесие между газообразной и жидкой фазами, а это приводит к быстрому испарению жидкого хлора и охлаждению емкости (причина: охлаждение в результате испарения, или энтальпия испарения). В зависимости от интенсивности этого процесса может произойти дальнейшее падение давления, которое будет препятствовать контролируемому дозированию или даже сделает его невозможным. При этом извлекается также кипящий жидкий хлор, который может серьезно повредить пластмассовое дозировочное и контрольно-измерительное оборудование.

Поскольку при дозировании и добавлении в воду всегда используют газообразный хлор, системы, извлекающие хлор из источников с жидким хлором, должны гарантировать, что хлор преобразуется в газ (→ испарение хлора). После этого этапа оба типа систем почти идентичны и в крупных, и в малых системах хлорирования. На следующем рисунке представлена функциональная схема системы хлорирования от этапа извлечения хлора до его добавления в воду.

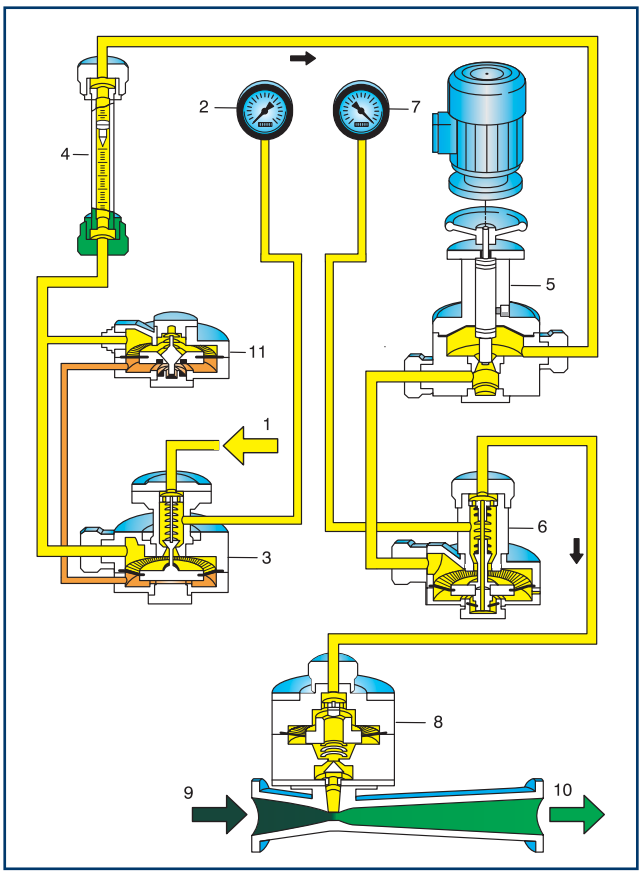


Рис. 2.1. *Функциональная схема системы хлорирования*

Компоненты:
1 – Поступление газа
2 – Манометр
3 – Вакуумный регулятор (или предварительный регулятор для крупных систем хлорирования)
4 – Измерительная трубка на дозаторе
5 – Клапан расхода на дозаторе с сервомотором
6 – Главный регулятор (только для крупных систем хлорирования, см. раздел 4)
7 – Вакуумметр
8 – Инжектор
9 – Поступление воды, клапан
10 – Выпускное отверстие хлорированного раствора, диффузор
11 – Компенсация колебаний давления

[8] Значение, которым руководствуются на практике

2.1. МАЛЫЕ СИСТЕМЫ ХЛОРИРОВАНИЯ ГАЗА

Базовая схема систем такого типа показана на следующем рисунке.

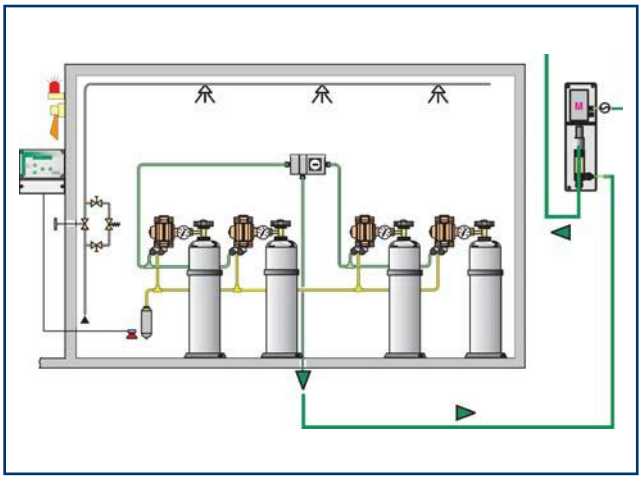


Рис. 2.2. *Типовая схема малой системы хлорирования с двумя линиями и вакуумным переключающим устройством*

Начиная с газового баллона с хлором и заканчивая точкой добавления в воду, система состоит из следующих компонентов:

Вспомогательный клапан на баллоне
(только для линий с коллектором)

Вакуумный регулятор
Возможно использование дополнительных компонентов:
- Манометр
- Отделитель жидкости
- Защитное устройство для поддержания остаточного давления
- Комбинированный вакуумный регулятор с дозатором (конструкция GECO)

Автоматическое вакуумное переключающее устройство
Возможно использование дополнительных компонентов:
- Выходной разъем для сигнала переключения (макс. 230 В)

Активированный уголь
фильтр для поглощения утечек с регулятора
Дозатор
Возможно использование дополнительных компонентов:
- Компенсация колебаний давления, система с двойной мембраной (в противоположность системе GECO)
- Гнездо для ручного или моторизованного регулятора

Инжекторная система
- состоящая из инжектора с мембраной или шаровым обратным клапаном, фильтра и запорного клапана.

Возможно использование дополнительных компонентов:
- Дополнительный сдвоенный шаровой обратный клапан на пути газа к инжектору

Системы, подобные описанным выше, называются полностью вакуумными системами, так как от точки подачи хлора из баллона извлечение газа управляется вакуумным регулятором с частичным вакуумом порядка 0,7–0,8 бар). Эти системы отличаются от прежних систем с линиями коллектора, в которых вакуумный регулятор устанавливался на участке подачи хлора из баллонов, связанных через линии коллектора.

2.1.1. Вакуумные регуляторы

Основные изделия вакуумного регулятора:

- Газовый впускной клапан
- Газовый фильтр
- Защитный клапан против избыточного давления
- Мембранный регулятор

Металлические впускные клапаны изготавливают из особенно стойкого к хлору бронзового сплава, и они доступны с различными вариантами соединительной арматуры. Отметим одну важную особенность – дополнительное защитное устройство для остаточного давления, которое может быть встроено в корпус клапана. Оно служит для поддержания минимального остаточного давления в емкости, из которой подается хлор.

Это предотвращает опустошение баллона с хлором до рабочего вакуума, когда в него может попасть влажный воздух при снятии вакуумного регулятора даже на короткий период. Попадание влаги в баллон может вызвать коррозию. Если баллон опустошается до давления, равного рабочему вакууму, грязь из баллона может также попасть в вакуумный регулятор. «Потеря хлора» из-за его неполного извлечения несущественна. Оставшийся в баллоне хлор составляет менее 1% от полного объема (см. приложение А2).

Поддержание остаточного давления достигается с помощью пружинного запорного механизма. Прижимная область перемещается и закрывает клапан, когда давление в баллоне падает ниже 2 бар.

Рис. 2.3. *Комбинированный регулятор C 103 GECO. Вакуумный регулятор и дозатор в одном устройстве*

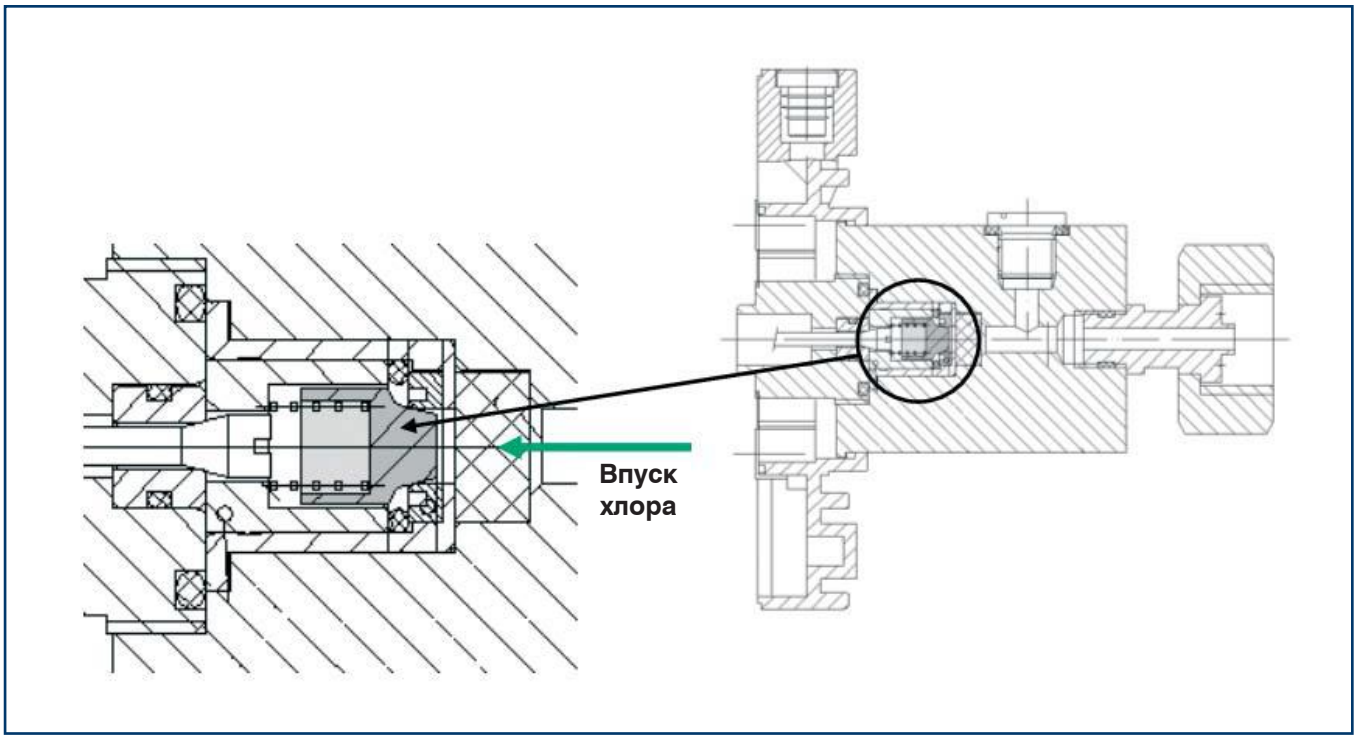


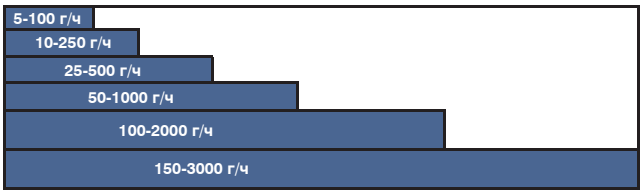
Рис. 2.4. *Защитное устройство для поддержания остаточного давления*

Устройство систем газообразного хлора

Чтобы проверить правильность работы системы и гарантировать безопасность, на впускной клапан можно установить дополнительный манометр и отделитель жидкости (Liqufilt). Всегда существует риск попадания жидкого хлора во впускной клапан, если падает температура в баллоне или в помещении газовой установки, либо если колеблется извлекаемое количество хлора и нарушается «правило одного процента» (см. выше). Отделитель жидкости Liqufilt сконструирован в форме коаксиальной трубки. Во внутренней трубке хлор (часть которого, возможно, находится в жидкой форме) проходит через фильтр, а затем подается на вакуумный регулятор через нагретую внешнюю трубку.

Выпускаются вакуумные регуляторы такого типа с пропускной способностью до 4000 г/ч в следующих диапазонах:

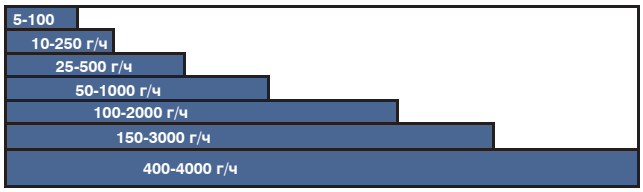
GECO C103
(Комбинированный регулятор: вакуумный регулятор и дозатор)



Регуляторы серии GECO называются одномембранными системами без компенсации колебаний давления. Это означает, что объединенный **в одном устройстве** регулятор вакуума/дозирования направляет хлор через одну регулирующую мембрану посредством частичного вакуума. Регулировка осуществляется ручным регулятором, установленным сбоку на дозаторе.

Предлагаются также вакуумные регуляторы одномембранной системы без дозаторов (модели C 113-110), на случай, если нет намерения регулировать дозировку прямо на баллоне с хлором. Однако никакие колебания в скорости подачи хлора не будут компенсироваться даже при раздельной регулировке.

C 111
(Модель с компенсацией колебаний давления, как система с двойной мембраной и дозатором C 113)



Выпускаются вакуумные регуляторы C103 GECO и C111 с различной пропускной способностью и разными вариантами соединительной арматуры. Обе модели могут быть оснащены манометрами и отделителями жидкости. Главное отличие – дополнительная регулирующая мембрана в регуляторе дозирования. Эта мембрана обеспечивает постоянную скорость подачи, которая будет поддерживаться даже при колебаниях давления, вызванных слабыми изменениями в регулируемом потоке газа или в объеме движущей воды в инжекторе.[9]

Для более высокой пропускной способности до 10 кг/час предлагается система GECO с дозатором C 117 и вакуумный регулятор GS 146.

Это одномембранная система с мембраной в вакуумном регуляторе и без регулирующей мембраны в дозаторе. Дозатор может быть оснащен ручным регулятором или сервомотором.

[9] Процесс без функции компенсации колебаний давления: Давление перед инжектором временно повышается → Давление на линии дозирования сразу падает (увеличивается вакуум) → Дозируемое количество временно возрастает →, Концентрация хлора во всей системе постоянно колеблется

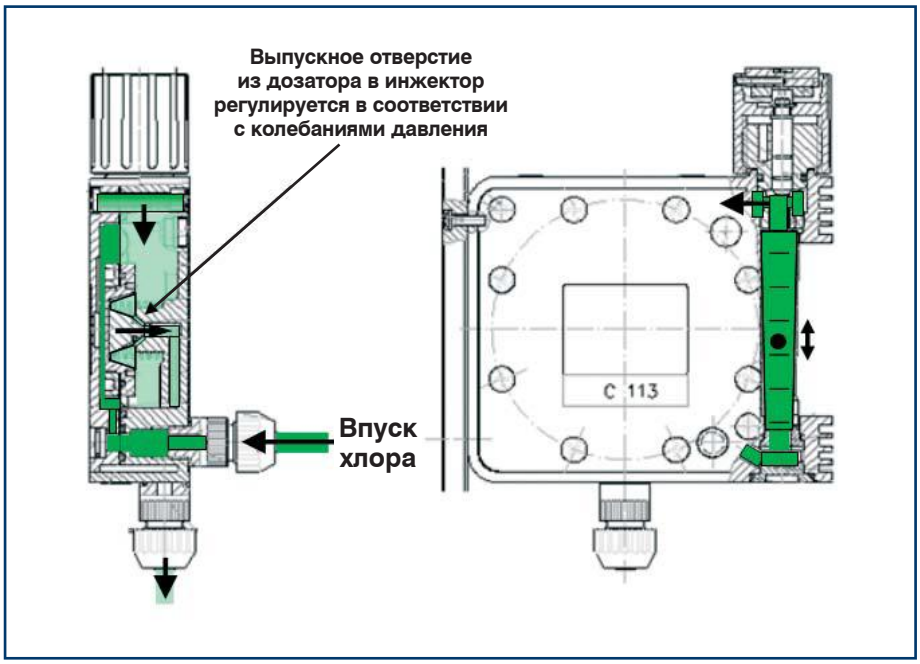


Рис. 2.5. *C 113 – дозирующий регулятор с клапаном для компенсации колебаний давления*

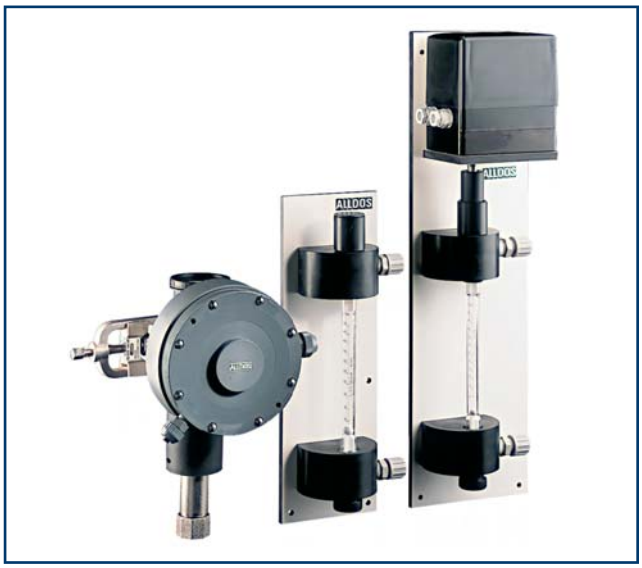


Рис. 2.6. *Вакуумные и дозирующие регуляторы тип GECO C117 | GS 146*

2.1.2. Переключающие устройства

Автоматические вакуумные переключающие устройства тип 189 служат для гарантии непрерывной подачи хлора. Эти устройства регистрируют снижение давления на подающих линиях и производят переключение на подготовленную к работе, но еще не подключенную резервную линию дозирования. Механизм переключения основан на пружинной системе мембранного клапана, которая точно настроена на рабочие давления. Устройство может быть также оснащено электрическим сигналом переключения, который подается при переключении с одной линии газообразного хлора на другую.

Линия переключается, когда частичный вакуум на линии дозирования достигает значения 0,3 бар. Во избежание недоразумений следует отметить, что предел давления в баллоне 2 бара, установленный для защитного устройства поддержания остаточного давления, не противоречит условию переключения линий. Это объясняется тем, что давления в баллоне и условия в линии дозирования нельзя сравнивать напрямую.

Рис. 2.7. *Автоматическое вакуумное переключающее устройство тип 189*

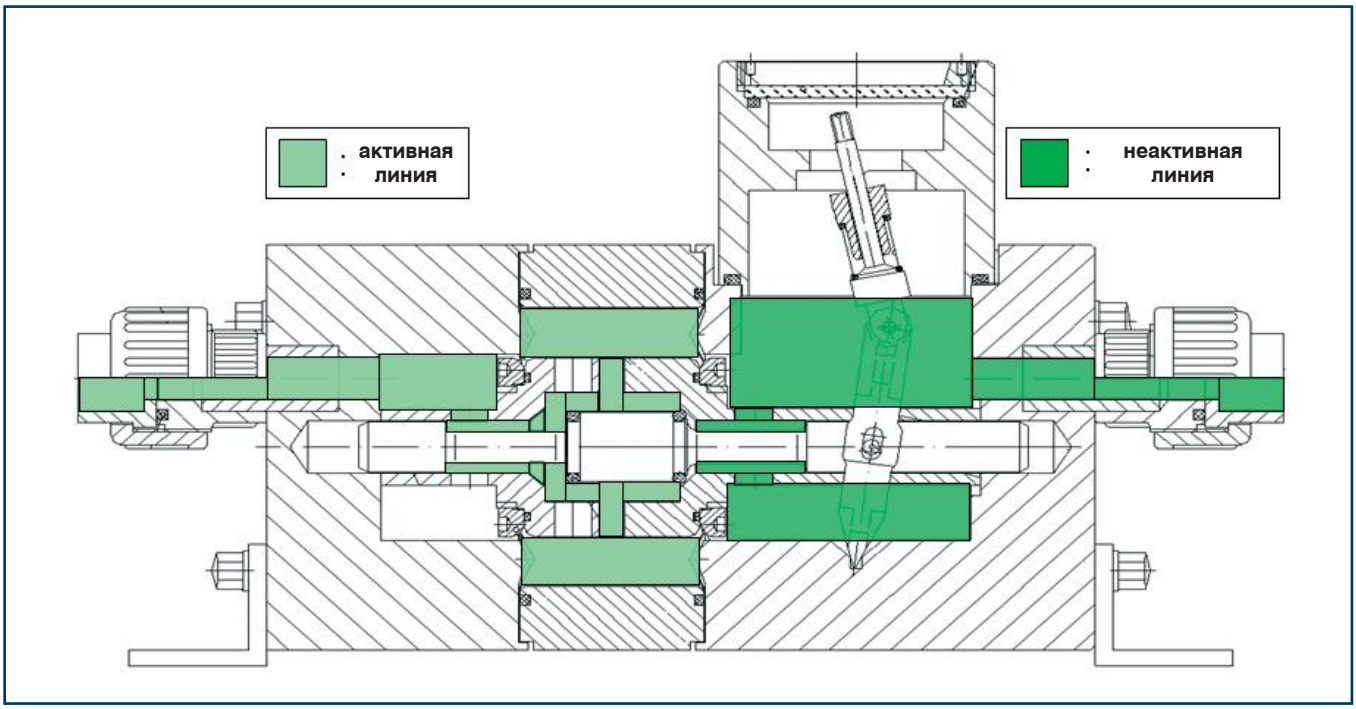


Рис. 2.8. *Схема системы тип 189*

2.1.3. Инжекторы

Инжекторы ALLDOS работают по принципу водоструйного насоса. Основные компоненты конструкции – инжектор с форсункой и диффузором.

Между форсункой и диффузором есть узкий кольцевой зазор, сквозь который поступает газообразный хлор с линии дозирования, подключенной к верхней части инжектора.

Рис. 2.9. *Инжектор тип 545*

Компания ALLDOS предлагает ряд инжекторов, чтобы удовлетворить различные требования к объемным уровням потока и давлениям. Все инжекторы подходят не только для линий подачи газообразного хлора, но и для установки на линиях углекислого газа (CO_2), двуокиси серы (SO_2) и аммиака (NH_3).[10]

Отличительная особенность инжекторов ALLDOS – механическое/гидравлическое перекрывание линии дозирования газа от водной части. Это достигается с помощью мембранного или шарового клапана в верхней части инжектора.

К числу других особенностей, отличающих эти устройства от инжекторов других типов, относятся:

- Диапазон давлений (нормальное давление, давление с максимумом 16 бар и высокое давление с максимумом 40 бар)
- Материалы: ПВХ, сталь (гуммированная)

В таблицах приложения А4 приведен широкий ассортимент инжекторов ALLDOS и области их применения.

Для замены или для новых систем можно заказать и другие инжекторы из чугуна. Предлагается также ряд стойких к озону инжекторов для впрыскивания воздушно-озоновых смесей. В этом случае рабочие параметры генераторов озона необходимо регулировать индивидуально.

Инжекторы GECO специфичны. Они всегда устанавливаются с соответствующими вакуумными регуляторами GECO и/или регуляторами дозирования без компенсации колебаний давления. По сравнению с другими инжекторами с подобной газовой емкостью и давлениями здесь используются более высокие объемы движущей воды. Это обеспечивает возможность компенсации колебаний давления. Таблицы данных для этой серии устройств здесь не приведены, так как их области применения и рабочие параметры (за исключением больших объемов движущей воды) частично совпадают с приведенными выше. В целом, эти инжекторы охватывают диапазон пропускной способности газа от 0,5 до 10 кг/час с расходами воды в пределах от 1,2 до 8 $м^3$/ч.

Все инжекторы работают следующим образом:
Поток движущей воды или воды отводного канала, проходя кольцевой зазор между форсункой и диффузором, создает вакуум.[11] Этот частичный вакуум открывает клапан в верхней части инжектора и доводит давление в вакуумной линии обычно до значения 0,2–0,8 (суммарно) бар, в зависимости от количества газа.

[10] Относительно других уплотняющих материалов: EPDM для линий SO_2 и NH_3

[11] Это базируется на законе сохранения энергии и уравнении Бернулли, см. приложение А3

Когда движущая вода прекращает течь и вакуум перестает создаваться, клапан снова закрывается. Как правило, инжекторы устанавливаются в узлах с ручными запорными клапанами, распределителем с электромагнитным управлением, гидрофильтром и насосом подкачки. Рекомендуется установить, по крайней мере, один манометр перед инжектором, чтобы контролировать впускное давление насоса подкачки.

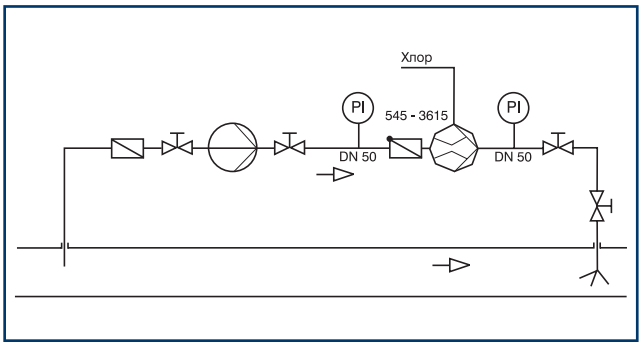


Рис. 2.10. *Инжекторная система*

Инжекторная система или системы – заключительный участок цепи систем от извлечения хлора до его добавления в воду, и ею завершается описание малых систем хлорирования.

2.2. МОНТАЖ МАЛОЙ СИСТЕМЫ ХЛОРИРОВАНИЯ И ВВОД В ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Материалы, используемые в малых системах хлорирования (и в газовой части крупных систем) – это полиэтиленовые шланги, трубы из ПХВ, стандартный уплотнитель Витон (Viton) и силиконовая смазка. На металлической стороне в системах с линиями коллектора используются химически никелированные медные трубы и химически никелированная конструкционная сталь.

На двух рисунках ниже проиллюстрированы габариты и общий вид систем.

Рис. 2.11-а. *Полностью вакуумная система*

Рис. 2.11-б. *Система с линией коллектора*

Для гарантии правильной установки системы выполните следующие рекомендации:

- Питающий трубопровод хлора должен быть закрыт во время начальных испытательных стадий!
- Перед выполнением испытаний с газообразным хлором важно убедиться, что система хорошо просушена!

Система инжектора с насосом подкачки
Перед монтажом следует сначала промыть систему струей жидкости, чтобы удалить остаточные загрязнения. Если установлены манометры, с их помощью можно проверить, достигаются ли ожидаемые давления или (после ремонта существующей системы) проверить, обеспечивает ли насос необходимую мощность. После этого инжектор снова демонтируется для проверки форсунки на наличие загрязнений.

Затем проверяется функционирование инжекции (на короткое время приложите палец к открытому газовому соединению, чтобы убедиться в наличии вакуума).

Проверка вакуума во всей системе
Проверка проводится при закрытых баллонах с хлором и работающем насосе подкачки. Линия дозирования вакуумируется через инжектор. Дозатор открывают наполовину, выпуская воздух из линии, пока индикатор в измерительной трубке не упадет до нуля.

Проверка с хлором
Эта проверка выполняется с дозатором, открытым приблизительно на 20%, и запущенным насосом. После осторожного открытия клапана баллона проверяются все точки соединения в вакуумном регуляторе с помощью паров аммиака из колбы с аммиаком. Если образуется белый туман (хлористый аммоний), подача хлора немедленно прекращается, а точки соединения снова проверяются и герметизируются.

Проверка функционирования системы
Это заключительный этап, и проверка выполняется на полной мощности подачи хлора. Цель этого испытания – проверка правильной установки и функционирования всей системы дозирования и насоса подкачки.

Дополнительную информацию по вопросам безопасности систем хлорирования см. в разделе 5.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРА И КОНТРОЛЬ ИЗБЫТОЧНОГО СОДЕРЖАНИЯ

2.3.1. Контроль по одной регулируемой переменной

Чтобы гарантировать постоянный и достаточный эффект дезинфекции, используются измерительные системы ALLDOS, позволяющие электрохимическим методом измерять уровень хлора в потоке водопроводной воды (см. раздел 2.4). Сигнал измеряемого параметра из измерительной ячейки хлора передается на измерительный усилитель и на контроллер.

Сравнив заданное значение концентрации хлора в воде с фактическим (измеренным) значением, контроллер посылает выходной сигнал приводу (например сервомотору на дозаторе, см. рис. 24). В качестве регулируемой переменной может использоваться не только концентрация хлора, но и скорость потока воды. В предположении, что качество воды всегда одинаково и что содержание хлора может меняться только из-за изменения объемного потока воды, этот метод контроля, называемый объемно-пропорциональным контролем, столь же надежен, как контроль концентрации хлора.

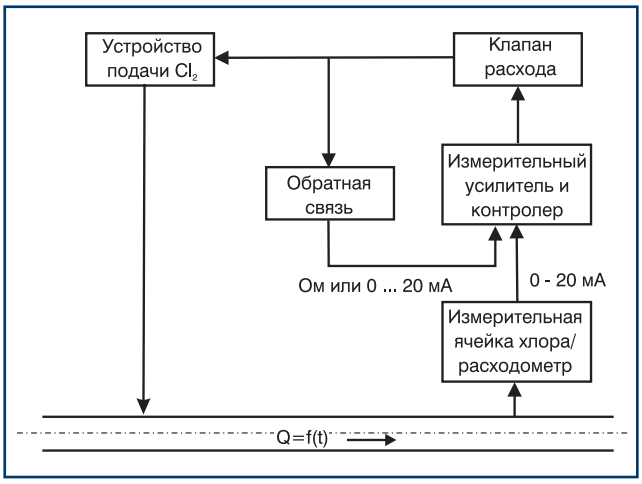


Рис. 2.12. *Схема контроля по концентрации хлора или расходу воды как регулируемым переменным (в данном примере установлена обратная связь по расходу)*

Особенность данной схемы – функция обратной связи, которая сообщает о положении клапана расхода. Положение клапана сообщается контроллеру в виде сигнала тока или сопротивления. Это дает возможность «более мягкого» контроля. К примеру, при обнаружении недостаточной концентрации хлора контроллер не открывает клапан сразу полностью, а осуществляет более тонкую регулировку с учетом разницы между заданным и фактическим значением.

2.3.2. Контроль по двум регулируемым переменным — Контроль с введением переменной возмущения

Здесь, следует различать регулируемую переменную, используемую в качестве управляющей переменной, и вторую переменную, используемую в качестве переменной возмущения.

В этом измерительном методе значения расхода потока и концентрации хлора должны сообщаться на контроллер в форме электрического сигнала, чтобы они могли быть обработаны. Это означает тот поток, должен измеряться с помощью электромагнитного расходомера.

Объемная скорость потока – управляющая переменная, а концентрация хлора – переменная возмущения. Преимущество этого метода контроля в том, что если вода не течет, хлор не будет добавляться. Истощение хлора с течением времени или из-за качества воды не вызовет в этом случае дополнительного введения хлора. В зависимости от организации всей системы и принятого метода эксплуатации это может стать либо преимуществом, либо недостатком.

После начальной дезинфекции стоячей воды расход хлора на реакции с органическими веществами, аммиаком или аминами (см. главу 2.5) может привести к полному истощению хлора. Дополнительное введение хлора в этом случае не улучшит результат дезинфекции, а просто увеличит содержание таких веществ как хлорамин.

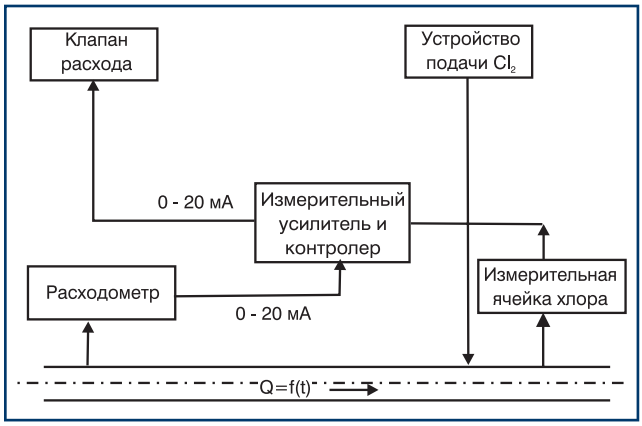


Рис. 2.13. *Схема контроля с переменной возмущения*

С другой стороны, в случае неполной/недостаточной дезинфекции стоячей воды, прекращения дозирования хлора приведет к тому, что рост микроорганизмов продолжится.

3. СИСТЕМЫ ХЛОРИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ – ЭКСТРАКЦИЯ ЖИДКОГО ХЛОРА

Принцип контроля и дозирования на крупных установках тот же самый, что и в малых системах хлорирования. Главное отличие в том, что здесь добавляется еще одна стадия – испарение хлора.

На практике не принято использовать балоны при извлечении больших количеств хлора (более чем 10 кг/час), поэтому в качестве хранилищ хлора используются цистерны, которые связаны с испарителем (для извлечения жидкого хлора) через автоматическое переключающее устройство. Цистерны хранятся в несгораемом, вентилируемом хранилище с максимальной температурой 50°C.

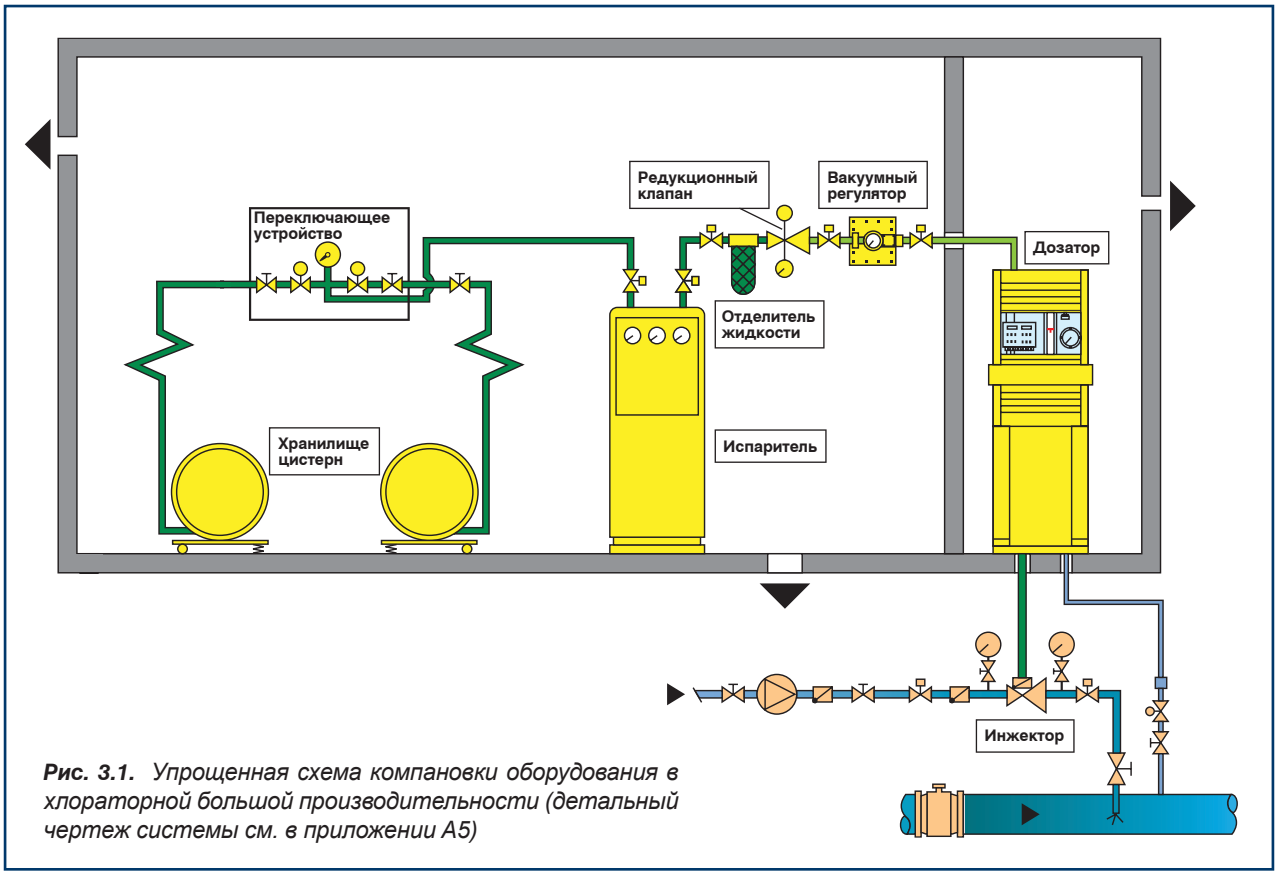


Рис. 3.1. *Упрощенная схема компановки оборудования в хлораторной большой производительности (детальный чертеж системы см. в приложении А5)*

3.1. УСТРОЙСТВО СИСТЕМ ХЛОРИРОВАНИЯ БОЛЬШОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Использование испарителя хлора настоятельно рекомендуется для непрерывного извлечения хлора со скоростью более 30 кг/час. Объемы извлечения, превышающие значения, указанные в разделе 3, приводят к охлаждению цистерны и падению давления, в результате чего дозирование становится невозможным. Редукционный клапан выходного давления регулирует давление хлора после испарителя до значения 2-3 бара. Это гарантирует, что на линии не произойдет повторного сжижения хлора,[12] пока функционирует вакуумный регулятор, даже если происходят колебания температуры во время его работы и впоследствии.

В нисходящий поток системы испарителя должен быть встроен отделитель жидкости, оснащенный газовым фильтром. Он обеспечивает дополнительную безопасность.

3.1.1. Компоненты секции жидкого хлора

Ниже дается краткая сводка по самым важным дополнительным компонентам, необходимым для жидкого испарения хлора. Они показаны в том порядке, в котором размещаются в системе:

- Хранилище цистерн (цистерны на весах)

Рис. 3.2. *Хранилище цистерн*

- Автоматическое переключающее устройство с манометром (работает по сигналу предельного давления от манометра)
- Испаритель RV 171 (Косвенный теплообменник со средой теплопередачи, управление процессом через датчики температуры и давления, защитное отключение)

Рис. 3.3. *Испаритель RV 171*

[12] В секциях линии в холодной комнате или вне помещения

- Защитный отделитель жидкости Liqufilt 524 с электрическим обогревом (на иллюстрации справа)

- Редукционный клапан 544 (Показан с отдельным запорным клапаном желтого цвета, с обратной связью к испарителю: клапан открывается, когда испаритель достигает рабочего режима, и закрывается в случае нарушения энергоснабжения, чтобы предотвратить вход жидкого хлора в линию дозирования)

Рис. 3.4. *Редукционный клапан 544*

Предотвращение повторного сжижения – особенно важный аспект, поскольку попадание жидкого хлора в линию дозирования приведет к разрушению труб и стыков из ПВХ. По этой причине секции системы между испарителем и дозатором должны проходить в зоне повышенной температуры.

Примечание.
В отличие от линий, используемых с газообразным хлором, на стороне жидкого хлора используются стальные линии ST37.[13]

[13] Высоколегированные нержавеющие стали не могут использоваться из-за точечной коррозии.

3.1.2. Компоненты системы в секции газообразного хлора

Как уже упоминалось, основные компоненты на стороне дозирования очень схожи и в малых, и в крупных системах хлорирования. Однако, большая емкость с хлором требует некоторых модификаций системы.

Начиная с вакуумного регулятора (называемого также предварительным регулятором) с пропускной способностью в диапазоне 10–200 кг/час, есть также варианты дозирования и контроля с использованием отдельных устройств или компактных систем (GS140).

Рис. 3.5-а. *Отдельные устройства: вакуумный регулятор GS146–148 с пропускной способностью 10–200 кг/ч*

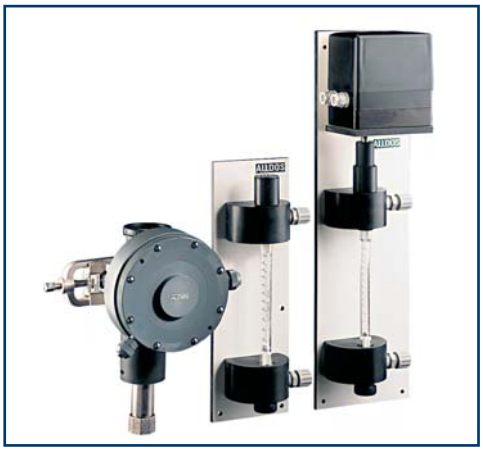


Рис. 3.5-б. *Отдельные устройства: вакуумный регулятор (жидк.) с дозатором C117 (в центре, справа) 0,5–10 кг/ч*

Системы хлорирования большой производительности – экстракция жидкого хлора

Рис. 3.6. *Комбинированная система GS140*

Компактные системы комбинируют вакуумный регулятор и дозатор, напрямую подсоединяются к инжектору и дополнительной измерительной аппаратуре.

Полная система GS включает следующие компоненты:

- Внешний предварительный регулятор входной стороны с манометром (с компенсацией колебаний давления)
- Дозатор с клапаном расхода (ручным или с мотором) и измерительной трубкой
- Основной регулятор выходной стороны с вакуумметром
- Соединительная арматура к инжектору

Сервомотор в расходомере может управляться пропорционально водомером (IDM) или измерителем хлора с вводом переменной возмущения.
Крупные системы часто применяются не для очистки питьевой воды, и в них используют гораздо более высокие концентрации хлора, до 20 г/м^3 при дезинфекции ударной дозой для охлаждающей воды или сточной воды. На следующем рисунке дана графическая сводка пропускной способности систем.

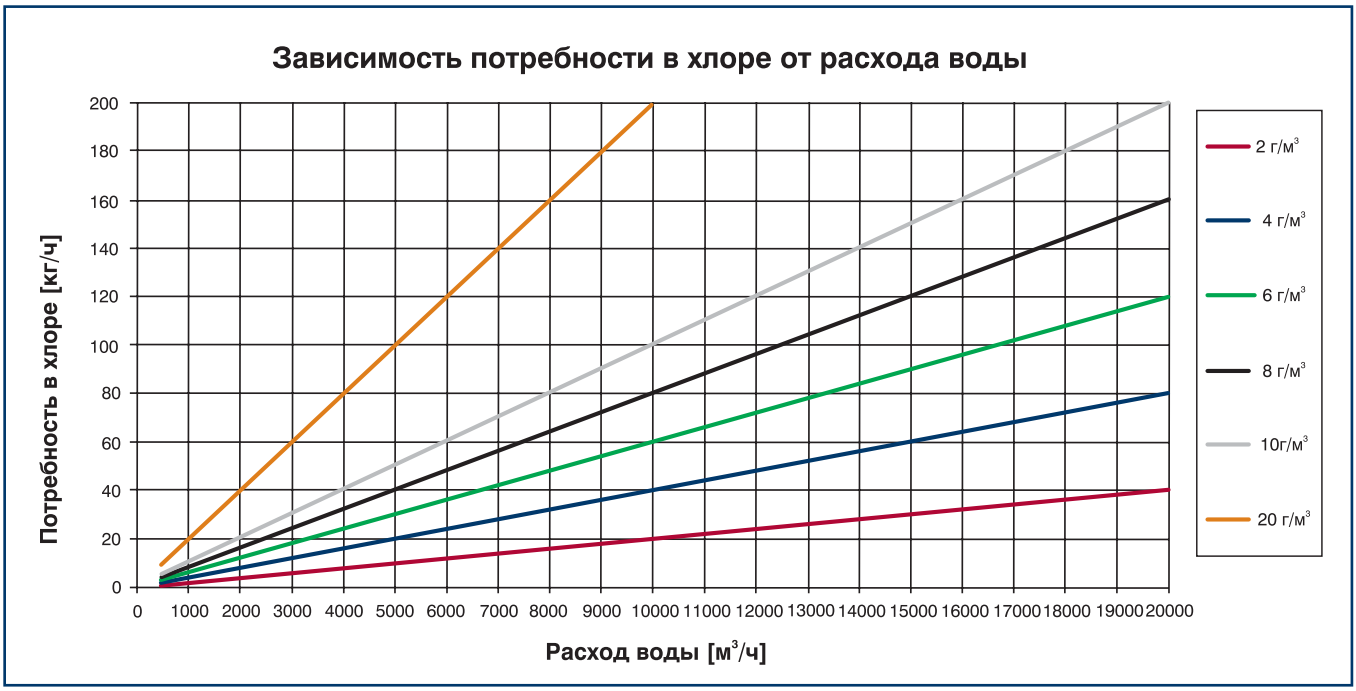


Рис. 3.7. *Расчет дозирования хлора*

4. ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Чтобы уменьшить ущерб в критических ситуациях хранилище хлора и система дозирования должны находиться в разных местах. Помещения хранилища должны иметь ровные полы, быть сухими и оснащенными вентиляцией. Так как хлор тяжелее воздуха, должны быть установлены соответствующие отсасывающие устройства с системами поглощения нисходящего потока.[14] Помещения дозирования или хранения хлора, должны быть ясно обозначены с наружной стороны соответствующими символами. Защитное оборудование, состоящее из маски с фильтром от газообразного хлора, должно храниться вне помещения с хлором. Для крупных систем хлорирования должны быть предусмотрены также респираторы с полными защитными костюмами.

Для справки: Положение по предотвращению критических ситуаций (Германия) (UVV) номер 8.15 и/или GUV-V D5[15] под названием «Хлорирование воды», которое узаконено в Германии, является полезным руководством для всех стран.

[14] Система хемосорбции основана на принципе водоструйного насоса, в ней используется разбавленный едкий натр.
[15] Аналогично GUV-R 2110

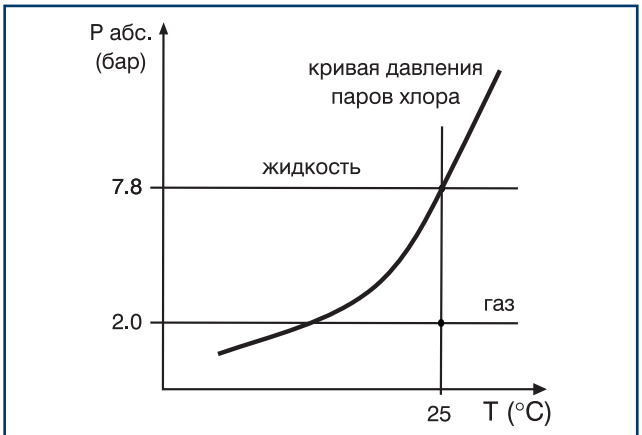
A1

Схема A1.
Для расчета значений констант Ka используется следующее уравнение [1].

$$pKa = 3000/T\,[K] - 10{,}0686 + 0{,}0253\,T[K]$$

A2

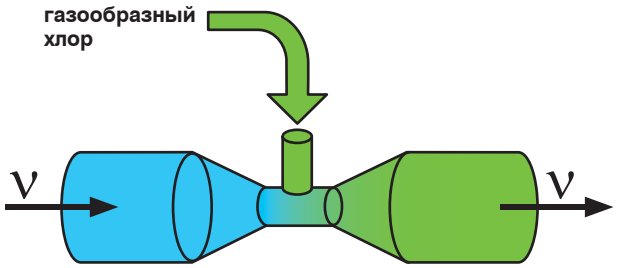
При нормальных условиях (25°C = 77°F), давление составляет 7,8 бар. При давлении 2 бара в питающей емкости не остается жидкого хлора.



Плотность газообразного хлора при 25°C/2 бар равна приблизительно 0,015 кг/л. В баллоне емкостью 46 литров остается «потерянное» количество (0,015 × 46) кг = 0,69 кг от исходного количества в баллоне 65 кг это составляет 0,69/65 = 1,06%

A3

Создание частичного вакуума в кольцевом зазоре инжектора



Впуск воды	Инжектор	Выпуск хлорированного раствора
Давление p1 Площадь сечения A1	Давление p2 Площадь сечения A2	Давление p1 Площадь сечения A1

Уравнение Бернулли:

$$\frac{1}{2}\rho \bullet \nu_1^2 + \mathbf{p_1} = \frac{1}{2}\rho \bullet \nu_2^2 + \mathbf{p_2}$$

где ρ – удельная плотность [кг/м^3]
ν – скорость потока [м/с]

Так как вода более или менее несжимаема при этих давлениях (до 16 бар макс.) и поэтому имеет постоянную плотность, а зависимость между скоростью потока, и площадью поперечного сечения была установлена, используя уравнение

$$\nu = V/A, \quad V = \text{Объем потока [м}^3\text{/с]},$$

давление в узкой части поперечного сечения должно иметь порядок, отвечающий уравнению Бернулли.

A4

Тип инжектора / серия	Максимальная пропускная способность газа [кг/ч]	Противодавление [бар]	Впускное давление [бар]	Движущая вода [м³/ч]
ПВХ-инжекторы, серия GECO с мембранным невозвратным клапаном (небольшой выбор)	500	0	2	0,35
		1	4	0,45
		2	6	0,55
		4	10	0,625
		1	4	0,75
		2	6	0,875
	1000	3	8	0,85
		4	10	0,95
		0,5	3,5	1,15
		1	4,5	1,2
	2000	2,5	6,5	1,45
		4,5	10	1,8
		0,5	3	2,2
	4000	1	4	2,4
		3	8	3,2
		5	12	4,0
ПВХ-инжекторы, серия 10 с мембранным невозвратным клапаном	10	0,5	3	3,5
		1	4	4
		1,5	5	4,5
		2	6	4,8
		2,5	7	5,1
		3	8	5,5
		3,5	9	3,5
		4	10	3,7
		4,5	11	3,9
		5	12	4
		5,5	13	4,2
		6	14	4,3
		6,5	15	4,4
		7	16	4,5
ПВХ-инжекторы, серия 20 с мембранным невозвратным клапаном	20	0,5	3	7
		1,2	4	8
		1,8	5	9
		2,3	6	9,6
		2,8	7	10,2
		3,3	8	11
		3,5	9	7,7
		4,2	10	8,3
		4,7	11	8,8
		5,3	12	9,3
		5,8	13	9,7
		6,3	14	10,1
		6,8	15	10,7
		7,3	16	11,3

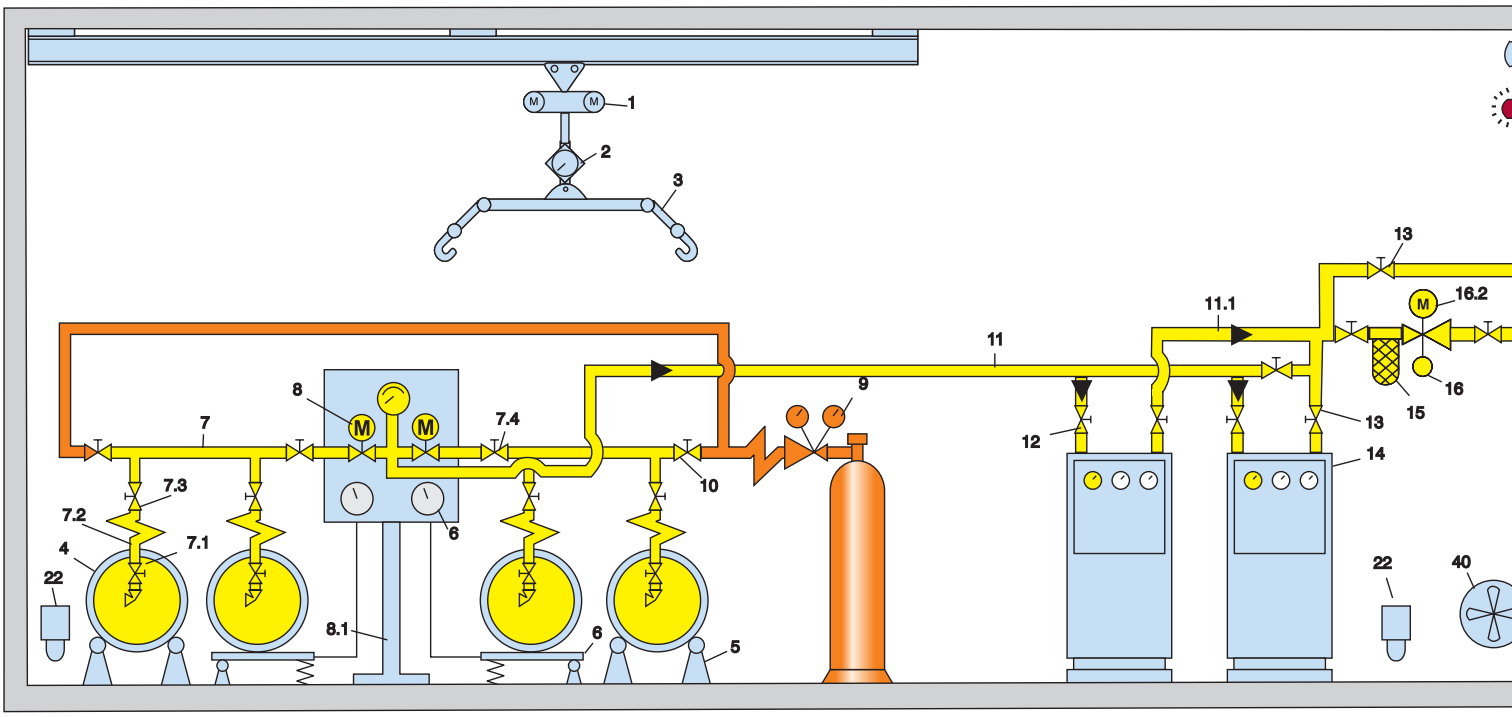
A4

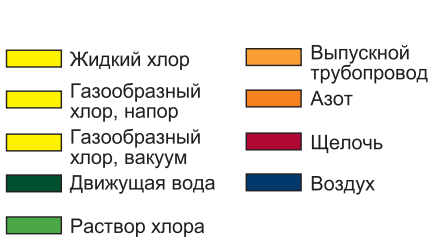
Тип инжектора / серия	Максимальная пропускная способность газа [кг/ч]	Противодавление [бар]	Впускное давление [бар]	Движущая вода [м³/ч]
ПВХ-инжекторы, серия 40 с мембранным невозвратным клапаном	40	0,5	3	13,2
		1,2	4	15,2
		1,8	5	16,8
		2,3	6	18,3
		2,8	7	19,7
		3,3	8	21
		3,5	9	15
		4,2	10	15,7
		4,7	11	16,5
		5,3	12	17,2
		5,8	13	18
		6,3	14	18,5
		6,8	15	19,2
		7,3	16	20
ПВХ-инжекторы, серия 70 с мембранным невозвратным клапаном	70	0,5	3	23
		1,2	4	26,5
		1,8	5	29,5
		2,3	6	32
		2,8	7	34,5
		3,3	8	37
		3,5	9	26
		4,2	10	27,5
		4,7	11	29
		5,3	12	30
		5,8	13	31,5
		6,3	14	32,5
		6,8	15	33,5
		7,3	16	35
ПВХ-инжекторы, серия 120 с мембранным невозвратным клапаном	120	0,5	3	40
		1,2	4	45
		1,8	5	50
		2,3	6	55
		2,8	7	59
		3,3	8	63
		3,5	9	45
		4,2	10	47
		4,7	11	49
		5,3	12	52
		5,8	13	54
		6,3	14	56
		6,8	15	58
		7,3	16	60

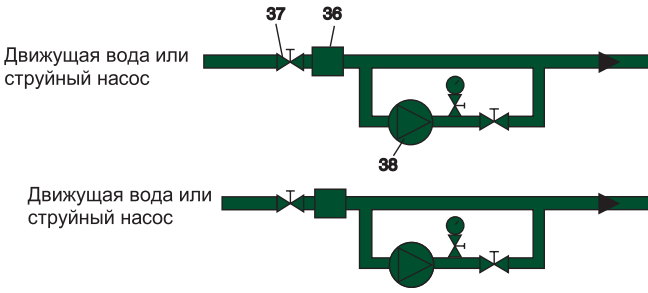
A4

Тип инжектора / серия	Максимальная пропускная способность газа [кг/ч]	Противодавление [бар]	Впускное давление [бар]	Движущая вода [м³/ч]
ПВХ-инжекторы, серия 200 с мембранным невозвратным клапаном	200	0,5	3	80
		1,2	4	91
		1,8	5	100
		2,3	6	110
		2,8	7	118
		3,3	8	125
		3,5	9	89
		4,2	10	94
		4,7	11	100
		5,3	12	105
		5,8	13	110
		6,3	14	115
		6,8	15	120
		7,3	16	125
Стальные инжекторы высокого давления (форсунка из ПВХ) с шаровым обратным клапаном	0,5	> 16 бар	10 – 40	2,8 – 5,5
	1,0			
	2,0			
	0,5	< 16 бар		
	1,0			
	2,0			
			Градация ступенями по 2 бара	Градация ступенями примерно по 0,2 м³/ч

A5

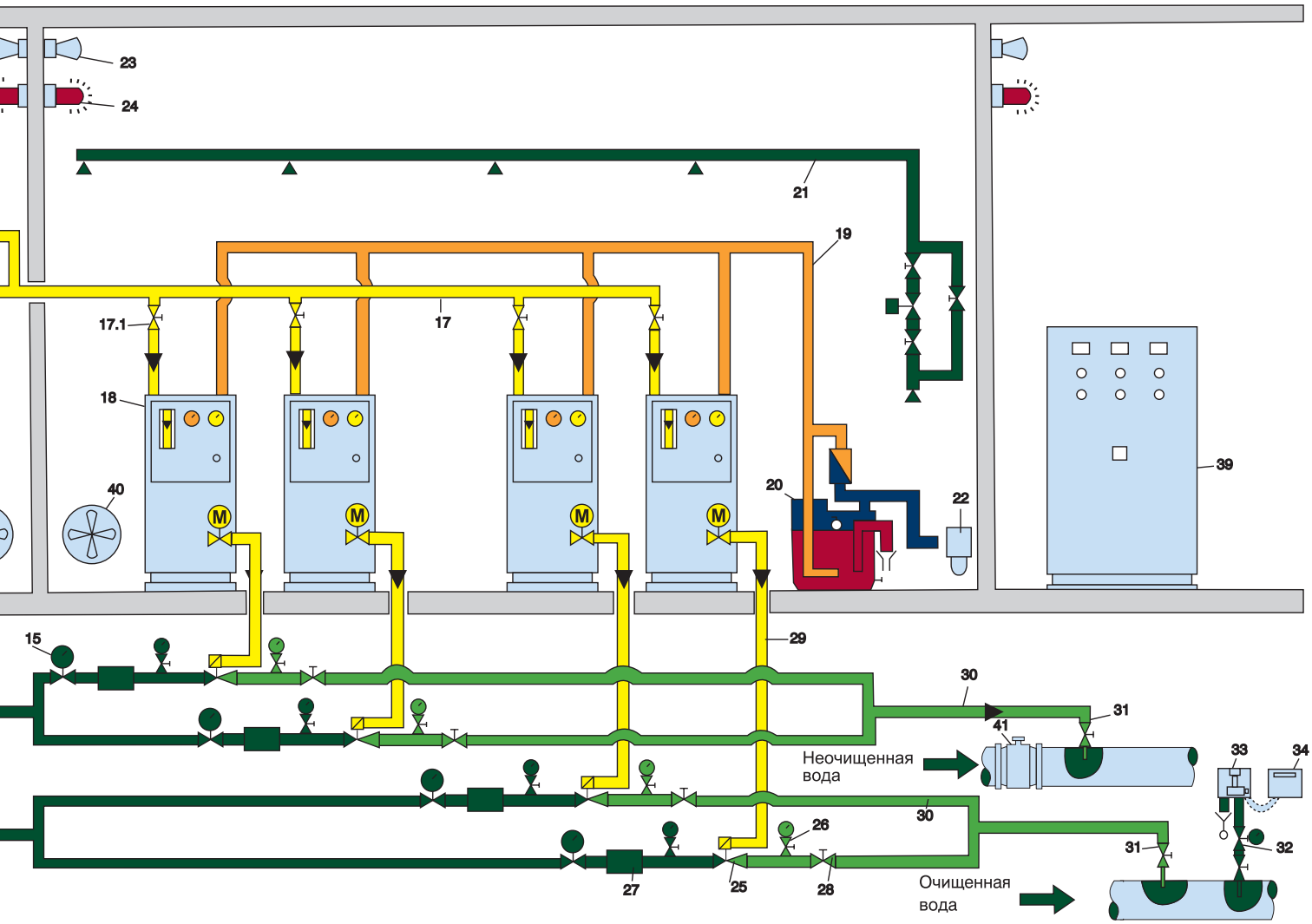






1. Цепная электрическая таль	10. Соединительный клапан для N2
2. Подвесные крановые весы	11. Стальная труба Vi” с сечением C
3. Стрела подъемного крана	Стальная труба 1” с сечением C
4. Цистерна с хлором[16]	12. Поршневой клапан 1/4”
5. Хранилище цистерн	13. Поршневой клапан 1”
6. Весы для цистерн с хлором	14. Испаритель Cl_2
7. Линия коллектора от цистерн с хлором	15. Хлорный фильтр с отделителем жидкости
7.1. Соединительный клапан для цистерны	16. Редуктор/запорный клапан
7.2. Гибкая медная линия	16.2. Электропривод
7.3. Угловой кран (Hastelloy)[17]	17. Линия коллектора хлора, сталь с сечением C
7.4. Поршневой клапан (Hastelloy)	18. Полная система дозирования (серия GS)
8. Переключающее устройство	19. Дренажная труба разгрузки (ПВХ)
9. Азотная промывочная система	20. Поглотительное устройство

[16] Каждая цистерна с хлором имеет два соединительных клапана: один для извлечения в газовую секцию (верхний) и один для извлечения жидкого
[17] или специальная, стойкая к хлору, бронза для деталей, контактирующих с хлором.



	21. Спринклерная система	34. Измерительный усилитель/контроллер
	22. Измерительная ячейка на газовом устройстве предупредительной сигнализации	35. Автоматический клапан
	23. Сирена	36. Отстойник
	24. Лампочка аварийной сигнализации	37. Запорный клапан
	25. Инжектор	38. Насос подкачки
	26. Манометр	39. Блок управления
	27. Невозвратный клапан	40. Вентилятор
	28. Запорный клапан	41. Водомер
	29. Вакуумная линия дозирования	Дополнительно: шкаф вне помещения установки для защитного снаряжения(противогаз с привинчивающимся фильтром В2Р3, респиратор для сжатого воздуха, регулятор подачи кислорода, носилки и баллон со сжатым воздухом)
	30. Линия хлорированной воды (ПВХ)	
	31. Точка инжекции	
	32. Пробоотборник воды	
	33. Измерительная ячейка хлора	

хлора (нижний)!

Электролитическое хлорирование

Необходимость соблюдения особых мер предосторожности при транспортировке и хранении токсичного хлора является недостатком метода хлорирования воды. Этот недостаток особенно ощутим в нашей стране при обширности её территории, когда хлор приходиться перевозить на большие расстояния от заводов-поставщиков. Опасность утечки хлора на базисных складах водоочистных комплексов, расположенных вблизи населённых пунктов, во многих случаях препятствует применению этого метода обеззараживания воды.

Одним из наиболее перспективных способов обеззараживания питьевых вод на водоочистных комплексах с суточным расходом хлора до 50 кг является использование гипохлорита натрия, получаемого на месте потребления путём электролиза растворов поваренной соли или минерализованных вод, содержащих не менее 20 мг/л хлоридов [5].

Системы электрохлорирования PRO-SEC компании ALLDOS представляют собой полностью автоматизированные рассольные установки с бездиафрагменными электролизёрами, предназначенные для получения высококачественного раствора гипохлорита натрия низкой концентрации для дезинфекции питьевой воды (рис. 1, 2, 3).

Рис. 1.

Предварительно подготовленный в баке-сатураторе раствор хлорида натрия с концентрацией 20-30 г/л поступает на стадию электролиза. В результате электрохимического процесса получается раствор, содержащий гипохлорит натрия, а на катоде выделяется водород. Значение напряжения, подаваемого на электролизёр, составляет 26-28 В. Продукт из электролизёра поступает в дегазирующую колонку, где происходит разбавление водородо-воздушной смеси до взрывобезопасного состояния и её отдув из системы.

Рис. 2.

Ниже представлено уравнение химической реакции получения гипохлорита натрия электролитическим способом:

$$\frac{2NaCl + 2H_2O}{\text{р – р поваренной соли}} \rightarrow \begin{matrix} \frac{\text{Анод}^+}{Cl_2} \\ \\ \frac{\text{Катод}^-}{2NaOH} \end{matrix} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{NaClO}{\text{гипохлорит натрия}} + \frac{H_2}{\text{водород}} + NaCl + H_2O$$

Основные характеристики систем электрохлорирования PRO-SEC

- производительность систем от 3 до 96 кг Cl_2/сутки,
- электроды размещены в прозрачном трубчатом корпусе из ПВХ,
- электролизер имеет восемь диафрагм, размещенных в одном узле,
- плотность электрического тока менее 1200 А/м^2,
- концентрация соляного раствора, поступающего в электролизер – 20-30 г/л,
- конечный продукт NaClO (гипохлорит натрия) выходящий из электролизера имеет следующие характеристики:
  - температура продукта на выходе из электролиза не ниже 35°С,
  - содержание менее 0,8 масс. % (менее 8 г/л),
  - значение pH 8-8,5,
  - удельный вес раствора ~ 1,014,
  - период полураспада при температуре продукта ~ 6000 дней,
  - температура замерзания ~ –1,1 °С,
- осуществление постоянного контроля и регулирования следующих параметров, посредством мониторинга с панели управления:
  - расхода воды,
  - концентрации соляного раствора,
  - силы тока,
  - напряжения,
  - температуры,
- системы имеет следующие расходные нормы по реагентам и электроэнергии:
  - 3-3,5 кг хлорида натрия/1 кг хлора,
  - 4,5-5 кВт/1 кг хлора,
- гарантия на электроды – 5 лет.

Для нормальной работы электролизёра необходимы следующие условия:

1. В электролизёр должна подаваться отфильтрованная вода хорошего качества при давлении 2-17 бар. В случае дозированной подачи продукта в воду, предназначенной для дезинфекции питьевой воды необходимо его дальнейшее разбавление. Для получения 1 кг хлора необходимо 125-140 литров воды.

2. В системе PRO-SEC должен использоваться высококачественный хлорид натрия, пригодный для подготовки питьевой воды.

Надо отметить, что электролитический продукт является более стабильным чем технический сорт гипохлорита натрия за счёт низкой концентрации. Поскольку концентрация гипохлорита составляет ~ 0,8%, и его получают при довольно низкой температуре 20-30°С, в продукте образуется небольшое количество солей хлорноватой кислоты.

Рис. 3.

Дезинфекция и водоподготовка

Реализованные проекты

Комплекс подготовки питьевой воды в Чили

Система водоподготовки в Южной Африке

Система хлорирования воды в Стамбуле

Аквацентр. Сидней, Австралия

Станции водоподготовки в Греции

Станции водоподготовки Санкт-Петербургского водоканала

Реализованные проекты

В настоящее время Alldos является не только одним из ведущих мировых производителей оборудования для дозирования и дезинфекции, но также осуществляет разработку и внедрение крупных инжиниринговых проектов в области подготовки и дезинфекции воды. В списке наиболее значимых референц-объектов компании Alldos можно отметить такие проекты как

Комплекс подготовки питьевой воды в Чили

Проектирование и поставка системы хлорирования для комплекса подготовки питьевой воды в Чили (Concepciyn/Chile waterworks) производительностью 400 000 м^3/сутки. Система работает на основе сжиженного хлора с использованием испарителей и дозирующих регуляторов большой производительности тип GS 140 и автоматизирована по протоколу Profibus.

Система водоподготовки в Южной Африке

Проектирование и поставка системы водоподготовки в водоканал Южной Африки (Rand Water/South Africa waterworks), укомплектованной дозирующими регуляторами большой производительности тип GS 140, дозировочными насосами серии DMH, а также приборами измерения и контроля содержания дезинфектанта в воде тип Conex. Производительность: от 3000 до 4000 миллионов м^3/сутки.

Система хлорирования воды в Стамбуле

Проектирование и поставка системы хлорирования воды на водоподготовительный завод в Стамбуле (Istanbul/Turkey waterworks). Мощность производства составляет 55000 м^3/час.

Аквацентр. Сидней, Австралия

Проектирование и поставка систем водоподготовки в аквацентре Олимпийских игр, Сидней, Австралия. В проекте используются дозировочные насосы с высокой точностью дозирования производительностью от 0,3 до 50 л/ч и релейным управлением. Было оборудовано 5 бассейнов общим объемом 10000 м^3.

Станции водоподготовки в Греции

Олимпийские игры, Афины / Греция
Полное оснащение станций подготовки питьевой воды на Афинской олимпиаде:

- Проектирование и поставка 45 систем дезинфекции тип GS 140 (хлор-газ)
- Станции приготовления и дозирования сульфата алюминия и полиэлектролита. Подача приготовленных реагентов осуществляется 52 дозировочными насосами типа DMH (гидравлический привод) производительностью до 1500 л/час.

Станции водоподготовки Санкт-Петербургского водоканала

2006 год. Проектирование и поставка оборудования для станций водоподготовки Санкт-Петербургского водоканала с применением современных технологий улучшения качества питьевой воды:

Петергоф – дозирование сульфата аммония, приготовление и дозирование суспензии активированного угля и раствора полиэлектролита

Кронштад – приготовление и дозирование суспензии активированного угля и раствора полиэлектролита

Колпина – приготовление и дозирование суспензии активированного угля и раствора полиэлектролита

Волково – приготовление и дозирование растворов сульфата алюминия и полиэлектролита

Южная – дозирование аммиака, раствора гипохлорита натрия и полиэлектролита

Северная – приготовление и дозирование суспензии активированного угля и раствора полиэлектролита

Главная – приготовление и дозирование суспензии активированного угля и раствора полиэлектролита

Компания Grundfos благодарит
Антона Владимировича Кожевникова,
инженера по продажам оборудования
для дозирования и дезинфекции,
за помощь в создании этой книги.

© Copyright 2006 GRUNDFOS Management A/S. All rights reserved.

Материал этой книги защищается законом об авторских правах и международными договорами. Ни одна часть издания не может быть воспроизведена никаким способом без предварительного письменного разрешения Правления компании GRUNDFOS (Grundfos Management A/S).

Степень ответственности

Все материалы, приведенные в этой книге, взяты из источников, которые GRUNDFOS Management A/S считает надежными. Однако, принимая во внимание возможные технические ошибки, мы не можем гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Handbook of Chlorination and alternative disinfectants (Справочник по хлорированию и альтернативным дезинфицирующим агентам); 1999 ; fourth edition; Geoffrey Clifford White; ISBN 0-471-29207-9; John Wiley&Sons

2. Science and Technology (Наука и технология); McGraw-Hill Encyclopedia; Volume 3, Page 627 taken from: Diamond Shamrock Corp.; Chlorine Handbook (Справочник по хлору), 1976

3. Encyclopedia of Chemical Technology (Энциклопедия химической технологии), Vol. 5, fourth edition, page 970 Chapter: «Chlorine Oxygen Acids and Salts» (Глава: «Кислоты оксидов хлора и соли»)

4. Technical document: «ALLDOS Grosschloranlagen» («ALLDOS large chlorination systems»); 1985

5. Фрог Б.Н. Водоподготовка: Учебн. пособие для вузов. М. Издательство МГУ, 2003

BE > THINK > INNOVATE >

Представительства компании Грундфос в Центральной Азии

Казахстан
050020, г. Алматы
Кок-Тобе-2, ул. Кыз Жибек, 7
Тел: +7 727 2279854 /55 /56
Факс: +7 727 2396570
kazakhstan@grundfos.com

010000, Астана
ул. Ауэзова, 8, бизнес центр
«Азия», 4 этаж
Тел: +7 7172 688731
Факс: +7 7172 688732
otrapeznikov@grundfos.com

060011, Атырау
ул. Азаттык, 48, бизнес центр
«Премьер Атырау», 9 этаж, оф. 902 а
Тел: +7 7122 320494
Факс: +7 7122 320494
ykondratenko@grundfos.com

490002, Усть-Каменогорск
ул. Виноградова, 29, кв. 98
Тел: +7 7232 763915
Факс: +7 7232 763915
sbystrov@grundfos.com

Узбекистан
100015, г. Ташкент
ул. Ойбека, 38 а, бизнес центр
Авалон, оф. 3а
Тел: +998 71 1503290/91/92
Факс: +998 71 1503290
uzbekistan@grundfos.com

Кыргызстан
720011, г. Бишкек
ул. Шопокова 93/2, 6 этаж,
оф. 607-608
Тел: +996 312 961515
Факс: +996 312 961818
aabdybekov@grundfos.com

Туркменистан
744020, г. Ашхабад
ул. Героглы, 130
Тел: +993 12 908111
Факс: +993 12 908111
turkmenistan@grundfos.com

Таджикистан
734001, г. Душанбе
1-й проезд Академиков
Раджабовых 3, оф. 9
Тел: +992 37 2217763/67
Факс: +992 37 2277767
kpirov@grundfos.com

Афганистан
Kabul, HBO
Between chahra he Haji
Yaqoub&chahra he Ansari,
Haroom plaza 3rd floor
Tel: + 93 0 773 754444
Mob: +93 0 799 132504
grundfos_afg@hotmail.com

ООО "ПромХимТех" официальный поставщик
и сервис-партнер Grundfos (центробежные насосы
дозировочные насосы)
www.promhimtech.ru
e-mail: zakaz@promhimtech.ru

Распространяется
БЕСПЛАТНО