

Малоотходные технологии

СКИФ



Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»

Лекционный курс

Автор

Вильсон Е.В.

Аннотация

Лекционный курс предназначен для всех форм обучения направления 08.04.01 «Строительство».

Автор



Вильсон Елена Владимировна

К.т.н, доцент кафедры «Водоснабжение и водоотведение»

Сфера научных интересов – физико-химическая очистка природных и сточных вод;
биологическая очистка сточных вод.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛЕКЦИЯ №1	4
Принцип формирования сточных вод с учетом организации малоотходных производств	4
ЛЕКЦИЯ №2	7
Совместная деятельность предприятий ЖКХ и промышленных предприятий по обеспечению минимизации потребления водных ресурсов и загрязнения водоемов сточными водами	7
ЛЕКЦИЯ №3	9
Системы канализации промышленных предприятий с минимальным сбросом сточных вод в водоем	9
ЛЕКЦИЯ №4	22
Примеры составления балансовых схем. Индивидуальные задания по составлению балансовых схем	22
ЛЕКЦИЯ №5	28
ЛЕКЦИЯ №6	47

ЛЕКЦИЯ №1

Принцип формирования сточных вод с учетом организации малоотходных производств

Малоотходные технологии - технологии (производства) при которых выбросы и сбросы загрязняющих веществ сокращены до минимума. Частично предотвращают загрязнение окружающей среды и позволяют снижать дополнительные затраты на ее защиту и восстановление (Экологический словарь, 2001)

1. Потребление воды на производственные нужды. Расчет норм водопотребления и водоотведения (см. МУ Севастополь 2008)

Как методы использования воды на нужды производства, так и определение требуемых для производства количеств и качеств воды всецело зависят от характера технологического процесса. Вода используется в производстве для весьма разнообразных целей. В качестве основных категорий производственного водопотребления могут быть названы: использование воды для охлаждения, для промывки, замочки, увлажнения, для парообразования, для гидротранспорта, в составе производимой продукции и т. д. Приводимые в литературе удельные нормы расхода воды на единицу продукции, полученные в результате обработки и осреднения фактических данных о расходовании воды промышленностью, могут использоваться лишь для приближенных предварительных расчетов. Требуемые для производственных целей количества воды определяются в результате технологических расчетов. Для некоторых крупных производственных объектов требуются столь большие расходы воды, что часто местных водных источников оказывается недостаточно. Между тем место расположения многих промышленных предприятий в значительной степени диктуется наличием источников сырья, месторождений полезных ископаемых, местного топлива и т. д. В подобных условиях приходится обращаться к использованию удаленных источников воды, достаточно мощных для удовлетворения потребностей предприятия. Транспортирование больших количеств воды на большие расстояния требует затрат весьма значительных средств на строительство и эксплуатацию соответствующих сооружений. Иногда возникает вопрос о том, где же выгоднее (экономичнее) располагать предприятие — ближе к источникам сырья (топлива) или ближе к источникам воды. В отношении ряда отраслей промышленности (горнорудной, металлургической и т. п.) вопрос решается в пользу расположения предприятия вблизи источников сырья. Однако в некоторых случаях, например, при выборе места расположения тепловых электростанций, может оказаться экономически целесообразнее располагать их ближе к источникам воды, чем к источникам топлива. Сокращение дальности транспортирования воды к объекту всегда повышает, кроме того, надежность системы водоснабжения. Таким образом, сам выбор места расположения промышленного предприятия может зависеть от возможности его водообеспечения. При выборе места расположения промышленного предприятия необходимо также учитывать возможное влияние его на местные природные водоемы. Сточные воды промышленных предприятий часто

Малоотходные технологии

бывают сильно загрязнены, а иногда и токсичны. Надлежащая очистка больших количеств сточных вод связана с весьма большими затратами. Сброс же сточных вод без достаточной очистки вызывает недопустимое загрязнение водоемов. Закон об охране вод устанавливает очень строгие правила по предупреждению загрязнения природных водоемов сточными водами.

При расчете лимитов на отпуск воды промышленным предприятиям следует руководствоваться:

а) для технологических целей;

- нормативами расхода воды по видам технологического оборудования, установленными организациями - разработчиками оборудования;

- нормативами расхода воды для отдельных агрегатов, аппаратов, машин и механизмов - по данным организаций-разработчиков или заводов-изготовителей в соответствии с техническими паспортами, инструкциями по эксплуатации или другими сопровождающими оборудование документами;

- нормативами расхода воды на процесс - для отдельных технологических процессов в соответствии с технологическими картами процесса;

б) для хозяйственно-питьевых нужд рабочих и служащих предприятий:

- нормативами СНиП П-31-74 "Нормы проектирования. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения" (приложение 4);

в) для коммунально-бытовых служб:

- нормативами СНиП П-30-76 "Нормы проектирования. Внутренний водопровод и канализация зданий" (приложение 4).

2.7. "Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности" (М., Стройиздат, 1978 г.), "Укрупненные нормы расхода воды и количества сточных вод на единицу продукции для различных отраслей промышленности" (М., Стройиздат, 1973 г.), а также ведомственные (отраслевые) нормы водопотребления, определяющие потребность в воде на единицу продукции или в целом для предприятия для установления лимитов отпуска питьевой воды промышленным предприятиям применять не допускается.

ЛЕКЦИЯ №2

Совместная деятельность предприятий ЖКХ и промышленных предприятий по обеспечению минимизации потребления водных ресурсов и загрязнения водоемов сточными водами

Предприятие ВКХ обязано:

- контролировать правильность расчетов водохозяйственных балансов, представленных промышленными предприятиями, а при необходимости - проводить дополнительное обследование промышленных предприятий;
- устанавливать лимиты и режимы отпуска воды промышленным предприятиям и представлять их на утверждение Мэру города.
- контролировать соответствие фактического водопотребления промышленными предприятиями установленным лимитам и при сверхлимитном потреблении взимать с них в установленном порядке повышенную плату;
- контролировать выполнение промышленными предприятиями плана организационно-технических мероприятий и при необходимости информировать местные Советы народных депутатов о ходе их выполнения;
- требовать при необходимости организации учета расхода воды внутри промышленного предприятия;
- осуществлять методическую и консультативную помощь промышленным предприятиям по технологии обработки оборотных и повторно используемых вод, организации учета воды, проведению лабораторного контроля и анализов воды, по совершенствованию схем использования питьевой воды на технические нужды и др.;
- информировать вышестоящие органы жилищно-коммунального хозяйства, а также органы по регулированию использования и охране вод о всех нарушениях промышленными предприятиями установленных лимитов на отпуск питьевой воды, несоблюдении сроков осуществления планов организационно-технических мероприятий, направленных на сокращение использования питьевой воды на технические цели.

Промышленные предприятия обязаны:

- представлять предприятиям ВКХ расчет водохозяйственного баланса, структурную схему водоснабжения, план организационно-технических мероприятий и другие необходимые документы при заключении или пролонгации договора на отпуск питьевой воды, а также по требованию ВКХ;
- обеспечить беспрепятственный доступ работников ВКХ на промышленное предприятие для обследования систем водоснабжения, контроля расчета водохозяйственного баланса и структурной схемы водоснабжения, проверки выполнения плана организационно-технических мероприятий и представлять им необходимую документацию;
- обеспечить соблюдение предписанных режимов потребления питьевой воды, организовать контроль расхода, а в необходимых случаях - и температуры

Малоотходные технологии

воды на технологическом водопотребляющем (водоиспользующем) оборудовании в соответствии с требованиями, определяемыми заводами-изготовителями;

- выполнять предписания ВКХ по организации учета расходования воды внутри промышленного предприятия;

- приказом по промышленному предприятию назначить ответственное лицо за водоснабжение и сообщить предприятию ВКХ его фамилию, имя, отчество, занимаемую должность и телефон.

ЛЕКЦИЯ №3

Системы канализации промышленных предприятий с минимальным сбросом сточных вод в водоем

Наиболее рациональным в решении проблемы охраны водоемов от загрязнения сточными водами является создание замкнутых систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий с использованием очищенных сточных вод в системах технического и оборотного водоснабжения и забором свежей воды из водоисточников в основном для целей питьевого водоснабжения.

Необходимость разработки и внедрения замкнутой системы водоснабжения промышленного предприятия зависит от ряда причин, а именно: 1) от дефицита воды в районе или области; 2) от содержания в водохозяйственном объекте загрязняющих веществ, близких к их ПДК в водоеме; 3) от применения современной малоотходной технологии.

Целесообразность применения замкнутых систем определяется также степенью ущерба, наносимого водоему при сбросе неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод; необходимостью извлечения из сточных вод ценных компонентов и их утилизации; высокими требованиями к качеству сточных вод, сбрасываемых в канализацию или водоемы, ибо иногда по ряду компонентов к сбрасываемой воде предъявляются требования более высокие, чем к качеству питьевых вод, и поэтому сброс таких вод нецелесообразен.

Внедрение замкнутых систем обосновывается технико-экономическими расчетами, причем в ряде случаев применение таких систем, даже при их экономической нецелесообразности, диктуется необходимостью улучшения санитарно-гигиенических и экологических условий на предприятиях, в ТПК и т. д. Кроме совершенствования методов очистки сточных вод и введения безводных процессов для создания таких систем необходимо разработать технологические процессы, позволяющие резко сократить отходы-производства и потребления воды. Применение рациональных схем водоснабжения предприятий с многократным использованием воды в производствах и создание внутрицеховых оборотных систем, включающих локальные сооружения очистки наиболее загрязненных сточных вод, дают возможность резко сократить количество сточных вод, поступающих на внеплощадочные очистные сооружения. Причем на эти сооружения поступают только воды, содержащие биохимически разрушаемые соединения, что позволяет вернуть очищенную воду в системы технологического и оборотного водоснабжения.

Основные предпосылки для создания замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий следующие.

1. Применение безводных или маловодных технологических процессов, обеспечивающих более полное комплексное использование сырьевых ресурсов. Внедрение аппаратов воздушного охлаждения позволяет не только сэкономить значительное количество воды, но и уменьшить количество сточных вод. Исключение использования воды для промывки газов (кроме тех случаев, когда из них водой извлекаются ценные компоненты) позволяет значительно

Малоотходные технологии

уменьшить ее потребление. Применение сухих методов очистки газов только на предприятиях черной металлургии позволит сократить водопотребление на 15-20%.

2. Выбор комплекса производств предприятия и их размещение на промышленной площадке, обеспечивающие последовательное многократное использование воды.

3. Совершенствование технологических процессов, позволяющее сократить количество и загрязненность сточных вод. Например, на предприятиях азотной промышленности широкое внедрение укрупненных технологических агрегатов с использованием и утилизацией теплоты реакций позволяет снизить удельные расходы воды в производствах аммиака на 65-70 %, азотной кислоты на 90-95 %, аммиачной селитры на 85%. Внедрение на предприятиях нефтехимической промышленности одностадийного метода получения дивинила обеспечивает сокращение количества сточных вод в этом процессе в 100 раз. В производстве монокорунда можно резко сократить количество и загрязненность сточных вод путем улавливания образующегося сероводорода из парогазов углеродистыми сорбентами с использованием их в дальнейшем в шихте плавки. Регенерация обработанных кислых и щелочных растворов с повторным использованием кислот и щелочей позволит резко сократить количество солей, образующихся в сточных водах при нейтрализации растворов.

4. Рациональное многократное использование воды во всех технологических процессах и операциях, создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения. Особое значение приобретает рациональное использование воды в наиболее водоемких технологических процессах, например, при промывке сырья, полупродуктов, готового продукта, и разработка физико-химических способов очистки сточной воды, обеспечивающих возврат очищенной воды в эти же процессы. В этом случае не требуется глубокой очистки сточных вод: из них достаточно удалить те компоненты, которые оказывают отрицательное влияние на качество промываемого продукта. Например, разработанная во ВНИИ ПАВ и ВНИИ ВОДГЕО рациональная система использования воды в производстве синтетических жирных кислот обеспечивает получение сточных вод с содержанием кислот 180-200 г/л. Очистка этих вод методом азеотропной ректификации позволяет, с одной стороны, выделить и получить в товарном виде низкомолекулярные жирные кислоты (муравьиную, уксусную, пропионовую и масляную), а с другой - использовать очищенную воду в производстве. На заводе синтетических жирных кислот создана замкнутая система технического водоснабжения по кислым сточным водам, позволяющая увеличить на 12 % выход товарных кислот при переработке парафина и сократить поступление загрязнений на биологическую очистку по ХПК с 27 до 2 т/сут. Большое количество сточных вод образуется на вакуум-выпарных и дистилляционных установках, на которых летучие соединения вымываются из газов водой в барометрических конденсаторах. Бесспорно, наиболее рационально летучие соединения улавливать непосредственно из парогазов специальными поглотителями.

Схемы использования воды на предприятиях

Малоотходные технологии

По характеру использования воды системы производственного водоснабжения подразделяются на **прямоточные**, в которых воду после однократного использования очищают и сбрасывают в водоемы; **оборотные**, когда загрязненную воду очищают и охлаждают, а затем многократно потребляют на том же объекте; **с последовательным (повторным) использованием воды**, в которых воду, отработавшую в одном технологическом процессе, направляют для вторичного использования в другом производстве, после чего спускают в водоем. Схемы могут быть также **комбинированными** (смешанными), включающими вышеперечисленные.

При прямоточном водообеспечении (рис. 2) вся забираемая из открытого водоема вода $Q_{уст}$ после проведения технологического процесса возвращается в водоем, за исключением того количества, которое безвозвратно потребляется в производстве $Q_{пот}$. Количество сбрасываемых в водоем сточных вод $Q_{сбр}$ составляет

$$Q_{сбр} = Q_{уст} - Q_{пот}$$

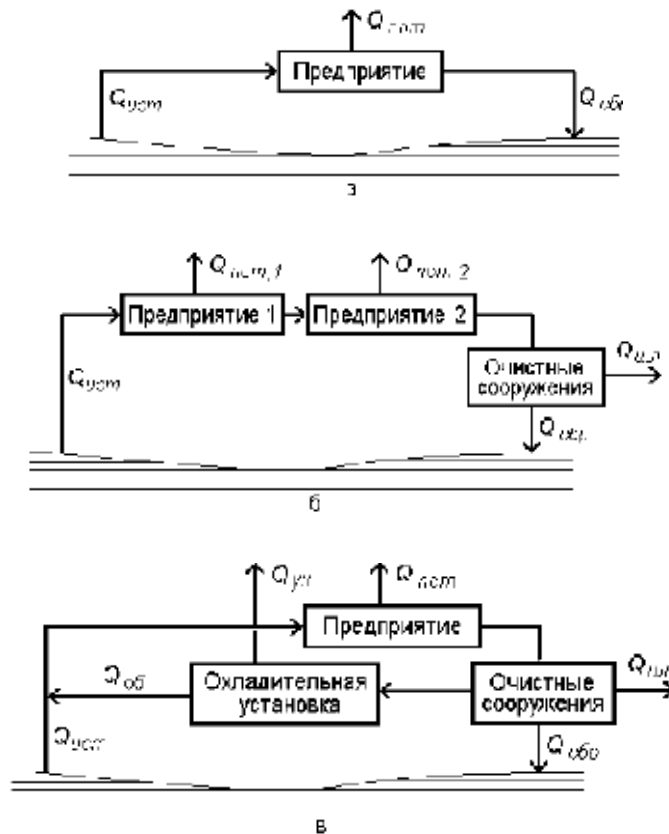


Рис. 2. Схемы водообеспечения и водоотведения: а – прямого; б – последовательного с очисткой сточных вод; в – прямого с очисткой и охлаждением сточных вод

В схеме водообеспечения с последовательным использованием воды количество сбрасываемых сточных вод уменьшается в соответствии с безвозвратными потерями на всех предприятиях или стадиях производства:

$$Q_{сбр} = Q_{уст} - (Q_{пот,1} + Q_{пот,2})$$

Малоотходные технологии

При прохождении сточных вод через очистные сооружения потери возрастают, поскольку часть воды $Q_{шл}$ отводится вместе со шламом:

$$Q_{сбр} = Q_{ист} - (Q_{пот} + Q_{шл}).$$

Если в системе оборотного водоснабжения промышленного предприятия вода является только теплоносителем и в процессе использования лишь нагревается, но не загрязняется (I категория), то перед повторным использованием она предварительно охлаждается в охладительной установке: пруду, брызгальном бассейне, градирне и т.д. В случае использования воды в качестве растворителя или реакционной среды (II категория) сточные воды перед повторным использованием очищают на очистных сооружениях. При одновременном нагреве и загрязнении воды (III категория) проводится и очистка и охлаждение.

Наиболее перспективны системы оборотного водоснабжения. Они исключают сброс сточных вод в водоем $Q_{ст}$ и являются в настоящее время обязательными для промышленности. При использовании систем оборотного водоснабжения для компенсации безвозвратных потерь воды в производстве $Q_{пот}$, на охладительных $Q_{ун}$ и очистных установках $Q_{шл}$, а также потерь воды, сбрасываемой в канализацию $Q_{сбр}$, осуществляют подпитку из открытых водоемов или других источников водообеспечения. Количество подпиточной воды рассчитывается по формуле

$$Q_{ист} = Q_{пот} + Q_{ун} + Q_{шл} + Q_{сбр}.$$

Общее количество добавляемой воды составляет обычно 10–15 % от ее количества, циркулирующего в системе.

Необходимость создания **замкнутых систем** производственного водоснабжения определяется тремя основными факторами: дефицитом воды; исчерпанием ассимилирующей способности водных объектов, предназначенных для приема сточных вод; экономическими преимуществами по сравнению с прямоточными системами водоснабжения и очисткой сточных вод перед сбросом их в водные объекты до требований, предъявляемых водоохранным контролем.

Под замкнутой системой водного хозяйства промышленного предприятия понимается система, в которой вода используется в производстве многократно без очистки или после соответствующей обработки, исключающей образование каких-либо отходов и сброс сточных вод в водоём.

В замкнутых схемах водоснабжения на предприятиях вместо свежей воды используют охлаждённую незагрязнённую либо очищенную сточную воду. Подпитка замкнутых систем свежей водой допускается в случае, если очищенных сточных вод недостаточно для восполнения потерь воды в этих системах; допускается её расход в технологических операциях, когда очищенные стоки не могут быть использованы по условиям технологии. Свежая вода расходуется только для питьевых и хозяйственно-бытовых целей.

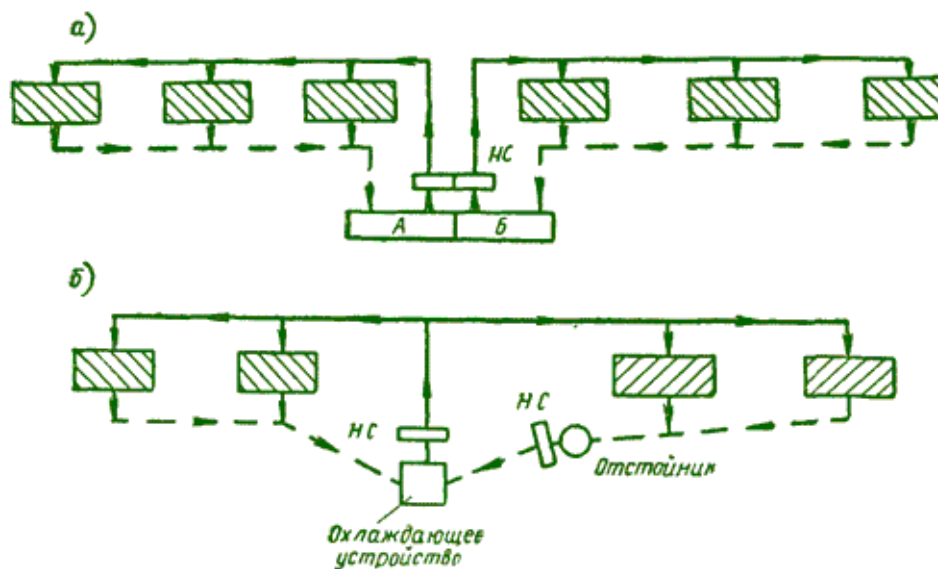
Оборотное водоснабжение можно осуществлять в виде единой схемы для всего промышленного предприятия (централизованная схема), либо в виде отдельных циклов для единого цеха или группы цехов (децентрализованная схема).

Потери воды на испарение $^{\wedge} Q_{исп}$ в среднем составляют 2,5 % от капельного уноса $Q_{ун}$ и от 0,3 до 0,5 % от объёма оборотной воды. Потери воды на

Малоотходные технологии

очистке $Q_{оч}$ колеблются в значительных пределах в зависимости от способа ее очистки. Для предотвращения накопления солей в оборотной воде часть её, в количестве от 5 до 10 % сбрасывается в водоём (продувка или сброс $Q_{сбр}$).

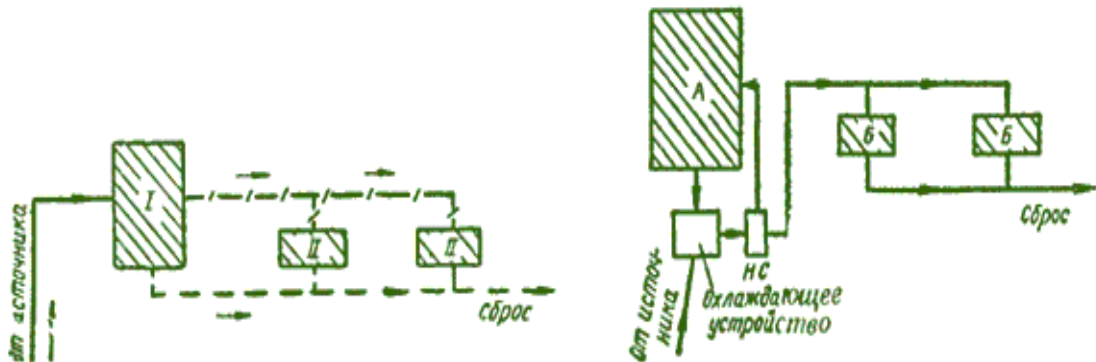
Все системы, использующие воду в обороте, целесообразно подразделять на локальные, централизованные и смешанные. В локальных системах вода используется в обороте после применения её в одном или последовательно в нескольких технологических процессах. При централизованном водоснабжении вода после различных операций проходит обработку единым потоком, после чего возвращается в производство. При смешанном водоснабжении воды одной оборотной системы используются в другой. Оборотные системы, работающие без сброса продувочной воды, являются замкнутыми. Свежая вода или вода из других систем используется в них только для восполнения потерь. Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10–50 раз уменьшить потребление природной воды, снижает капитальные и эксплуатационные затраты. Как локальная недостаточность водных ресурсов, так и необходимость резкого уменьшения стоков обуславливают широкое применение в производстве оборотного водоснабжения и повторного использования воды. Сокращение расходов «свежей» воды приобретает не только экономическое, но и гигиеническое значение. Рационализация использования природной воды в производстве может в ряде случаев привести к созданию полностью замкнутых циклов водооборота, при которых практически требуются минимальные отборы свежей воды из источника. В реальных условиях при наличии различных требований к качеству используемой воды и различного качества стоков, зависящих от состава цехов промышленного предприятия, системы оборотного водоснабжения модифицируются и усложняются.



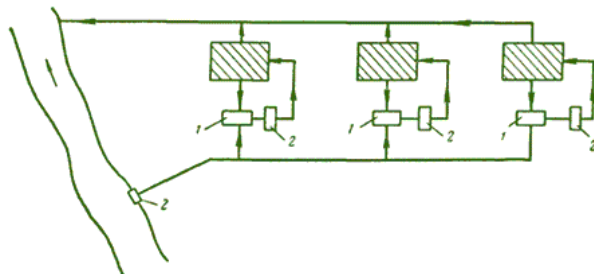
Так, на рис. 1(а) показана схема оборотного водоснабжения при различном качестве сбросной воды в двух группах цехов, т. е. когда цехи одной группы не допускают использования воды, которую сбрасывают цехи другой группы. В этих условиях устраивают изолированные отсеки охлаждающих устройств А и Б, отдельные группы насосов на циркуляционной насосной станции и отдельные подающие водоводы для воды разного качества. На рис. 1(б) показана схема оборотного водоснабжения, при которой цехи одной группы сбрасывают воду,

Малоотходные технологии

требующую дополнительного осветления в отстойниках. После охлаждения вода подается в обе группы цехов единой системой труб. В практике промышленного водоснабжения получили широкое применение системы последовательного использования воды. Эти системы (рис. 2) устраивают, когда качество воды, сбрасываемой одним потребителем, допускает ее использование другими потребителями. Так, потребитель 1 сбрасывает воду нагретую, но не загрязненную. Она может быть использована потребителями 2. Если количество воды, сбрасываемой потребителем 1, превышает потребность цехов 2, ее избыток может поступать в общий сток.



В некоторых случаях вода из оборотного цикла одного потребителя А (рис. 3) после охлаждения частично используется для группы других потребителей Б, т. е. имеет место комбинация оборотного водоснабжения и последовательного использования воды. Системы последовательного использования воды позволяют значительно сократить подачу свежей воды из источника и снизить затраты на водоснабжение предприятия в целом. На крупных предприятиях, занимающих весьма большую территорию, иногда оказывается рентабельным разделение системы их оборотного водоснабжения на несколько отдельных систем — по группам цехов с устройством нескольких блоков охлаждающих сооружений 1 и насосных станций 2 (рис. 4). Такая децентрализация позволяет снизить затраты на сооружение водоводов и магистралей в пределах площадки, сократить суммарные расходы энергии на подачу воды и одновременно повысить надежность водоснабжения.



В ряде случаев в системе промышленного водоснабжения отдельные потребители (цехи) требуют подачи им воды под существенно различными напорами. Тогда в целях снижения расходов энергии на подачу воды для отдельных групп производственных потребителей устраивают отдельные сети разных напоров, т. е. применяют своеобразное зонирование системы водоснабжения. Таким образом, на одной промышленной площадке могут быть

Малоотходные технологии

сооружены отдельные системы для подачи воды различного качества, разных температур и разных давлений (таблица «Показатели полезного использования и экономии воды в бассейнах р. Дон за счет оборотного и повторного использования воды»).

На промышленных предприятиях применяют три основные схемы оборотного водоснабжения.

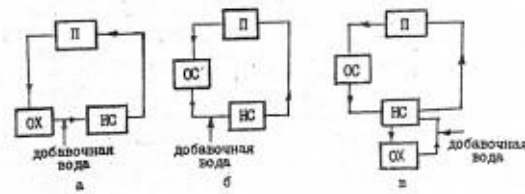


Рисунок Схемы оборотного водоснабжения

а) с охлаждением воды; б) с очисткой воды; в) с очисткой и охлаждением воды
 П — производство; НС — насосная станция; ОХ — охлаждение воды; ОС — очистка сточной воды

В схеме а вода является теплоносителем и в процессе использования не загрязняется, а только нагревается; перед повторным использованием ее охлаждают в градирнях, прудах-охладителях, брызгальных бассейнах. Потери воды от испарения в среднем составляют 2,5 %, от капельного уноса на градирнях 0,3-0,5 % от объема оборотной вода. В схеме б воду, загрязненную в производстве, перед повторным использованием очищают. В схеме в воду очищают и охлаждают. Для поддержания постоянного качества оборотной воды часть ее может сбрасываться в водоем (продувка). Во всех случаях свежая вода добавляется лишь на восполнение потерь. При создании замкнутых систем водного хозяйства на промышленных предприятиях резко уменьшается, потребление свежей воды и расходы на строительство объектов водоснабжения и водоочистки, появляется возможность получения дополнительной товарной продукция, сокращения расходов сырья и вспомогательных материалов. Применение оборотного водоснабжения позволяет в 10-50 раз уменьшить потребление природной воды.

Эффективность использования воды в производстве оценивается рядом показателей:

коэффициент использования оборотной воды:

$$K_{об} = Q_{об} / (Q_{об} + Q_{и})$$

коэффициент использования свежей воды

$$K_{св} = (Q_{и} - Q_{сб}) / Q_{и}$$

безвозвратное потребление воды и ее потери в производстве (%)

$$K_{п} = (Q_{и} - Q_{сб}) / (Q_{об} + Q_{и}) \cdot 100$$

кратность использования воды

$n = (Q_{сб} + Q_{и} + Q_{с}) / (Q_{и} + Q_{с})$, где $Q_{об}$ - количество оборотной воды; $Q_{и}$ - количество воды, забираемой из источника водоснабжения; $Q_{сб}$ – количество воды, сбрасываемое предприятием; $Q_{с}$ -поступление воды из сырья

Применение рациональных методов обессоливания сточных вод. При обессоливании сточных вод необходима их классификация и разработка рациональной системы. Идеальным решением является выделение индивидуальных солей и возврат в производство очищенной воды и выделенных

Малоотходные технологии

солей или регенерация рассолов и повторное их использование. Особую проблему составляет разработка методов анализа и изучения химического состава сточных вод на всех стадиях очистки.

Наиболее сложной задачей является изучение состава сточных вод, прошедших сооружения биологической очистки. Определение состава сточных вод различных производств позволит подойти к обобщению данных и прогнозированию качества очищенных вод в зависимости от их исходной характеристики и выбранных методов очистки.

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий требует изменения постановки научных исследований. От разработки отдельных методов очистки сточных вод необходимо перейти к разработке системы водного хозяйства промышленных предприятий, которая включает оптимизацию использования воды во всех операциях, производствах и цехах; регенерацию отработанных растворов; извлечение из сточных вод ценных компонентов; методы очистки локальных потоков сточных вод и создание локальных замкнутых систем технического водоснабжения; решение вопросов, связанных с глубокой очисткой сточных вод, подготовкой их для подпитки оборотных систем водоснабжения; обработкой оборотной воды этих систем; обезвреживанием осадков. При такой постановке вопроса в кратчайший срок могут быть разработаны системы водного хозяйства предприятий с учетом уже известных методов очистки сточных вод и выявлены те узлы, для которых в настоящее время отсутствуют готовые решения или известные не являются оптимальными; иными словами, будут определены задачи дальнейших исследований в областях совершенствования основной технологии и очистки сточных вод.

Вопросами, требующими изучения, являются: создание высокоэффективных, обладающих высокой прочностью сорбентов, необходимых для глубокой, очистки сточных вод; поиск эффективных катализаторов для очистки сточных вод окислением кислородом воздуха, позволяющих проводить процесс при температурах ниже 50°C; изыскание эффективных катализаторов для низкотемпературного сжигания осадков сточных вод; создание высокоэффективных реагентов, органических коагулянтов и флокулянтов; разработка нового мутатеста для токсикологической оценки очищенных сточных вод и аэрозолей-

Применяемые схемы очистки сточных вод, включающие очистку локальных потоков и общего потока, должны быть технически и экономически оптимальными. В связи с этим большое значение приобретает разработка математических моделей, упрощающих исследования и сокращающих их сроки по определению оптимальных схем и параметров работы отдельных узлов.

В некоторых случаях окажется наиболее рациональным создание замкнутых систем водного хозяйства на отдельных промышленных предприятиях, в ТПК или районах. Тогда для глубокой очистки сточных вод и очистки слабозагрязненных сточных вод в средней полосе и на юге нашей страны может оказаться весьма эффективным гидрботанический метод с использованием каналов с высшей водной растительностью, который позволяет удалять из сточных вод органические и минеральные соединения.

Малоотходные технологии

ВНИИ ВОДГЕО выполнены исследования по очистке этим методом объединенного потока слабозагрязненных сточных вод промышленного комплекса, в состав которого входит 11 предприятий, в том числе заводы органического синтеза, синтетического каучука, искусственного волокна, шинный и др. Сточные воды в первой стадии контактируют с гидрокультурами высших водных растений в канале, во второй в пруду; при этом ХПК сточных вод снижается с 90-180 до 54-86 мг/л, БПК с 25-30 до 6,5-14 мг/л, достигается полная очистка от цинка, меди, метанола, анилина, толуола, капролактама.

Фауна сооружений гидробиотической очистки сточных вод имеет ярко выраженную тенденцию к увеличению числа видов микрофлоры и микрофауны от начала канала к выходу из пруда, в воде которого присутствует значительное количество гидробионтов и, в частности, дафния магна. Это свидетельствует о последовательном снижении токсичности воды в процессе ее очистки до уровня, близкого к уровню воды водоемов санитарно-бытового водопользования. Очищенные сточные воды по своим показателям соответствуют качеству воды, используемой в системах оборотного водоснабжения.

Таким образом, решение проблемы создания замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий выдвигает ряд новых задач, от решения которых зависят сроки внедрения этих систем.

Организация замкнутой системы целесообразна, когда затраты на очистку воды и рекуперацию веществ ниже суммарных затрат на водоподготовку и очистку сточной воды до нормативных показателей, позволяющих сбрасывать её в водные объекты, т.е. без загрязнения последних.

Замкнутые системы водного хозяйства следует вводить на вновь строящихся, действующих и подлежащих реконструкции предприятиях. В последнем случае внедрение замкнутых систем идёт постадийно, с постоянным увеличением оборотного водоснабжения по мере усовершенствования технологии.

В целом малоотходное производство с оборотным водоснабжением можно представить в виде схемы, изображенной на рис. 3.

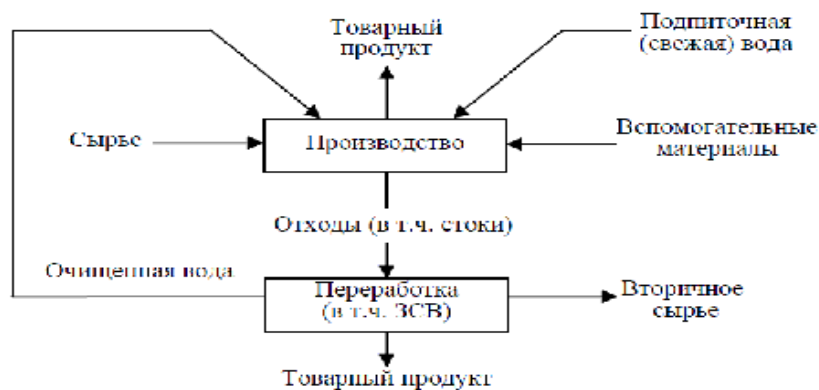


Рис. 3. Схема безотходного производства товарного продукта

Создание замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий возможно при коренном изменении существующих принципов в

Малоотходные технологии

водоснабжении, канализации и очистке сточных вод.[^] К *основным принципам* создания таких систем можно отнести следующие.

1. Водоснабжение и канализация должны рассматриваться в совокупности, когда на предприятии создаётся единая система водного хозяйства, включающая водоснабжение, водоотведение и очистку сточных вод, как подготовку для их повторного использования. При этом необходимо установить научно обоснованные требования к качеству потребляемой в производстве и отводимой воды.

2. Создание замкнутых систем водообеспечения должно сочетаться с организацией малоотходного производства, технология которого ориентирована на максимальное извлечение из сырья основных продуктов с одновременной регенерацией ценных компонентов и доведением образующихся отходов до товарного продукта или вторичного сырья при минимальных материальных и энергетических затратах.

3. Потоки сточных вод следует различать по видовому, фазовому, концентрационному, энтальпийному признакам для разработки соответствующих способов локальной очистки каждого потока, вплоть до потоков отдельных стадий технологического процесса.

4. При замкнутых системах следует объединить цехи водоподготовки и локальной очистки предприятия, а также использовать ливневой сток с промышленной площадки в системе оборотного водоснабжения. Основными для водоснабжения должны являться очищенные производственные и городские сточные воды, а также поверхностный сток. Свежая вода в производстве должна использоваться только для особых целей и восполнения воды в системах.^{5.} *^* **Регенерации должны подвергаться локальные потоки отработавших технологических растворов** и сточных вод, при этом должны создаваться локальные замкнутые системы водоснабжения, которые являются основным звеном замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий.

Для достижения наилучших технико-экономических показателей при создании замкнутых систем водоснабжения на предприятиях должны прорабатываться следующие вопросы:

- максимальное внедрение воздушного охлаждения вместо водяного;
- многократное (каскадное) использование воды в технологических процессах, в т.ч. и с целью получения наименьшего объема загрязнённых сточных вод, для обезвреживания которых можно подобрать эффективные локальные методы очистки;
- регенерация отработанных кислот, щелочей и солевых технологических растворов с использованием извлекаемых продуктов в качестве вторичного сырья;
- рекуперация и утилизация теплоты технологических жидкостей и растворов путём теплообмена между их горячими и холодными потоками или получением энергетического или технологического пара;
- внедрение стабилизационной обработки воды, позволяющей предотвратить образование минеральных отложений и биообрастания, ингибирование процессов коррозии, обеспечить

Малоотходные технологии

оптимальный экономичный режим работы за счет снижения количества подпиточных и продувочных вод.

Разработку замкнутых систем водного хозяйства промышленных предприятий желательно осуществлять постадийно, с постепенным увеличением доли воды, используемой в обороте. Начальным этапом в создании таких систем является определение научно-обоснованных требований к качеству воды, используемой во всех технологических процессах. В большинстве случаев нет необходимости использовать более дорогую питьевую воду. Для обеспечения санитарно-гигиенической и токсикологической безопасности на предприятиях целесообразно проводить комплексные исследования для разработки оптимальных схем очистки оборотных вод.

Анализ существующих решений и проектных материалов показывает, что создание экономически рациональных замкнутых систем водного хозяйства на предприятиях является достаточно трудной, но вполне разрешимой задачей. Сложный физико-химический состав сточных вод, разнообразие содержащихся в них соединений и их взаимодействие делают невозможным подбор универсальной структуры замкнутых схем. Создание таких систем на предприятиях зависит от особенностей технологии, технической оснащённости, требований к качеству получаемой продукции и используемой воды и т.д. При создании замкнутых систем водного хозяйства проектирование систем водоснабжения и канализации промышленных предприятий должно проводиться одновременно с проектированием основного производства.

Примере водопользования гальванического цеха. В схеме "а" принята прямоточная система водопользования. Водоснабжение осуществляется непосредственно от городского водопровода. Образующиеся стоки обезвреживаются реагентным методом с последующим сбросом в канализационную сеть города. Схема может быть рекомендована для небольших гальванических производств, не требующих для технологических нужд воды высокого качества (производства машиностроительного профиля). В схеме "б" предусматривается водоснабжение цеха частично водопроводной водой ($25 \text{ м}^3/\text{ч}$) и частично деионизованной водой ($20 \text{ м}^3/\text{ч}$), получаемой на ионообменной установке. Стоки цеха и элюаты ионообменной установки обезвреживаются реагентным методом и сбрасываются в канализацию. Применение схемы оправдано для предприятий точного приборостроения, использующих в технологических целях воду высокого качества. Схемы "а" и "б" применяются в тех случаях, когда по тем или иным причинам невозможно или нецелесообразно решать задачу создания оборотного водоснабжения цеха.

Малоотходные технологии

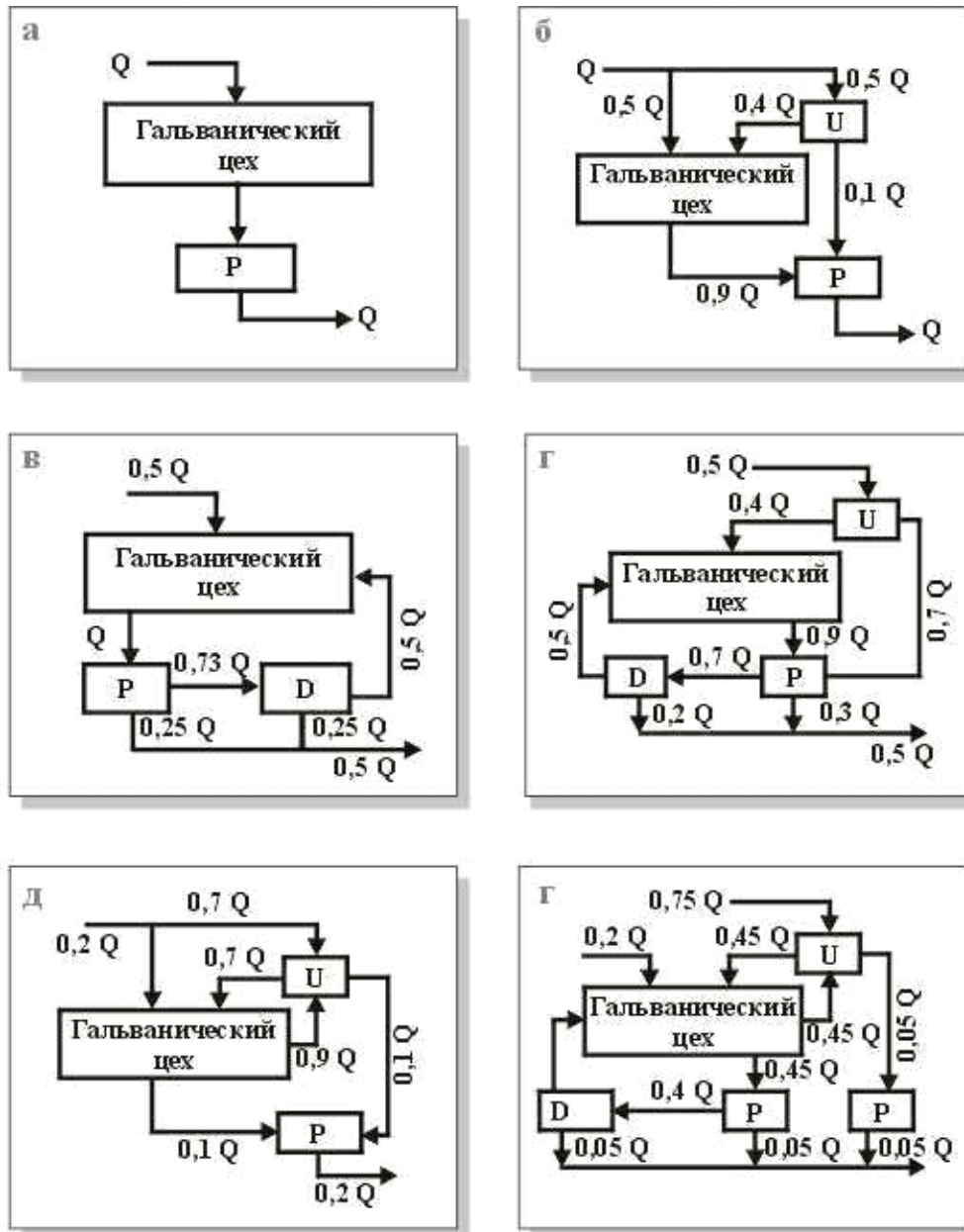


Рис. 3.1 Основные схемы водопользования и очистки промывных вод цехов гальванопокрытий

P - установка реагентной очистки, D - электродиализ, U - ионный обмен

Схемы "в", "г", "д", "е" ориентированы на оборотные системы водоснабжения, отличаются различной степенью возврата очищенной воды в производство и различными требованиями к качеству используемых в технологии обессоленных вод.

В схеме "в" в технологических целях используется водопроводная вода (20 м3/ч) и частично обессоленная (20 м3/ч), а также сточная жидкость, прошедшая реагентную обработку ($K_z = 0,5$). Часть стоков после реагентной обработки (10 м3/ч) и электродиализа (10 м3/ч) сбрасываются в канализацию. Качество сбросных вод по этой схеме выше, чем по предыдущим. Эта схема может быть

Малоотходные технологии

применена для водоснабжения цехов гальванопокрытий машиностроительных заводов, не предъявляющих к качеству исходной воды повышенных требований. Водоснабжение цеха по схеме "г" осуществляется частично по прямоточной схеме деионированной водой, получаемой на ионообменной установке, частично по оборотной схеме с очисткой стоков в оборотном цикле последовательно реагентным методом и электродиализом. Схема рекомендуется для гальванических цехов приборостроительных заводов, имеющих действующие сооружения реагентной очистки, реконструкция которых затруднена.

Схема "д" предусматривает оборотное водоснабжение цеха с очисткой воды в оборотном цикле методом ионного обмена. Очистка элюатов ионообменной установки, отработанных технологических растворов и ванн улавливания производится реагентным способом с последующим сбросом очищенных вод в канализацию. Подпитка системы производится частично обессоленной водопроводной водой. Эта схема рекомендуется для цехов гальванопокрытий производства точных приборов.

Схема "е" предусматривает организацию двух систем: системы оборотного водоснабжения деионированной водой и системы оборотного цикла частично обессоленной водой, т.е. эта схема синтезирует схемы "г", "д" и рекомендуется для цехов гальванопокрытий производств точных приборов при значительных объемах водопотребления и различных требованиях к качеству воды.

ЛЕКЦИЯ №4**Примеры составления балансовых схем.****Индивидуальные задания****по составлению балансовых схем**

1. Балансовые схемы по промпредприятиям с водооборотной охлаждающей системой (см. вкладыш)

2. Балансовые схемы по очистным сооружениям в целом и по каждому сооружению.

Составление балансовой схемы сточных вод при их движении по очистным сооружениям

В процессе очистки сточных вод происходит разделение дисперсной фазы и дисперсионной среды, при этом взвешенные вещества (низкодисперсные, высокодисперсные и коллоидной степени дисперсности) переходят в осадок (при седиментации) или во флотационную пену (при флотации, электроокислении и пр.). Осадок имеет разную степень обводненности, которая характеризуется параметром «влажность». Влажность показывает процентное содержание воды в осадке или флотационной пене и зависит от типа сооружения и свойств компонентов дисперсной фазы. Ориентировочно влажность составляет: флотационной пены - 95-96%; влажность сырого осадка (осадка из первичных отстойников) - 96-98%; Влажность избыточного ила из вторичных отстойников – 99,6 – 99,4% , при продленной аэрации – 99 – 98%; влажность уплотненного ила – 97%; влажность кека – 72 -78%. Полученный осадок удаляется из сооружений для очистки сточных вод и направляется на дальнейшую переработку. При обработке осадка, направленной в частности и на снижение влажности, часть воды возвращается в сооружения. Сточная вода, находящаяся в кеке и обуславливающая его влажность представляет собой потери воды, что необходимо учитывать при составлении балансовой схемы. При составлении балансовой схемы учитывается движение сточных вод в каждом отдельном сооружении, а затем и во всей технологической схеме. Для составления баланса по сточным водам необходимо знать количество дисперсной фазы выделенной из системы, влажность выделенной дисперсной фазы. Рассмотрим составление балансовой схемы для специфических сооружений.

Балансовая схема для песколовки

В общем виде балансовая схема для песколовки представлена на рис. 2.

$$Q_1 = Q - q_p$$

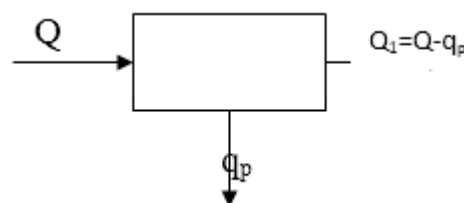


Рис. Балансовая схема для песколовки, где Q и Q_1 , $\text{м}^3/\text{сут}$ - количество сточных вод поступающих в песколовку и выходящих из песколовки соответственно; q_p , $\text{м}^3/\text{сут}$ – суточное количество осадка.

Малоотходные технологии

Осадок в песколовке представлен песком и другими примесями, гидравлической крупностью более 10 мм/с (диапазон значения гидравлической крупности частиц, оседающих в песколовке из промстоков составляет 10- 100 мм/с), влажность песка в осадке составляет 60%. Суточное количество песка, влажностью 60% из расчета на одного человека составляет 0,02 л (л/чел.·сут) [СНиП]. Для расчета суточного объема осадка в данном случае определяют приведенное количество жителей $N_{пр}$:

$N_{пр} = Q/0,25$, где 0,25 – суточное водоотведение на одного человека (л/чел.·сут). Суточное количество песка, уловленное в песколовке $M_{п} = 0,02 \cdot N_{пр}$, м³/сут. В данном случае $M_{п}$ – это общее количество уловленного песка, содержащего 60% воды (q_p). Удельный вес песка составляет 1,5 т/м³.

$$q_p = 0,6 \cdot M_{п} / 1000, \text{ м}^3/\text{сут}$$

Балансовая схема для первичных отстойников, жироловок, флотаторов, биокоагуляторов, нефтеловушек и других сооружений, в основе которых лежит принцип разделения фаз (кроме вторичных отстойников). Соответствующая балансовая схема представлена на рис.

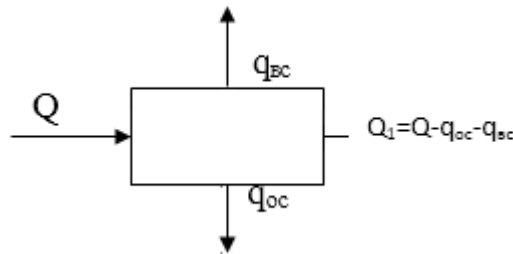


Рис.. Балансовая схема для сооружений отстойного типа, где Q и Q₁, м³/сут - количество сточных вод поступающих в сооружение (отстойник, флотатор и пр.) и выходящих из сооружения (отстойника, флотатора и пр.) соответственно; q_{ос}, м³/сут – суточное количество осадка; q_{вс} м³/сут – суточное количество всплывающих веществ.

Для составления балансовых схем выполняют следующие действия:

1. Определяют эффект очистки сточных вод по выделяемым веществам. Эффект очистки определяют по справочной литературе [1,2] или специальной литературе. Можно воспользоваться следующими ориентировочными данными: эффективность удаления взвешенных веществ плотностью большей, чем плотность воды (т.е. осаждающихся) в отстойниках – 50- 65%; в биокоагуляторах – 65 – 75%; в жироловках – до 30%; в нефтеловушках – 55-65%, флотаторах - 50-65%. эффективность удаления взвешенных веществ плотностью меньшей, чем плотность воды (т.е. всплывающих) в отстойниках – 10- 15%; в биокоагуляторах – 15 – 20%; в жироловках – до 70% (в обычных жироловках – 30%, в аэрируемых и при использовании коагулянтов – 50-70%); в нефтеловушках без специальных устройств – до 55%, в усовершенствованных – до 85%, во флотаторах без специальных устройств - 55-65%, во флотаторах с коагуляцией – до 85% .

2. Определяют массу удаленных примесей по сухому веществу $M_{сух}$, т/сут:

$M_{сух} = 10^{-6} C_{исх} \cdot Q_j \cdot \mathcal{E} / 100$, т/сут, где $C_{исх}$ – исходная концентрация i –го вещества (взвешенные вещества, нефтепродукты, жиры, ПАВ и пр), г/м³; Q_j – расход сточных вод, поступающих в j -е сооружение, м³/сут; \mathcal{E} – эффективность очистки в j -м сооружении, %.

Малоотходные технологии

3. Определяют массу удаляемых примесей с учетом влажности. Ориентировочно влажность составляет, Вл (%): флотационной пены - 95-96%; влажность сырого осадка (осадка из первичных отстойников) - 96-98%. $M_{\text{сух}}$ является только частью осадка, а именно в процентном выражении $(100-\text{Вл})\%$.

Массу воды в этом случае можно определить в соответствии с уравнением:

$$M_{\text{вод}} = M_{\text{сух}} \cdot \text{Вл} / (100 - \text{Вл}), \text{ т/сут.}$$

Объем сточных вод, $q_{\text{ос}}$, м³/сут., содержащихся в осадке рассчитывают по уравнению:

$$q_{\text{ос}} = M_{\text{вод}} / \rho, \text{ м}^3/\text{сут.},$$

где ρ – плотность жидкой фазы в осадке, которая может быть принята 1т/м³.

Балансовая схема системы аэротенк - вторичный отстойник

Ниже представлены примеры составления балансовых схем для систем: аэротенк-вытеснитель – вторичный отстойник; аэротенк-смеситель – вторичный отстойник; аэротенк-отстойник. Исходные данные для расчета аэротенков, который следует проводить в соответствие с данными нормативной литературы [1-3].

1. Расчетные параметры для аэротенка –смесителя с регенератором и аэротенка- вытеснителя без регенратора

Доза ила в аэротенках (a_i , г/л) определяется технико-экономическим расчетом с учетом работы вторичных отстойников, так же она связана с величиной $L_{\text{ен}}$ (БПК_{полн}) и может быть принята, за исключением дозы ила в аэротенках с продленной аэрацией, в соответствие со следующими рекомендациями:

$L_{\text{ен}} < 100$	$\rightarrow a_i \geq 1,2 \text{ г/л}$
$L_{\text{ен}} = 101 - 150$	$\rightarrow a_i \geq 1,5 \text{ г/л}$
$L_{\text{ен}} = 151 - 200$	$\rightarrow a_i \geq 1,8 \text{ г/л}$
$L_{\text{ен}} = 200 - 300$	$\rightarrow a_i$ не менее 1,8 до 3,0 г/л
$L_{\text{ен}} = 300 - 500$	$\rightarrow a_i$ = не менее 2,0 до 4,5 г/л
$L_{\text{ен}} > 500$	$\rightarrow a_i = 4,5 - 5,0 \text{ г/л}$

Для аэротенков с продленной аэрацией (полное окисление), доза ила принимается в соответствие с п. 6.167 СНиП 2.04.03-85 и составляет 3-4 г/л [3]; в регенераторах дозу ила принимают в 2 -3 раза больше, чем в аэротенке для обеспечения глубокого доокисления трудноокисляемых соединений. Регенерацию ила следует предусматривать при БПК_{полн} более 150 мг/л, а также при наличие вредных производственных примесей.

Расчетные формулы для аэротенка –смесителя с регенератором и аэротенка- вытеснителя без регенратора

Период аэрации, в аэротенках, работающих по принципу смесителей – t (ч), определяют по формуле:

$t = (L_{\text{ен}} - L_{\text{ex}}) / a_i (1 - s) \rho$, ч, где $L_{\text{ен}}$ и L_{ex} - БПК_{полн} поступающей в аэротенк сточной воды и очищенной сточной воды соответственно, мгО₂/л; a_i - доза ила по сухому веществу; s – зольность ила, принимаемая по табл. 40 СНиП 2.04.03-85 [3]; ρ - удельная скорость окисления, мгБПК_{полн} на 1 г беззольного вещества ила в 1 ч,

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} C_0}{L_{ex} C_0 + K_1 C_0 + K_0 L_{ex}} \frac{1}{1 + \varphi a_i}$$

где ρ_{\max} – максимальная скорость окисления, мг/(г·ч), [1,2], C_0 – концентрация растворенного кислорода, мг/л; K_1 – константа, характеризующая свойства органических загрязняющих веществ, мг БПК_{полн}/л, принимаемая по табл 40 [3]; K_0 – константа характеризующая влияние кислорода, мгО₂/л, принимается по табл 40 [3]; φ – коэффициент ингибирования продуктами распада активного ила, л/г, принимается по табл 40 [3].

Период аэрации $-t$ (ч) в аэротенках –вытеснителях рассчитывают по формуле:

$$t = \frac{1 + \varphi a_i}{\rho_{\max} C_0 a_i (1 - S)} [(C_0 + K_0)(L_{mix} - L_{ex}) + K_1 C_0 \ln \frac{L_{en}}{L_{ex}}] K_p, \text{ ч}$$

учитывающий влияние продольного перемешивания: $K_p=1,5$ при биологической очистке до $L_{ex}=15$ мг/л; $K_p=1,25$ при биологической очистке до $L_{ex}>30$ мг/л; L_{mix} – БПК_{полн}, определяемое с учетом разбавления рециркуляционным расходом по формуле:

$$L_{mix} = \frac{L_{en} + L_{ex} R_i}{1 + R_i}, \text{ мг/л, мг/л, } R_i \text{ – степень рециркуляции активного ила,}$$

определяемая по формуле : $R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i}$, где a_i – доза ила в аэротенке, г/л; J_i –

иловый индекс, см³/г.

Величина илового индекса для некоторых видов производственных сточных вод определяется по табл. 41 СНиП 2.04.03 -85.

При проектировании аэротенков с регенераторами продолжительность окисления органических загрязняющих веществ t_0 ,ч надлежит определять по формуле:

$$t_0 = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r (1 - S) \rho}, \text{ ч, где } a_r \text{ – доза ила в регенераторе, определяется по}$$

$$\text{формуле: } a_r = a_i \left(\frac{1}{2R_i} + 1 \right), \text{ г/л}$$

Продолжительность обработки воды в аэротенке в случае наличия

$$\text{регенератора, определяют по формуле: } t = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} \lg \frac{L_{en}}{L_{ex}}, \text{ ч}$$

Продолжительность регенерации, определяют по формуле: $t_r = t_0 - t$, ч.

Вместимость аэротенка определяют по формуле: $W = t(1 + R_i)q_w$, м³,

где q_w – расчетный расход сточных вод, м³/ч.

Вместимость регенераторов определяют по формуле: $W_r = t_r R_i q_w$, м³.

Прирост активного ила определяют по формуле: $P_i = 0,8C = K_g L_{en}$, мг/л, где C – концентрация взвешенных веществ, поступающих в аэротенк, K_g – коэффициент прироста, ориентировочно может быть принят равным 0,3.

Балансовая схема для аэротенка-смесителя с регенератором – вторичный отстойник представлена на рис. 4. Аэротенк-смеситель с регенератором принимают к проектированию, как правило, первой ступенью биологической очистки, если БПК_{полн} ≥ 500 мг О₂/л.

Малоотходные технологии

Балансовая схема для аэротенка-вытеснителя без регенератора – вторичный отстойник представлена на рис.5. Аэротенк-вытеснитель без регенератора принимают к проектированию, если БПК_{полн} <150 мгО₂/л.

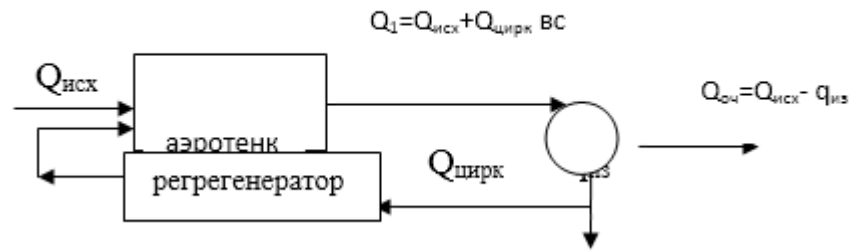


Рис. Балансовая схема для аэротенка-смесителя с регенератором

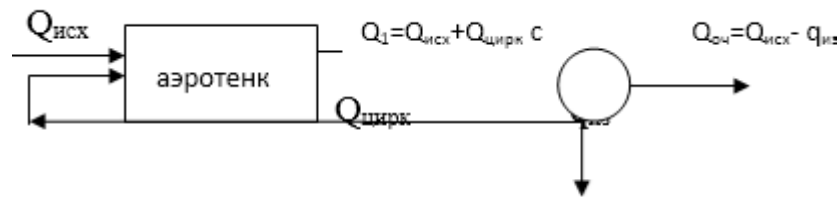


Рис. Балансовая схема для аэротенка-вытеснителя без регенератора

Для составления балансовой схемы необходимо определить количество очищенных сточных вод ($Q_{оч}$) и количество сточных вод, выводимых вместе с избыточным илом ($q_{из}$).

$$Q_{оч} = Q_{исх} - q_{из}, \text{ м}^3/\text{сут}$$

Так как имеются два неизвестных в одном уравнении, то необходимо составить второе уравнение - по количеству избыточного ила:

$$G_{изб} = G_{ос} + G_{оч} \text{ . при этом}$$

$G_{ос} = q_{из} \cdot a_{из}$; $G_{оч} = Q_{оч} \cdot a_{вын}$, где $a_{из}$ – концентрация избыточного ила, в иловой смеси, отводимой на обезвоживание, г/л; $a_{вын}$ – концентрация ила в очищенной воде, г/л.

Следовательно, можно записать:

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{из} + Q_{оч} \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{из} + (Q_{исх} - q_{из}) \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{из} + Q_{исх} \cdot a_{вын} - q_{из} \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} - Q_{исх} \cdot a_{вын} = q_{из} (a_{из} - a_{вын})$$

$$q_{из} = (G_{изб} - Q_{исх} \cdot a_{вын}) / (a_{из} - a_{вын})$$

Концентрацию ила в очищенной воде ($a_{вын}$), г/л, определяют в зависимости от продолжительности отстаивания, τ и значению БПК_п очищенной сточной воды, мгО₂/л по табл.12.3 справочника проектировщика [1]:

При продолжительности отстаивания сточных вод 1,5 часа, вынос взвешенных веществ составляет:

БПК п, мгО ₂ /л	15	20	25	50	75	100
$a_{вын}$, г/л	0,015	0,020	0,025	0,051	0,070	0,083

Балансовая схема для аэротенка-отстойника представлена на рис. 6. Аэротенк-отстойник целесообразно принимать к проектированию, в качестве

Малоотходные технологии

первой ступени биологической очистки в аэробных условиях и при необходимости обеспечения высоких доз ила в аэрационной зоне (около 6 г/л).

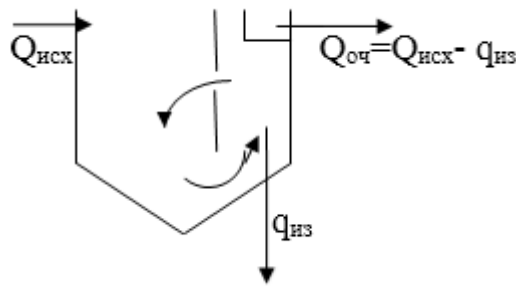


Рис.6 Балансовая схема для аэротенка-отстойника

Для составления балансовой схемы необходимо определить количество очищенных сточных вод ($Q_{оч}$) и количество сточных вод, выводимых вместе с избыточным илом ($q_{из}$).

$$Q_{оч} = Q_{исх} - q_{из}, \text{ м}^3/\text{сут}$$

Так как имеются два неизвестных в одном уравнении, то необходимо составить второе уравнение - по количеству избыточного ила:

$$G_{изб} = G_{ос} + G_{оч} \text{ . при этом}$$

$G_{ос} = q_{из} \cdot a_{вз}$; $G_{оч} = Q_{оч} \cdot a_{вын}$, где $a_{вз}$ – концентрация ила, во взвешенном слое иловой смеси (в зоне отстаивания), отводимой на обезвоживание, г/л; $a_{вын}$ – концентрация ила в очищенной воде, определяется по табл. [1]

Следовательно, можно записать:

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{вз} + Q_{оч} \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{вз} + (Q_{исх} - q_{из}) \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} = q_{из} \cdot a_{вз} + Q_{исх} \cdot a_{вын} - q_{из} \cdot a_{вын}$$

$$G_{изб} - Q_{исх} \cdot a_{вын} = q_{из}(a_{вз} - a_{вын})$$

$$q_{из} = (G_{изб} - Q_{исх} \cdot a_{вын}) / (a_{вз} - a_{вын})$$

Концентрацию ила во взвешенном слое - $a_{вз}$ – определяют в зависимости от дозы ила в аэрационной зоне аэротенка –отстойника – a_0 :

a_0 , г/л:	2	3	4	5	6	7	8
$a_{вз}$, г/л:	3	4,2	5,5	6,4	7,2	7,9	8,7

В свою очередь a_0 , г/л определяют по формуле:

$$a_0 = (-\tau\alpha\beta + \sqrt{\tau\alpha^2 h\beta}) / (h\beta - \tau\beta^2)$$

$$\text{где } \tau = (L_{en} - L_{ex}) / (I - s) \text{ р;}$$

α и β – эмпирические коэффициенты, $\alpha = 2$, $\beta = 0,2$; h - глубина аэрационной зоны, м; $s=0,3$ – зольность ила, принимаемая в долях единицы; ρ скорость окисления органических веществ активным илом, мг БПК₅ на 1 г беззольного вещества ила за 1 час:

БПК ₅ :	100	150	200	300	400	500
ρ :	16	18	20	22	23	24

Пример балансовой схемы представлен в приложении.

ЛЕКЦИЯ №5

Классификация сточных вод как по характеру загрязнений, так и по их общей загрязненности и разработка рациональной системы их очистки с целью повторного использования (если повторное использование допустимо).

Обязательным условием создания замкнутых систем водоснабжения промышленных предприятий является удаление из сточных вод биологически не разрушаемых и токсичных соединений из локальных потоков до их объединения в общий поток, поступающий на внеплощадочные очистные сооружения.

Оптимизация использования воды обеспечивает резкое сокращение количества сточных вод и повышение их загрязненности. Поэтому в последнее время начали применять физико-химические методы очистки. Однако было бы ошибкой полностью отказаться от биологического метода очистки. Каждый метод должен использоваться там, где любой другой является менее технически и экономически рациональным. Применению того или иного метода должно предшествовать глубокое изучение характера сточных вод и физико-химических свойств присутствующих в них загрязнений. Практика показала, что оптимальной является определенная комбинация методов, а это требует от специалистов умения найти для каждого случая рациональные метод и систему очистки сточных вод.

Для достижения этой цели используется один из известных методов глубокой очистки или их комбинация.

ВНИИ ВОДГЕО разработаны условия использования очищенных сточных вод Москвы в системах прямоточного и оборотного водоснабжения на промышленных предприятиях. Эти сточные воды состоят на 60% из бытовых и на 40% из производственных (в основном машиностроительной промышленности). Исследованиями установлено, что при очистке этих вод по схеме "механическая очистка биологическая очистка глубокая очистка на фильтрах с зернистой загрузкой дезинфекция хлором" они могут быть использованы в системах прямоточного водоснабжения.

При использовании очищенных сточных в системах оборотного водоснабжения необходимым является их кондиционирование: а) при режиме с продувкой обработка с целью предотвращения биообрастаний и карбонатных отложений; б) при беспродувочном режиме дополнительная обработка для предотвращения коррозии и частичного удаления из оборотной воды взвешенных веществ. Санитарно-гигиеническая безопасность повторного использования таких сточных вод в оборотных системах охлаждающего водоснабжения обеспечивается как в процессе очистки, так и при кондиционировании воды в оборотных системах. Начиная с декабря 1975 г. очищенные сточные воды объединения Курьяновских станций аэрации используются на ряде промышленных предприятий в системах прямоточного и оборотного водоснабжения, а также в некоторых отдельных технологических процессах: например, на АЗЛК в цехах гальванопокрытий (в аппаратах "Гидривартекс" для

Малоотходные технологии

мойки некоторых деталей и снятия покрытий), окраски (в аппаратах бендеризации, а также в гидрозатворах некоторых камер, ваннах приготовления раствора фосфатных покрытий), испытаний (в камерах "Шпривакс" для мойки автомобилей, в камерах проверки автомобилей на герметичность).

Совершенствование систем водоснабжения и водоотведения гальванических производств связано с повышением эффективности очистки стоков, обеспечением автоматизации, гибкости и надежности, с созданием малоотходных замкнутых систем водопользования, исключающих загрязнение окружающей среды, обеспечивающих повторное использование очищенной воды и выделенных ценных компонентов сточной жидкости в технологическом процессе. Решение этой задачи возможно на основе кардинального изменения существующих подходов к проектированию и строительству систем очистки сточных вод - созданию локальных блочно-модульных внутрицеховых систем, включающих последние достижения науки и техники в этой области. Особое внимание при создании локальных систем водопользования уделено технологиям, основанным на баромембранных методах - обратном осмосе и ультрафильтрации. Технологии, созданные на базе этих методов, в полной мере отвечают современным требованиям научно-технического прогресса. Наиболее эффективными методами утилизации ценных компонентов сточных вод и регенерации электролитов гальванических производств являются методы, основанные на баромембранных, электрохимических и ионообменных технологиях. Большой эффект достигается при их комплексном использовании.

Остановимся на одном из примеров.

Применению обратного осмоса для очистки промышленных стоков от солей тяжелых металлов посвящено большое количество работ. В данных работах показана возможность извлечения из растворов обратным осмосом ионов Fe^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{6+} , Cd^{2+} , Cu^{2+} и др. Приводятся принципиальные технологические схемы, обеспечивающие извлечение этих веществ. Анализ состояния очистки сточных вод обратным осмосом позволяет сделать вывод, что перспективы его применения следует связывать, главным образом, с созданием замкнутого безотходного производства. Однако широкое внедрение обратного осмоса в производство связано с рядом объективных трудностей, основными из которых являются:- создание высокоселективных, стойких к агрессивным жидкостям мембран (плоских, рулонных, в виде полого волокна);- изготовление компактных обратноосмотических модулей, которые позволили бы в небольшом объеме сосредоточить большую площадь мембран;- отсутствие сравнительных технико-экономических испытаний различных обратноосмотических аппаратов применительно к конкретным задачам очистки сточных вод;- отсутствие рекомендаций по оптимальным областям применения обратноосмотических аппаратов в технологических процессах очистки стоков. Широкое внедрение в промышленность гибких автоматизированных производств (ГАП) требует одновременного внедрения гибких автоматизированных процессов очистки промышленных сточных вод. Большую роль в надежной и эффективной работе обратноосмотических мембран, и всего аппарата в целом, играет предварительная подготовка раствора, подаваемого на разделение. Загрязнения поверхности мембран при обратном осмосе, возникающие вследствие

Малоотходные технологии

неправильной подготовки сточной воды, приводят к резкому снижению производительности аппаратов. Одним из основных недостатков обратноосмотического разделения растворов является необходимость поддержания высокого давления в рабочих камерах аппаратов. В связи с этим специалистами в этой области науки и техники предпринимаются попытки к решению задач по снижению осмотического давления растворов. Вопросами интенсификации процесса обратноосмотического разделения растворов уделялось мало внимания. Однако мнения о путях интенсификации процесса высказывались неоднократно специалистами ВНИИСС, НИИ ВОДГЕО, АН УССР, МХТИ им. Д.И. Менделеева, ННГАСУ. Основное направление в решении этой важной задачи - искусственное снижение осмотического давления разделяемых растворов. Анализ различных способов воздействия на физико-химическую структуру растворов, проведенный в проблемной лаборатории ННГАСУ и другими показал, что эффективными путями практического решения задачи снижения обратноосмотического давления растворов, являются: обработка исходного раствора в магнитном поле; предварительное охлаждение обрабатываемого раствора.

Вопросы интенсификации процесса обратноосмотического разделения растворов путем их предварительного омагничивания в основном представлены в ряде работ. Модель водного раствора электролита можно представить следующим образом: растворитель (в данном случае - вода) рассматривается как равновесная смесь льдоподобных и мономерных молекул, ассоциации "мерцающих кластеров", которые плавают в истинно жидкой фазе из мономолекул. В случае нахождения в воде ионов, последние действуют на соседние молекулы воды, нарушая ее собственную структуру. При этом происходит связывание ионами молекул воды. Магнитная обработка заметно влияет на гидратацию ионов. Значительное изменение гидратации наблюдается в разбавленных растворах. В ряде работ представлены данные по увеличению производительности полупроницаемых мембран после магнитной обработки. Известно, что вблизи гидрофобных поверхностей (в данном случае мембраны) свойства растворов изменяются по сравнению с основным раствором. Так, вязкость, в зависимости от толщины слоя связанной воды, может значительно увеличиваться. Эффект магнитной обработки, по всей видимости, заключается в том, что раствор в зоне мембраны изменяет свою структуру. Можно предположить, что происходит некоторое "разрыхление" структуры воды и тем самым, повышается производительность мембраны. На другой важнейший параметр обратноосмотического разделения - селективность, магнитная обработка влияния не оказывает, за исключением растворов железа (селективность в отдельных случаях увеличивалась с 74% до 88%). Вопросу изучения влияния температуры на процесс обратноосмотического разделения в литературе уделено большое внимание. Однако представленные данные противоречивы. По вопросу о влиянии температуры на проницаемость мембран практически нет качественных расхождений.

Величина проницаемости мембран зависит от следующих параметров:

$G = f(C_0, D, E, R, T)$, (3.1) где: C_0 - концентрация загрязнения в разделяемом растворе; D - коэффициент диффузии загрязнения; E - энергия активации

Малоотходные технологии

проницаемости жидкости через мембрану; R - универсальная газовая постоянная; T - температура раствора. С увеличением температуры (T) проницаемость (G) растет до определенного предела. Что касается селективности мембран, то данные достаточно противоречивы, это объясняется тем, что с увеличением температуры проницаемость растворенного вещества и растворителя увеличиваются. Однако селективность уменьшается, так как энергия активации для загрязнения больше, чем для воды и рост проницаемости загрязнения будет более значительным.

Замкнутая схема водопользования участка никелирования

Промывная вода (рис. 3.11) из первой ванны улавливания (2) насосом (3) подается в бак исходного раствора (4) и подвергается обработке методом обратного осмоса на аппарате "фильтр-прессового" типа (5). Фильтрат поступает в емкость для сбора фильтрата (7), а концентрат возвращается в бак (4). Концентрат из бака (4) после достижения определенной концентрации сернокислого никеля (около 15 г/л) перекачивается насосом аппарата (5) в бак (6). В баке (7) объем раствора доводится до требуемого уровня водой второй ванны улавливания (2), содержащей около 0,02 г/л сернокислого никеля. После обработки раствора на аппарате (5) среднее содержание сернокислого никеля составит 0,33 г/л. Далее раствор из бака (7) направляется на обработку на обратноосмотическом аппарате (8). Фильтрат с содержанием $NiSO_4 \sim 0,05$ г/л направляют в первую ванну улавливания (1), а концентрат возвращают на рециркуляцию в бак (7) до достижения концентрации $NiSO_4$ 2 г/л, после чего концентрат сбрасывается в бак (4). Предусмотрена подача промывной воды из ванны (2) через аппарат (8) в первую ванну улавливания (1) для доведения промывной воды до требуемого объема.

Малоотходные технологии

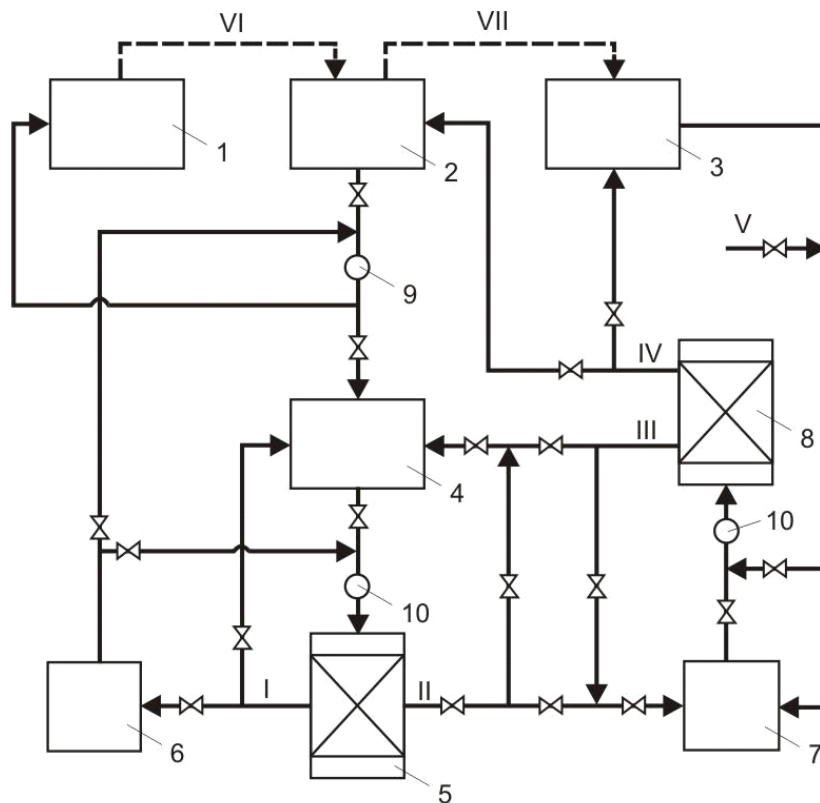


Рис. 3.11 Замкнутая схема регенерации никельсодержащего электролита из промывных вод

- 1 - ванна электрохимического никелирования;
- 2 - ванна улавливания;
- 3 - вторая ванна улавливания;
- 4 - емкость исходного раствора;
- 5 - обратноосмотический аппарат первой ступени обработки;
- 6 - емкость сбора концентрата;
- 7 - емкость сбора фильтрата;
- 8 - обратноосмотический аппарат второй ступени обработки;
- 9 - одноплунжерный насос;
- 10 - трехплунжерный насос;

- I - поток концентрата первой ступени обработки;
- II - поток фильтрата первой ступени обработки;
- III - поток концентрата второй ступени обработки;
- IV - поток фильтрата второй ступени обработки;

В схеме предусмотрена очистка промывной воды второй ванны улавливания (2) на обратноосмотическом аппарате (8) (или в случае низкой селективности мембран предусмотрен метод ионного обмена). Объем промывной воды ванны (2) пополняется до требуемого уровня деионизированной водой. По мере заполнения бака сбора концентрата (6) производится дополнительное доконцентрирование. При этом фильтрат направляется в бак (4) и далее подвергается двухступенчатой обработке. Концентрат возвращается в бак (6). По достижении необходимой концентрации раствор направляется в технологическую ванну (14) насосом (3).

Малоотходные технологии

Целью иллюстрации рассмотрим декомпозицию объекта на уровни унификации на примере комплексной системы водопользования гальванического цеха.

Первый уровень унификации - комплексная система водопользования (КСВ) гальванического цеха. На этом уровне производится унификация системы водопользования гальванического производства, включающей: систему водоснабжения, питающуюся от городской водопроводной сети (1); сеть промышленной канализации (2); локальную систему очистки производственных сточных вод; сеть технического водоснабжения (3); сеть хозяйственно-бытовой канализации (4), непосредственно связанной с городской системой водоотведения.

Второй уровень унификации - система очистки сточных вод (СВ) объекта водопользования. В данном примере приведена система водопользования с частично замкнутым циклом потребления технической воды. Это достигается за счет применения комбинированной системы глубокой очистки производственных сточных вод. Эффективность работы систем очистки сточных вод определяется эффективностью и надежностью работы технологических модулей. определяется эффективностью и надежностью работы технологических модулей.

Третий уровень унификации - модуль очистки сточных вод. Система очистки производственных сточных вод гальванического цеха состоит из трех последовательно работающих модулей: модуль реагентной очистки (1); модуль механической, сорбционной и ионообменной (Na-катионитовый фильтр) очистки (2); модуль электродиализной очистки (3). Создание технологических модулей на основе современных научно-технических достижений в области очистки воды, оснащенных соответствующей контрольно-измерительной аппаратурой и микропроцессорной техникой, является наиболее перспективным направлением в совершенствовании систем очистки сточных вод промышленных предприятий.

Четвертый уровень унификации - функциональные блоки (ФБ). На четвертом уровне унификации рассматриваются аппараты и сооружения определенного технологического назначения. На рис. 3.13 приведены три функциональных блока - приемный резервуар с насосом и датчиками предельных уровней сточной воды; вертикальный отстойник с тонкослойными блоками, центральной трубой и водосборными лотками; вихревой смеситель с реактором.

Пятый уровень унификации - (ЭФБ) элементы функциональных блоков. Примерами элементов функциональных блоков являются регулирующая камера усреднителя с поплавковым регулятором расхода сточных вод, полочные пакеты тонкослойного отстойника с элементами их упаковки и крепления в рабочей камере и т.д.

Шестой уровень унификации - компоненты элементов блоков (КЭФБ), например, дренажная решетка с колпачками сорбционных, ионообменных или механических фильтров. На пятом и шестом уровнях унификации представляется возможность всесторонне проанализировать все элементы функциональных блоков с позиций их функционального назначения, конструктивного и гидравлического совершенства, материалоемкости, коррозионной и абразивной стойкости. Конечные показатели очищенной воды являются результатом ее последовательной обработки на модулях, входящих в состав технологической

Малоотходные технологии

системы (горизонтальная декомпозиция), эффективность работы которых является суммарным результатом работы составляющих модуль сооружений или технологических процессов (вертикальная декомпозиция). Проведенный анализ показал, что каждый из выделенных модулей характеризуется одним или несколькими параметрами, являющимися общими для его составляющих.

Определение конкретных значений параметров проводится путем решения оптимизационной задачи. На каждом уровне декомпозиции системы может быть сформулирована своя задача оптимизации со своими критериями и методами решения. Таким образом, унификация аппаратов, сооружений и систем очистки производственных сточных вод позволяет успешно решать сложнейшие научно-технические задачи по созданию прогрессивной техники, повышению серийности оборудования, расширению возможностей применения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и системами автоматизированного проектирования. Является предпосылкой для создания и разработки теории гибких автоматизированных систем водоочистки.

Малоотходные технологии

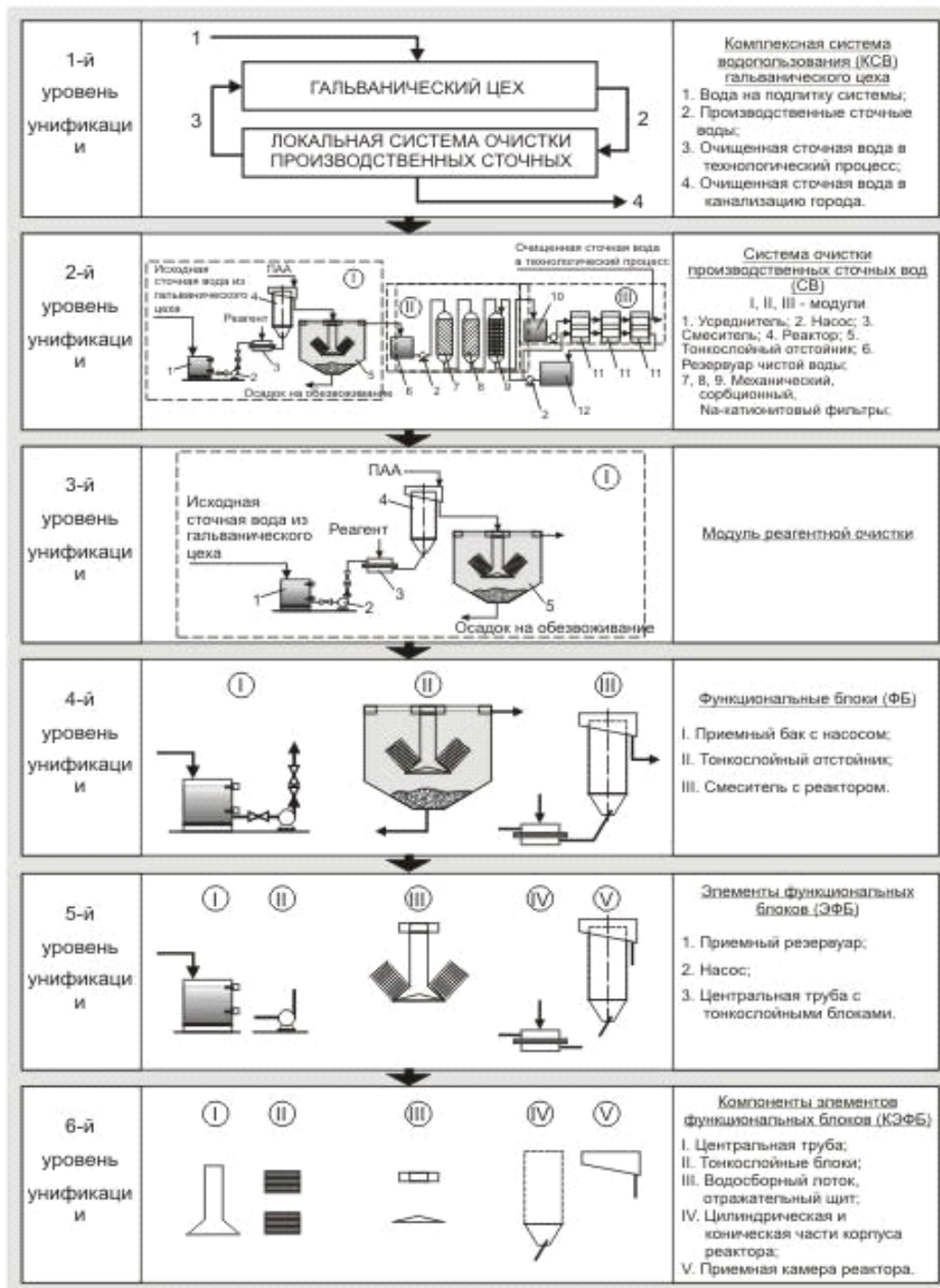


Рис. 3.13 Унификация системы водопользования гальванического цеха
Алгоритм выбора технологических схем представлен на рис. 3.

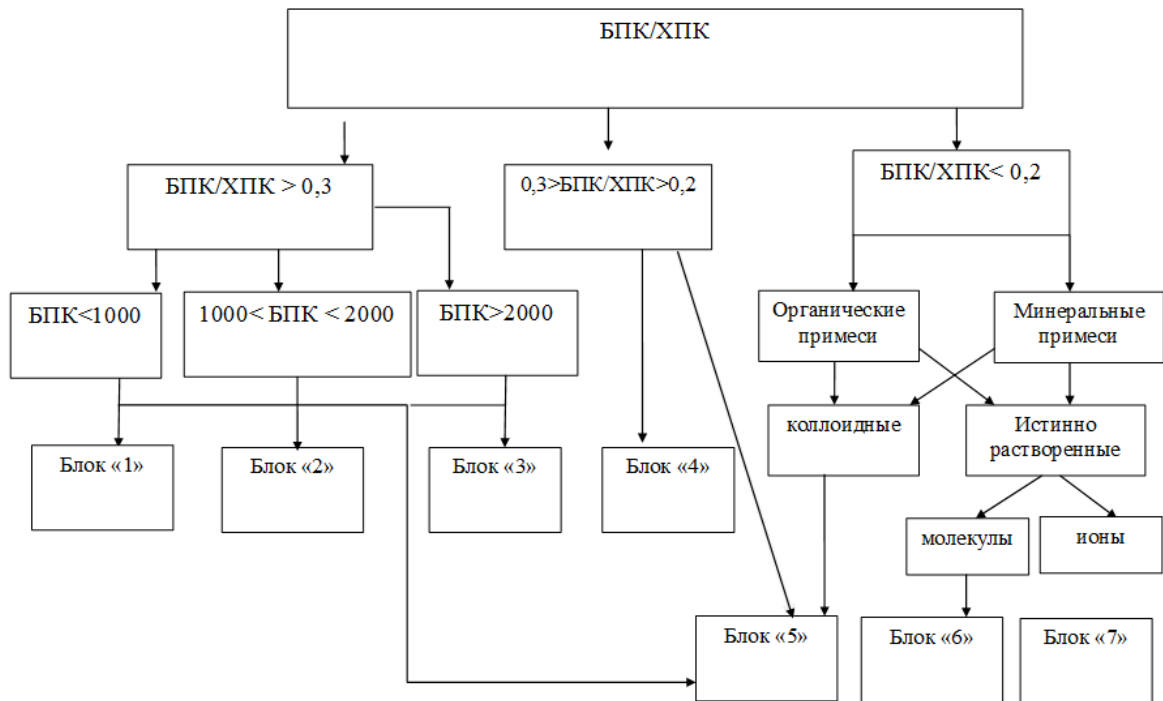


Рис. 3. Алгоритм выбора технологической схемы очистки сточных вод

Описание технологических схем очистки сточных вод по Блоку «1»

Очистка производственных сточных вод по блоку «1» предназначена для сточных вод, содержащих легкоразлагаемую органику. Основной технологической схемой является биологическая очистка в аэробных условиях, поэтому необходимо проверить соблюдения условий по содержанию специфических веществ в сточных водах, направляемых на биологическую очистку: - концентрация взвешенных веществ не должна превышать 200 мг/л; - концентрация жиров допустима не более 100 мг/л при очистке в аэротенках и не более 50 мг/л, при очистке в биофильтрах; - концентрация нефтепродуктов допустима не более 25 мг/л, СПАВ – не более 30 мг/л. Если указанные вещества содержатся в концентрациях превышающих допустимые для биологической очистки, то необходимо предусмотреть отстойники специального назначения для снижения концентраций соответствующих веществ – жироловки, нефтеловушки. Отстойники специального назначения в технологической схеме располагают после сооружений грубой очистки, но перед первичными отстойниками, если они предусмотрены. Если имеется неравномерность притока сточных вод на сооружения или наблюдаются колебания концентраций загрязняющих веществ, находящихся в растворенной форме или коллоидной степени дисперсности, необходимо предусмотреть усреднитель по концентрациям загрязняющих веществ или по расходу сточных вод. Схема очистки и сооружения соответствующие блоку "1" представлена на рис. 4.

Малоотходные технологии

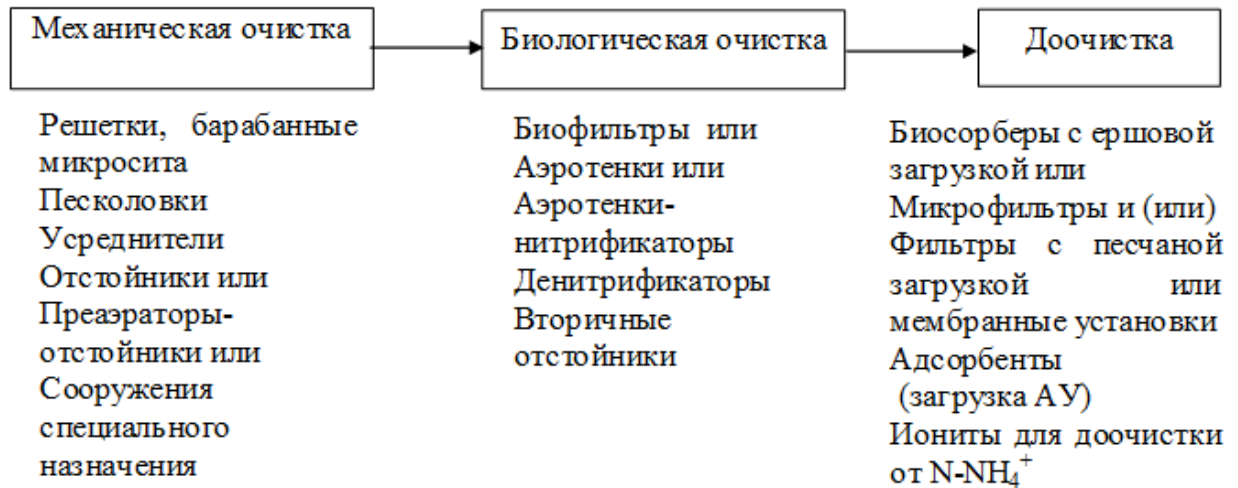


Рис. 4. Схема очистки и сооружения соответствующие блоку "1"

Описание технологических схем очистки сточных вод по Блоку «2»

Этот тип сточных вод характеризуется значительными концентрациями органических загрязнений, что приводит к высокой нагрузке на активный ил и нестабильной работе сооружений биологической очистки. В данном случае подготовку сточных вод к биологической очистке следует проводить с использованием физико-химических методов, позволяющих повысить степень удаления органики как растворенной, так и коллоидной степени дисперсности. Технологическая схема очистки сточных вод по блоку 2 представлена на рис. 14.

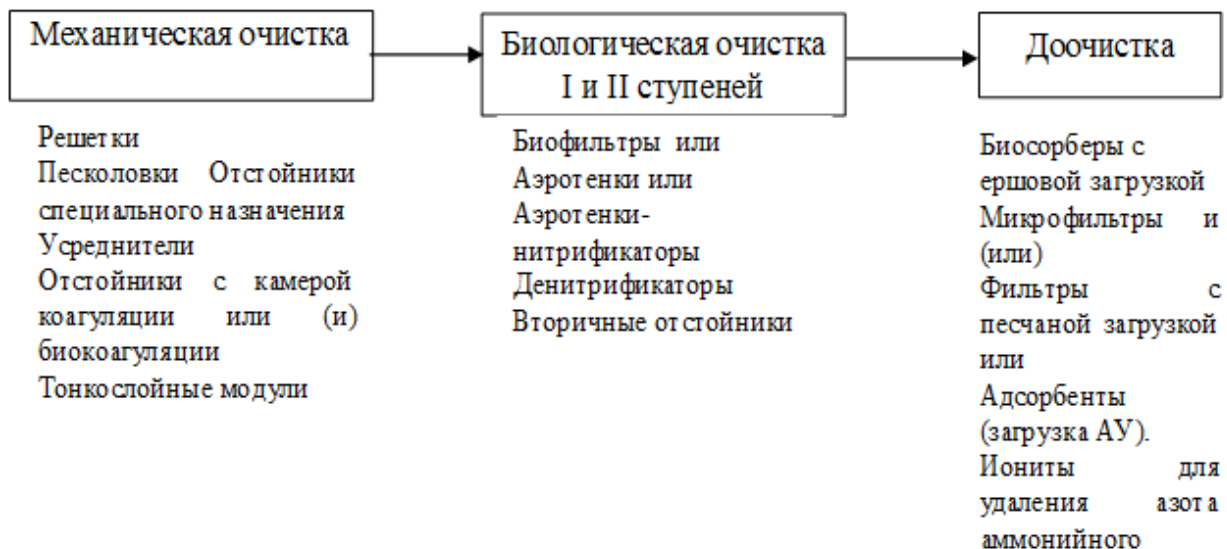


Рис. 14. Схема очистки и сооружения соответствующие блоку "2"

Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "3" представлена на рис. 19.

Малоотходные технологии

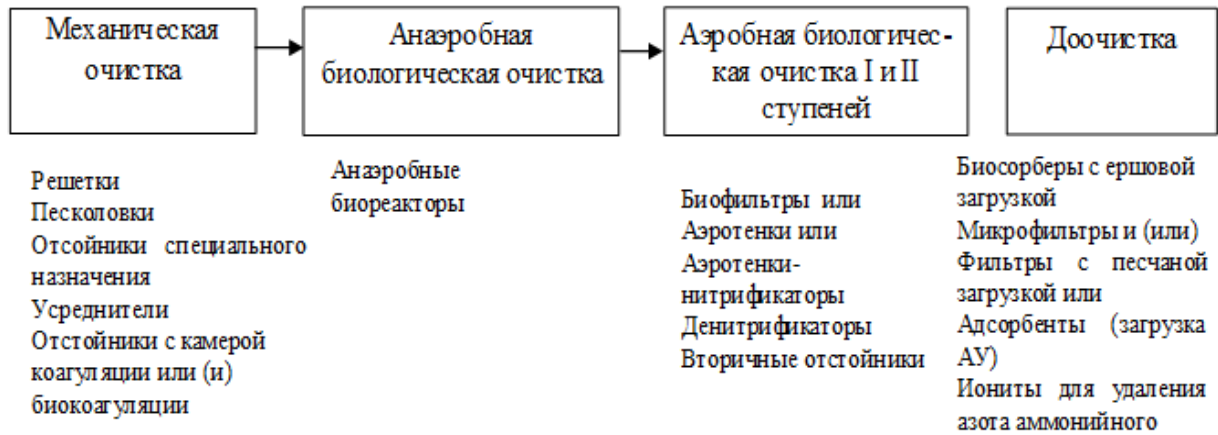


Рис. 19. Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "3"

Описание технологических схем очистки сточных вод по Блоку «4»

Этот блок включает в себя тип сточных вод, содержащих высокие концентрации нефтепродуктов, жиров или моющих средств, концентрация которых идентифицируется по ПАВ. Специфика этих сточных вод в том, что они должны пройти тщательную очистку, включающую в себя физико-химические методы. После такой очистки сточные воды могут быть использованы на предприятии повторно, направлены в городской коллектор или подвергнуты дальнейшей биологической очистке. В каждом конкретном случае в зависимости от требований, предъявляемых к очищенным водам, уточняется технологическая схема их очистки (рис.21).

Назначение и расчет сооружений, совпадающих с сооружениями, представленными в блоке 1- 3 принимается по соответствующим рекомендациям для блоков 1-3. Назначение и расчет сооружений характерных только для блока 4(флотаторы, жлектрофлотаторы, электрокоагуляторы) представлены ниже.

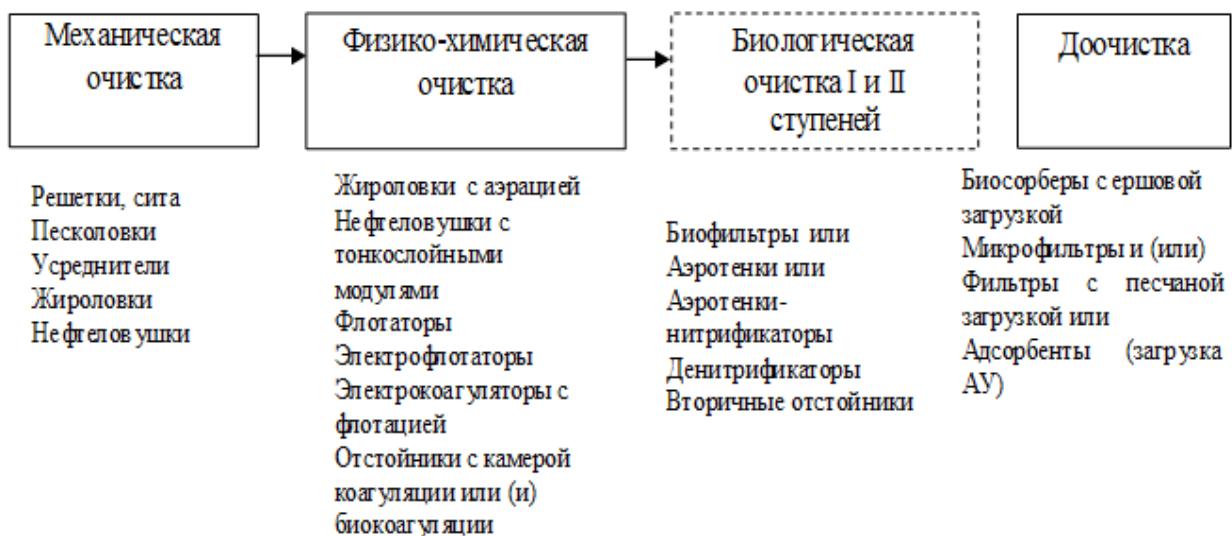


Рис. 21. Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "4"

Малоотходные технологии

Описание технологических схем очистки сточных вод по Блоку «5»

Сточные воды данного типа характеризуются наличием бионеокисляемых загрязняющих веществ коллоидной степени дисперсности: различные эмульсии, красители, гидроксиды металлов, латексы, смолы, синтетические ПАВ и др. Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "5" представлена на рис.27.

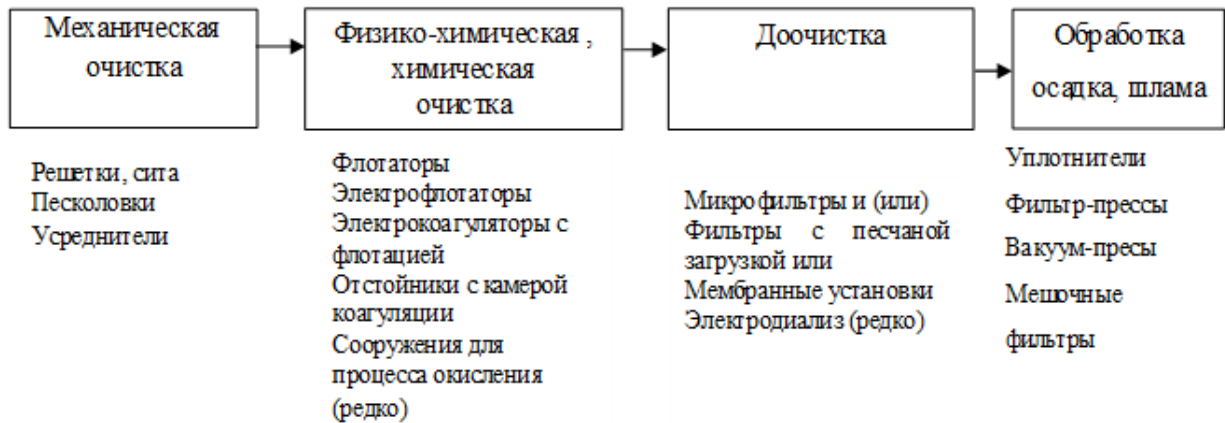


Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "6" представлена на рис.28.

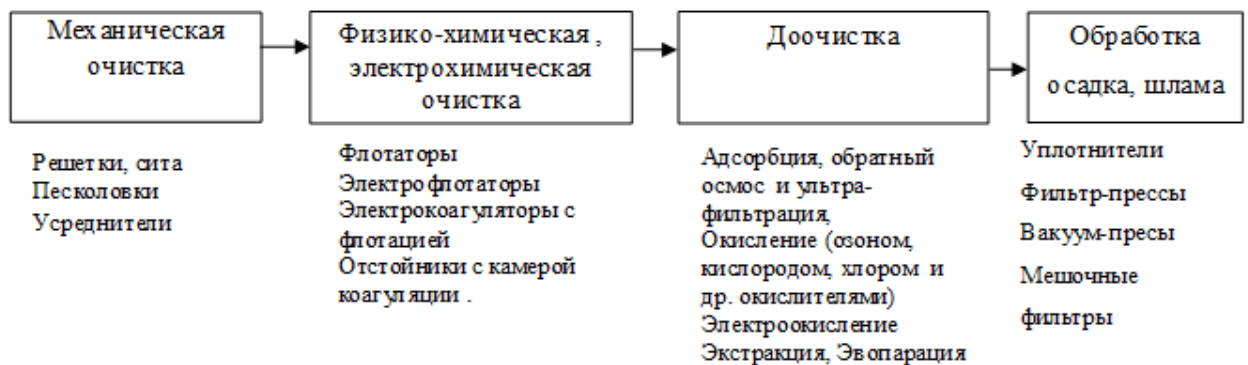


Рис. 28. Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "6"

Вид технологической схемы очистки таких сточных вод зависит, прежде всего, от концентрации загрязняющих веществ (рис.36.).

Малоотходные технологии

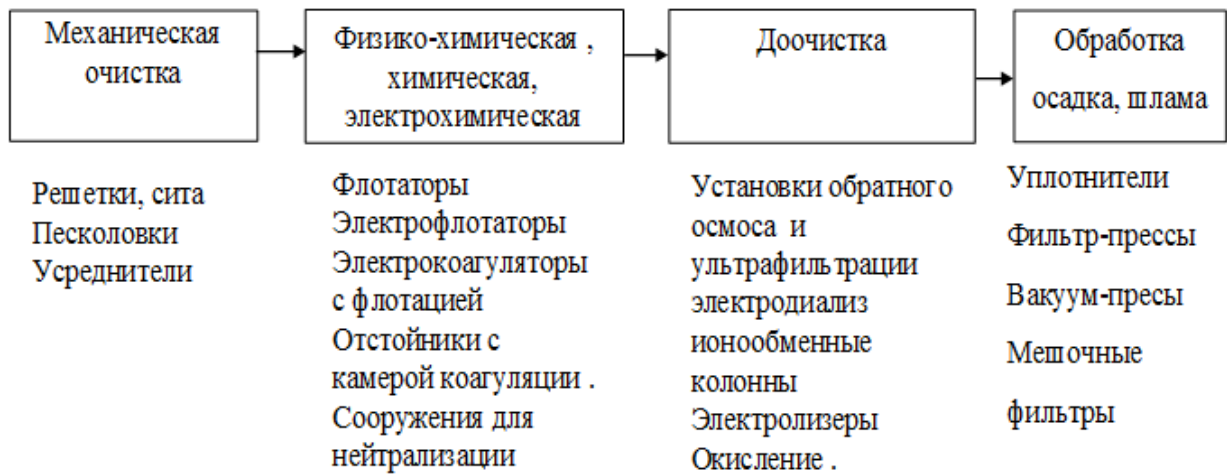


Рис. 36. Схема очистки и сооружения, соответствующие блоку "7"

5.1 Методика ранжирования с применением эквивалентного процентирования.

Методика ранжирования с применением эквивалентного процентирования осуществляется следующим образом:

- 1.Выбираются объекты, между которыми в дальнейшем будет проводиться сравнение и ранжирование по эквивалентному процентированию;
- 2.Выбираются значимые в данном случае критерии оценки эффективности исследуемого процесса;
- 3.В каждом из критериев оценки эффективности выбирается объект с максимальным значением, которому присваивается 100%. Все остальные показатели исчисляются в процентах от максимальных 100 % (табл. 1);
- 4.Определяются суммы процентов по отдельным критериям. Из сумм процентов максимальной сумме также присваивается значение 100 %. Каждой сумме присваивается процентная доля от данных 100 % (табл. 2);
- 5.На основании полученных процентных показателей выстраивается новый ранжированный ряд, где первое место занимает вариант сравнения, соответствующий 100 % и далее по убывающей.

X – объекты исследования;

Y – критерии оценки эффективности;

Таблица 1

Объект исследования	Критерии оценки эффективности			
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
X ₁	34,44 /100	4.36/98.4	5.67/69.1	10,64/69.2
X ₂	32,06/93.1	4.36/98.4	5.67/69.1	10,64/69.2
X ₃	15,41/44.7	2.08/46.9	1.31/16.0	2,45/15.9
X ₄	22,02/63.9	4,36/98.4	8,21/100	15,38/100
X ₅	22,62/65.7	4,43/100	4,7/57.2	8,81/57.3
X ₆	16,93/49.2	3,24/73.1	4,61/56.2	8,65/56.2

Таблица 2

Объект исследования	Сумма процентов	Эквивалентный процент	Ранг объекта исследования
X_1	336.7	92.9	2
X_2	329.8	91.0	3
X_3	123.5	34.1	6
X_4	362.3	100	1
X_5	280.3	77.4	4
X_6	234.7	64.8	5

Таким образом, на базе параметрических показателей исследуемые объекты располагаются по предпочтительности в ряд: 1 – X_4 ; 2 – X_1 ; 3 – X_2 ;

4 - X_5 ; 5 – X_6 ; 6 – X_3 .

Использование критерия выбора оптимальных решений в технологии реагентной очистки сточных вод

Масштабное производство различных коагулянтов и их доступность определяют в настоящее время целесообразность реагентных методов очистки не только природных, но и сточных вод. Широкий спектр выбора коагулянтов обуславливает и вариабельность решений по их применению. Наиболее апробированный метод выбора коагулянта – это пробное коагулирование, осуществляемое в диапазоне плана факторного эксперимента. В результате реализации метода получаем математическое описание процесса в виде уравнения регрессии, в котором функцией отклика является доза коагулянта, а факторами эксперимента – специфические параметры сточной воды, например, концентрация загрязняющего вещества, температура среды, pH и пр. Этот метод выбора коагулянтов ограничен только дозой активного вещества коагулянта. В данной работе приведен пример использования методики «ранжирования по балльной шкале» в технологии реагентной дефосфотизации сточных вод. Она не требует специального математического аппарата, не ограничена выбором критериев, напротив, чем больше число сравниваемых критериев, тем достовернее будет оценка. Результаты ранжирования представляются в табличной форме. В балльной шкале каждому сравниваемому варианту присваивается количество баллов, начиная с максимального значения. Количество столбцов таблицы соответствует числу сравниваемых параметров. Далее баллы суммируются по строкам или столбцам таблицы, из которых формируется ранжировочный ряд: наименьшей сумме баллов соответствует первое место в ранжированном ряду и т. д. (Можно составить ранжировочный ряд и по произведению в строках сравниваемых параметров, в этом случае ранжирование ведется от максимального значения). Данная методика позволяет построить ранжировочные ряды и определить совокупную эффективность каждого сравниваемого варианта выбора, однако не дает взвешенной оценки характеристик внутри ряда, что может быть дополнено ранжированием в

Малоотходные технологии

процентном отношении. Методика ранжирования в процентном отношении заключается в присвоении максимальному значению критериев оценки эффективности 100%, а все остальные показатели исчисляются в процентах от максимальных 100 %. Далее определяются суммы процентов по определяемым критериям, из которых максимальной также присваивается значение 100 %, после чего каждой сумме – процентная доля от данных 100 %. На основании полученных процентных показателей выстраивается новый ранжировочный ряд, где первое место занимает вариант сравнения, соответствующий 100 % и далее по убывающей.

При исследовании коагулянтов фирмы «Сорбент» (г. Пермь) на эффективность удаления фосфора были учтены следующие аспекты: влияние температуры, исходной концентрации фосфора и точки ввода коагулянта по этапам очистки [2,3. По результатам опытных данных были получены математические описания процессов в виде уравнений регрессии в указанном диапазоне факторов (температура и исходная концентрация фосфора) [2]. Характеристика коагулянтов по данным производителя (фирма «Сорбент» г. Пермь) представлена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика коагулянтов, используемых для дефосфотизации

Параметры	Коагулянты			
	Гидроксохлорид алюминия ТУ 6-00-05795731-250-96 [1]*	Алюминия сульфат технический очищенный модифицированный ТУ 2163-173-05795731-2005 [2]	Гидроксосульфат алюминия (коагулянт смешанного типа) ТУ 2163-001-05795731-99 [3]	Алюможелезный коагулянт (коагулянт смешанного типа) ТУ 2163-141-05795731-2004 [4]
Массовая доля основного вещества в пересчете на Al_2O_3 , %	42,6	15	15	13,5
Массовая доля хлоридов в пересчете на Cl, %	19,6	-	-	-
Массовая доля железа, %	0,4	-	0,3	3,3
Массовая доля угля, %	-	3,5	-	-
Мольное отношение железа к алюминию	-	-	-	0,13-0,15

*В скобках указан порядковый номер, присвоенный коагулянту в эксперименте.

Исследования проводили на левобережной станции аэрации г. Ростова-на-Дону. В процессе исследований сопоставляли эффективность реагентной дефосфотизации при введении коагулянта на различных этапах технологической

Малоотходные технологии

схемы очистки сточных вод: 1 – первичный отстойник; 2 – конец аэротенка; 3 - после вторичного отстойника. В каждом случае определяли комбинации уровней варьирования факторов – концентрации фосфатов и температуры сточных вод. Заключительным этапом при реагентной дефосфотизации является фильтрование биологически очищенных сточных вод, независимо от точки ввода коагулянта. Для характерных точек плана эксперимента определяли оптимальную дозу коагулянта. В данном случае под оптимальной дозой понимали то его минимальное значение по активной части, которое обеспечивает ПДК фосфатов в фильтрате.

Ранжирование коагулянтов по оптимальной дозе при вводе коагулянтов в первичный отстойник

В таблицах 2 и 3 представлены соответственно исходные данные факторов эксперимента и оптимальные дозы коагулянтов в характерных точках плана эксперимента и результаты обработки по методике «ранжирования по балльной шкале».

Таблица 2. Основные характеристики плана эксперимента цифры :18,7

Характеристики	x ₁ , мг/л	x ₂ , °С
Основной уровень	4	18
Интервал варьирования	1	7
Верхний уровень	5	25
Нижний уровень	3	11

Таблица 3. Результаты обработки данных пробного коагулирования по методике «ранжирования по балльной шкале»

Факторы*		Функция отклика - доза коагулянтов (1...4) по Al ₂ O ₃ ,мг/л (баллы)			
X ₁ , (C _p , мг/л)	X ₂ , (t, °С)	[1]	[2]	[3]	[4]
-1	-1	50 (3)**	37(1)	55 (4)	43(2)
+1	-1	140(3)	67(1)	150(4)	71(2)
-1	+1	50(2)	42(1)	60(4)	52(3)
+1	+1	140(3)	71(1)	156(4)	81(2)
Сумма баллов		11	4	16	9
Средняя из 5 проб доза коагулянтов: по Al ₂ O ₃ / по техн. продукту		95/223	54/361	105/701	62/457
Ранг: по Al ₂ O ₃ / по техн. продукту		3/1	1/2	4/4	2/3
Итоговый ранг		2	1	4	3

*«- 1» и «+1» - здесь и далее минимальное и максимальное значения факторов;

** (i) – здесь и далее значения в скобках соответствуют баллам, минимальный - соответствует 1 месту, максимальный – 4.

Малоотходные технологии

В соответствии с результатами обработки данных исследований можно видеть, что при выборе коагулянтов по активной части предпочтительным вариантом является коагулянт №2 (алюминия сульфат технический очищенный модифицированный). Однако результат определения приоритетного коагулянта по техническому продукту оказывается другим: меньшее значение дозы коагулянта в этом случае обнаруживается у коагулянта №1 (гидроксохлорид алюминия).

Ранжирование коагулянтов по оптимальной дозе при вводе коагулянтов в конец аэротенка

В таблице 4 и 5 представлены соответственно исходные данные факторов эксперимента и оптимальные дозы коагулянтов в характерных точках плана эксперимента и результаты обработки по методике «ранжирования по балльной шкале».

Таблица 4. Основные характеристики плана эксперимента

Характеристики	x ₁ , мг/л	x ₂ , °C
Основной уровень	2	18
Интервал варьирования	1	7
Верхний уровень	3	25
Нижний уровень	1	11

Таблица 5. Результаты обработки данных пробного коагулирования по методике «ранжирования по балльной шкале»

Факторы*		Функция отклика - доза коагулянтов (1...4) по Al ₂ O ₃ , мг/л (баллы)			
X ₁ (C _p , мг/л)	X ₂ (t, °C)	[1]	[2]	[3]	[4]
-1	-1	20(4)**	3,0 (1)	5,0(3)	3,5(2)
+1	-1	45(4)	8,0 (1)	13,0(3)	10,0(2)
-1	+1	25(4)	6,0(1)	7,0(2)	8,0(3)
+1	+1	55(4)	17,0(1)	19,0(2)	20,0(3)
Сумма баллов		16	4	10	10
Средняя доза коагулянтов: по Al ₂ O ₃ /по техн. продукту		36,25/85	8,5/57	11/73	10,4/77
Ранг: по по Al ₂ O ₃ / по техн. продукту		4/4	1/1	3/2	3/3
Итоговый ранг		4	1	2	3

В соответствии с результатами обработки данных исследований можно видеть, что при выборе коагулянтов по активной части предпочтительным вариантом **при вводе их в конец аэротенка** оказывается коагулянт №2 (алюминия сульфат технический очищенный модифицированный).

Ранжирование коагулянтов по оптимальной дозе при вводе коагулянтов после вторичных отстойников

В таблице 6 и 7 представлены соответственно исходные данные факторов эксперимента и оптимальные дозы коагулянтов в характерных точках плана

Малоотходные технологии

эксперимента и результаты обработки по методике «ранжирования по балльной шкале».

Таблица 6. Основные характеристики плана эксперимента

Характеристики	x_1 , мг/л	x_2 , °C
Основной уровень	2	18
Интервал варьирования	1	7
Верхний уровень	3	25
Нижний уровень	1	11

Таблица 7. Результаты обработки данных пробного коагулирования по методике «ранжирования по балльной шкале»

Факторы*		Функция отклика - доза коагулянтов (1...4) по Al_2O_3 , мг/л (баллы)			
X_1 (C_p , мг/л)	X_2 (t, °C)	[1]	[2]	[3]	[4]
-1	-1	20(4)**	3,0 (1)	5,0(3)	3,5(2)
+1	-1	45(4)	8,0 (1)	13,0(3)	10,0(2)
-1	+1	25(4)	6,0(1)	7,0(2)	8,0(3)
+1	+1	55(4)	17,0(1)	19,0(2)	20,0(3)
Сумма баллов		16	4	10	10
Средняя доза коагулянтов: по Al_2O_3 /по техн. пр-ту		36,25/85	8,5/57	11/73	10,4/77
Ранг: по по Al_2O_3 / по техн. продукту		4/4	1/1	3/2	3/3
Итоговый ранг		4	1	2	3

В соответствии с результатами обработки данных исследований можно видеть, что при выборе коагулянтов по активной части и по техническому продукту **при вводе их после вторичных отстойников** предпочтительным вариантом оказывается коагулянт №3 (гидрокосульфат алюминия (коагулянт смешанного типа))

В табл. 8 представлены ранги коагулянтов по точке их ввода в обрабатываемую сточную воду.

Таблица 8. Ранги коагулянтов по точке их ввода в обрабатываемую жидкость

Точка ввода коагулянтов	[Ранг коагулянта] (доза коагулянта по техническому продукту, мг/л)			
	1	2	3	4
Первичный отстойник	[1](223)*	[2](361)	[4] (701)	[3] (457)
Конец аэротенка	[4](85)	[1](57)	[2] (73)	[3] (77)
После вторичного отстойника	[4] (94)	[2](83)	[1](73)	[3] (88)

*В круглых скобках указана средняя доза по техническому продукту для соответствующего коагулянта, номер которого обозначен в квадратных скобках.

Анализ таблицы позволил установить, что наивысший ранг получили два вида коагулянтов: алюминия сульфат технический очищенный

Малоотходные технологии

модифицированный активированным углем [2] и гидрокосульфат алюминия [3], однако коагулянт [2] производится только под заказ, имеет более высокую стоимость и более сложен в эксплуатации, так как активированный уголь при хранении раствора осаждается и, соответственно, раствор требуется постоянно перемешивать.

Произведенный анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы: - введение коагулянта в первичный отстойник нецелесообразно, так как доза коагулянта по техническому продукту увеличивается в 3-4 раза относительно других точек ввода коагулянта и обедняется питание биомассы. - Дозы коагулянта при его введении в конец аэротенка и после вторичного отстойника сопоставимы. -Для дефосфотизации сточных вод г. Ростова-на-Дону целесообразно использовать гидрокосульфат алюминия (коагулянт смешанного типа). Для расчета дозы коагулянта по Al_2O_3 целесообразно использовать следующие уравнения:

$$D_k = 5,0 C_p + 0,4 t - 5,8 \text{ (ввод коагулянта в конец аэротенка)}$$

$$D_k = 5,9 C_p + 0,32 t - 4,2 \text{ (ввод коагулянта после вт. отстойника) [2].}$$

Лекция №6

МЕРЫ БОРЬБЫ С УТЕЧКАМИ НА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Для обеспечения бесперебойной работы водопроводной сети и борьбы с утечками воды необходимо соблюдение следующих условий. Сеть должна быть закольцована, тупиковые линии могут сохраняться только в виде исключения. На сети должны быть установлены в необходимом количестве: а) задвижки для выделения отдельных участков сети на время ремонта или при повреждении. Они устанавливаются в колодцах, желательнее на пересечении линий. К задвижкам должен быть обеспечен свободный доступ; б) вантузы, служащие для выпуска воздуха из сети. Они ставятся на самых высоких точках сети, а также в верхних точках профиля труб; в) предохранительные клапаны для предотвращения гидравлических ударов в сети; г) на водоводах при наличии стальных труб должны быть врезаны специальные штуцера для измерения давления. Примечание. Места установки колодцев с задвижками, вантузами и предохранительными клапанами определяются техническим проектом. Кроме того, на сети должны быть установлены пожарные гидранты на расстоянии один от другого, не превышающем 100 м; д) водопроводная сеть и вся сетевая арматура должны содержаться в образцовом техническом и санитарном состоянии.

Наблюдение и уход за сетью

Для оперативности и четкости в постановке эксплуатации сети водопроводное хозяйство должно иметь исполнительную техническую документацию, в том числе: 1. Общий план водопроводной сети в масштабе 1:5000. На плане должны быть нанесены схематически все водозаборные и очистные сооружения, водяные скважины, насосные станции I и II подъема, станции подкачки, водонапорные башни, все уличные водопроводные сети, дюкеры, переходы под железнодорожными линиями и др., а также наиболее крупные потребители, в основном крупные промышленные и коммунальные предприятия. Если в городе имеется несколько зон питания, то на плане должны быть нанесены границы зон. План должен быть разбит на квадраты. Все квадраты должны быть пронумерованы. 2. Набор планшетов в масштабе 1:500. Каждый планшет имеет свой номер и соответствует определенному квадрату на основном плане. На планшетах должны быть нанесены все уличные и внутриквартальные (дворовые) сети с указанием их диаметров, вводы в здания, летние поливочные водопроводы, водоразборные колонки, задвижки, предохранительные клапаны, вантузы и пожарные гидранты, а также колодцы с выпусками для освобождения водоводов. 3. Планы уличных проездов в масштабе 1:500 с нанесением всех зданий, трасс водопроводных линий с полной детализацией узлов и указанием материала труб и их диаметров. Колодцы должны быть привязаны не менее чем двумя привязками к постоянным ориентирам. 4. На наиболее ответственные сооружения - водоводы, магистральные линии, дюкеры, переходы под железными дорогами и др. - должны иметься профили в масштабе: горизонтальном 1:500,

Малоотходные технологии

вертикальном 1:100. На профиле должны быть указаны расстояния между колодцами, диаметр и материал труб, глубина их заложения, а также коммуникации всех подземных сооружений, пересекающих трассу, с указанием отметок их заложения.5. Чертежи насосных станций и резервуаров в масштабе 1:50 с указанием материала, из которого выполнено сооружение, и его объема с характеристикой оборудования и детализацией трубопроводов.6. Акты на скрытые работы, в которых должны быть указаны: диаметры и материал труб, тип основания, способ укладки, пересечения с другими подземными коммуникациями и т.д.7. Акты на проведение гидравлических испытаний трубопроводов.3.3. Важнейшим мероприятием, обеспечивающим нормальную эксплуатацию водопроводной сети и предохраняющим ее от потерь воды, является планово-предупредительный осмотр и ремонт сети, который складывается из следующих основных элементов:

1. Систематический осмотр всей трассы водопровода для обнаружения видимых утечек воды, проверка целостности люков и крышек колодцев.2. Осмотр и профилактический ремонт сетевой арматуры: подчеканка раструбов, набивка сальников у задвижек, подтягивание болтов на фланцевых соединениях.3. Разгонка и смазка задвижек. Разогнать задвижку - это значит закрыть ее до отказа и потом снова открыть. Если маховик задвижки перестает вращаться, не достигнув ее закрытия, то для дальнейшего его вращения нельзя применять силу (например, поворачивать маховик ломом), так как можно сорвать резьбу и вывести задвижку из строя. В этом случае следует повернуть маховик несколько раз в обратную сторону, смазать шпиндель и затем продолжать закрытие. Работа по разгонке задвижек является очень важной частью эксплуатации сети. При любой аварии или повреждении трубопровода, в случае неисправности задвижек, приходится выключать из работы и опорожнять большие участки трубопровода, что связано со значительными потерями воды. В местах, где водопровод утеплен, следует тщательно осматривать, нет ли утечки и проникновения влаги в утепление. Отсыревшее утепление не может предохранить водопровод от замерзания в зимний период.7. Все поливочные и временные водопроводы должны быть взяты на учет. Подача воды может осуществляться только через водомер. С наступлением холодного времени все поливочные и временные водопроводы должны отключаться; во избежание замерзания вода из них должна быть спущена.

ПЕРИОДИЧНОСТЬ ОСМОТРОВ И ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТ ПО ТЕКУЩЕМУ РЕМОНТУ СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОПРОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

Наименование объектов	Продолжительность периода в мес. между	
	осмотрами текущими ремонтами (производится по мере выявления, но не реже)	
Сеть и ее элементы		
Трубопроводы	2	6
Дюкеры	2	6
Колодцы	2	6
Задвижки	2	12
Пожарные гидранты	2	12
Водоразборные колонки	2 - 3 дня 6	
Вантузы и предохранительные клапаны	1	12
Домовые водопроводные вводы	12	12
Водяные скважины	Ежедневно 6	
Подземные резервуары и водонапорные башни	3	12

Подготовка водопроводной сети к зиме

Одной из причин повреждений на водопроводной сети, связанных с большими потерями воды, является замерзание воды в трубопроводах. Для предупреждения этих потерь каждое водопроводное хозяйство должно хорошо подготовиться к работе в зимних условиях. Для подготовки сети к зиме необходимо: а) произвести ремонт всей сетевой арматуры - задвижек, пожарных гидрантов, вантузов и др., устранив в первую очередь течь воды в них; б) проверить отремонтированные пожарные гидранты в установленном порядке совместно с органами пожарной охраны; в) произвести утепление смотровых колодцев с расположенными в них пожарными гидрантами, задвижками, вантузами. В первую очередь утепление должно быть произведено на участках сетей, уложенных в зоне промерзания грунта и на участках с недостаточной циркуляцией воды; г) учитывая, что дворовые и внутриквартальные водопроводные сети в ночное время имеют недостаточную циркуляцию воды, произвести утепление всех смотровых колодцев во дворах; д) обеспечить надлежащее утепление всех трубопроводов, уложенных по мостам, эстакадам, установить на них заблаговременно специальные выпуски для сброса в большие

Малоотходные технологии

морозы через них воды для предотвращения замерзания в часы малых расходов; е) до наступления морозов отключить все временные водопроводы и спустить из них воду; ж) для подготовки водоразборных колонок к работе в зимний период произвести их осмотр и ремонт, обеспечив в первую очередь герметичность соединений внутри колонок и плотное закрытие клапана. При износе эжектор должен быть заменен, для чего заблаговременно подготовить и иметь в наличии наиболее изнашиваемые запасные части водоразборных колонок. При наступлении больших морозов необходимо систематически производить в выборочном порядке измерение температуры в водопроводной сети, в первую очередь на участках, уложенных в зоне промерзания грунта, на тупиковых линиях и на вводах с недостаточной циркуляцией воды. Снижение температуры до +1, +2 °С считается угрожающим. В этом случае необходимо принимать меры к прогреванию трубопроводов путем спуска большого количества воды через пожарный гидрант в конце участка, находящегося под угрозой. Для отогрева замороженных участков водопроводной сети и водоразборных колонок применяются передвижные паровые котлы типа АДУ или РИ-1-ЛС. Замерзшие участки уличных сетей отогреваются паром через снятую фасонную часть (задвижку, пожарный гидрант, тройник и др.). Через указанное отверстие при помощи шланга с внутренним диаметром 12 - 15 мм, длиной 25 - 30 м в трубу подается пар для ее отогрева. При отогревании замерзшей водоразборной колонки отвертывается верхняя крышка и в кольцевое пространство между наружным корпусом и штангой просовывается шланг наружным диаметром 10 - 12 мм. При пуске через него пара водоразборная колонка быстро отогревается. Котлы, подобные АДУ и РИ-1, могут быть изготовлены на местах. В этом случае изготовленные котлы должны быть предъявлены для осмотра и апробации местным органам госгортехнадзора. Все котлы, находящиеся в эксплуатации, должны соответствовать "Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением", утвержденным Госгортехнадзором. Оператор, работающий с котлами, должен иметь специальное удостоверение Госгортехнадзора о допуске его к работе. Замерзшие трубы мелких диаметров (50 - 100 мм), в основном домовых вводов или ответвлений к водоразборным колонкам, могут отогреваться электрическим током. С этой целью трансформатор электросварочного аппарата присоединяется проводами к двум концам отогреваемого участка. Электрический ток, проходя по трубам, нагревает их, растапливает ледяные пробки и восстанавливает движение воды. Замерзшие фасонные части - задвижки, пожарные гидранты и др. в смотровых колодцах могут отогреваться паром или горячей водой

Организация аварийной службы

Одной из важнейших задач водопроводно-канализационных хозяйств является быстрая ликвидация возникающих аварий и повреждений, связанных с большими потерями воды. Для срочной ликвидации аварий и повреждений в каждом водопроводно-канализационном хозяйстве должны быть организованы аварийные бригады. Число бригад зависит от протяженности сети. Дежурство аварийных бригад должно быть круглосуточным. Аварийная бригада должна иметь в своем распоряжении землеройные и откачивающие механизмы,

Малоотходные технологии

подъемные средства, а также специальную аварийную машину, снабженную набором инструментов и оборудования, необходимого при производстве работ. Обязательно наличие оснащения, требуемого по условиям техники безопасности, - вентилятор, лампы ЛБВК, противогазы и т.д. . Аварийная бригада выезжает для ликвидации аварии по распоряжению диспетчера. На мелких предприятиях с малой протяженностью водопроводной сети может быть организовано круглосуточное дежурство одного слесаря, который в случае аварии организует бригаду из эксплуатационного персонала.. Продолжительность ликвидации аварий на трубопроводах можно ориентировочно принимать согласно табл.

Таблица

Диаметр труб, мм	Продолжительность ликвидации аварии (ч) при	
	глубине промерзания грунта	
	до 2 м	свыше 2 м
До 400	8	12
Свыше 400	12	24

Примечание. Указанные в табл. продолжительности ликвидации аварий можно принимать при соответствующем обосновании, учитывающем материал и диаметр труб, особенности трассы водопровода, условия прокладки труб, а также имеющиеся средства для ликвидации аварий.

ВЫЯВЛЕНИЕ УТЕЧЕК НА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Утечки воды в системе водоснабжения можно разделить на два вида: скрытые (невидимые) и явные. 4.2. Скрытые утечки, незаметные при поверхностном осмотре водопроводных сооружений, происходят из сетей, уложенных в земле. В тех случаях, когда вода, выходящая из дефектных мест трубопровода, может поглощаться грунтом или уходить в канализацию, скрытые утечки могут длительное время оставаться необнаруженными и являться источником больших потерь воды. Выявление скрытых утечек на водопроводных линиях требует проведения специальных работ. Явными утечками называются такие, при которых вода, вытекающая из водопроводных сооружений, может быть обнаружена без каких-либо специальных исследований (утечки из водоразборных колонок, из дефектных мест трубопровода при авариях и повреждениях, из арматуры санитарных приборов и т.д.). Явные утечки устраняются гораздо легче скрытых. Они менее опасны с точки зрения возможного повреждения зданий и подземных коммуникаций.

Отыскание поврежденных участков производится одним из следующих способов.

Манометрическая съемка давлений

4.4. Для выявления скрытых утечек из городской водопроводной сети применяется в первую очередь манометрическая съемка давлений.

Малоотходные технологии

Для проведения манометрической съемки на сети должны быть выбраны определенные характерные точки на расстоянии не более 1 км одна от другой.

Замеры давлений производятся образцовым манометром класса точности 0,4 с помощью стендера, устанавливаемого на пожарных гидрантах, или через специальные штуцера, врезанные в трубопровод.

При отсутствии пожарного гидранта для снятия напора могут быть использованы водосчетные узлы на вводах в домах, где для временной установки манометра используется штуцер контрольного крана водосчетного узла.

4.5. Давления желательно измерять одновременно в нескольких точках городской сети.

При невозможности одновременной съемки давлений измерения ведутся последовательно в течение 2 - 3 ч при обязательном условии сохранения постоянного режима работы насосных станций и сети.

4.6. Результаты съемки давлений заносятся в специальный журнал с указанием даты и времени измерения, диаметра водопроводной линии, этажности зданий и режима работы насосной станции.

Для удобства и точности анализа съемки и выявления мест возможных утечек полученные данные следует наносить на схему водопроводной сети.

4.7. При анализе свободных напоров необходимо помнить, что резкое падение напора может быть вызвано также засорением трубопровода или наличием каких-то неучтенных расходов воды на исследуемом участке трубопровода, что позволяет одновременно с выявлением скрытых утечек обнаруживать и другие недостатки - засорение на сети, хищение воды и т.д.

4.8. На участках, где отмечаются резкие неоправданные снижения напора, съемка производится повторно с меньшими расстояниями между точками измерения. Это позволяет приблизиться непосредственно к поврежденным местам трубопроводов.

Проверка участка, подозреваемого в наличии утечки, осуществляется одним из следующих способов.

Выявление утечки с помощью контрольного водомера

4.9. Использование контрольного водомера дает возможность одновременно выявить утечку на определенном участке сети и установить ее величину. Для этого испытуемый участок временно отключают от сети водопровода закрытием с обеих сторон задвижек и его питание производят с одной стороны через контрольный водомер. Задвижки должны обеспечивать надлежащую герметичность и не пропускать воды.

При отсутствии утечки счетчик не фиксирует никаких показаний. При наличии утечки стрелки водосчетчика вращаются и указывают величину утечки.

Контрольный водосчетчик устанавливается обычно на обводной линии задвижки как показано на рис. 12.

Присоединение обводной линии осуществляется при помощи седелок. Для выключения водосчетчика на обводной линии устанавливаются два вентильных крана. Калибр (диаметр) контрольного водосчетчика обычно 15 мм.

Для обеспечения правильности показаний контрольного водосчетчика необходимо, чтобы от его штуцера по обеим сторонам имелись горизонтальные, прямолинейные участки длиной не менее 0,20 м.

Малоотходные технологии

Выявление утечки с помощью гидравлического пресса

4.10. Сущность применения гидравлического пресса заключается в том, что в трубах участка, испытываемого на утечку, создается повышенное давление, величина которого фиксируется по манометру.

Падение давления, наблюдаемое по манометру за определенный отрезок времени, характеризует наличие утечки.

Если давление не снижается, трубопровод исправен.

4.11. Определение утечки производится в следующем порядке:

1. Испытываемый участок трубопровода и все имеющиеся на нем присоединения (ответвления) временно выключают из системы водоснабжения. Перед отключением испытываемого участка задвижки проверяют на герметичность. Обнаруженный пропуск воды в задвижках (их негерметичность) устраняется. Также должны быть устранены все замеченные неисправности сетевой арматуры в колодцах. При отсутствии на концах участка, намеченного к испытанию, задвижек или при неисправности задвижек устанавливают специальные заглушки.

2. Гидравлический пресс присоединяют к испытываемому участку с помощью резинового шланга высокого давления. Для присоединения используют какой-либо отросток, имеющийся на трубе, или корпус задвижки, с которого снимается крышка, пожарную подставку и др. В случае невозможности такого использования гидравлический пресс присоединяют с помощью седелки, для чего в стенке трубы просверливают отверстие, которое после использования надежно закрывают резьбовой пробкой.

3. С помощью гидравлического пресса создается дополнительное давление, соответствующее максимальному давлению в водопроводной системе. Величина давления фиксируется по манометру, установленному у пресса или непосредственно на испытываемом трубопроводе.

4. Гидравлический пресс отключают от трубопровода, закрывая вентильный кран.

Падение давления, наблюдаемое по шкале манометра, характеризует наличие утечки на испытываемом участке трубопровода. Быстрое падение давления указывает на значительную утечку.

5. Пресс и манометр устанавливают в наивысшей точке трубопровода для возможности выпуска воздуха через воздушный кран. Заполнение трубопровода производят, наоборот, с самой пониженной точки участка.

Выявление утечки с помощью пожарного гидранта и манометра

4.12. Сущность этого способа заключается в следующем:

1. На испытываемом участке водопровода все домовые вводы, присоединенные к нему, отключаются задвижками или вентилями. Задвижки должны обеспечивать надежную герметичность при отключении.

2. На пожарном гидранте, расположенном на испытываемом участке, устанавливается стендер с контрольным манометром.

3. Участок отключается от водопроводной сети задвижками, причем последней закрывается задвижка со стороны питания данного участка.

4. Перед закрытием и после закрытия последней задвижки фиксируются показания манометра. При отсутствии утечки показания не изменяются. При

Малоотходные технологии

наличии утечки показания стрелки манометра резко снижаются. Указанный способ выявления участков со скрытыми утечками является весьма простым и эффективным, однако он дает только возможность установить наличие утечки, но не измерить ее величину.

Выявление наличия утечки и величины ее по падению уровня воды в баке башни или напорного резервуара

4.13. Определение наличия и величины утечки в трубопроводе по падению уровня воды в баке водонапорной башни или напорного резервуара может производиться с достаточной точностью. Работа ведется в следующем порядке:

1. Перед испытанием трубопровода на утечку необходимо тщательно проверить плотность закрытия задвижек на всех прилегающих линиях.

2. На время испытания подача воды в бак прекращается. При испытании напорного водовода последний отключается от насоса в здании насосной станции. При испытании участка разводящей линии отключаются все ответвления и домовые вводы.

3. Фиксируется время и положение уровня воды в баке, затем в течение 1,5 - 2 ч ведется наблюдение за уровнем воды в нем.

Если испытываемый участок сети исправен, то уровень воды в баке остается в том же положении или снизится незначительно. Снижение уровня показывает наличие утечки.

Подсчет утечки на испытываемом участке сети или водовода сводится к определению объема воды, которая вытекла из бака за время испытания, и величины утечки за единицу времени.

Отыскание места скрытой утечки

4.25. После того как выявлены участки сети, на которых имеется утечка воды, приступают к отысканию места утечки, т.е. места повреждения труб.

4.26. Приблизительно место повреждения можно определить по провалам, образующимся на поверхности улицы, по затоплению подвалов зданий, по увеличению расхода воды в канализационных коллекторах. Однако следует помнить, что при наличии усовершенствованных дорожных покрытий выход воды к поверхности затруднен и может осуществляться часто на значительном расстоянии от места повреждения.

Места повреждения труб могут быть определены одним из следующих способов:

1. Прослушиванием "на шум".
2. С помощью сжатого воздуха.
3. С помощью пневматических баллонов (по предложению инж. Попова).

Примечание. В зарубежной литературе приводятся способы отыскания утечек с помощью радиоактивных изотопов, сжатого воздуха или газа и др. Однако эти методы еще не отработаны и малодоступны. Известные отечественные акустические приборы для отыскания мест утечек - геофоны, аквафоны, микрофоны и пьезомикрофоны - большого распространения не получили, так как они воспринимают все виды шумов и потому для работы в городских условиях неприемлемы и промышленностью не изготавливаются.

Малоотходные технологии

Определение мест утечки прослушиванием "на шум"

4.27. Прослушивание "на шум" осуществляется в колодцах, расположенных на исследуемом участке, непосредственным прикладыванием уха к кранам, задвижкам, пожарным гидрантам и другой арматуре. Для удобства прослушивания к трубе может прикладываться какой-либо металлический предмет (например, лом), хорошо передающий звук. Во время прослушивания разбор воды из исследуемого участка прекращается.

Место повреждения трубопровода будет вблизи наибольшего шума при прослушивании.

Определение мест утечки из труб дюкера сжатым воздухом

4.28. Для определения мест скрытой утечки из труб дюкера часто используется так называемый гидропневматический способ. Сущность этого способа заключается в том, что в предварительно выключенный трубопровод вводится сжатый воздух, который выходит из поврежденного места в виде пузырьков и таким образом указывает местонахождение утечки.

4.29. Порядок работ по выявлению мест скрытой утечки из труб дюкера:

а) закрывают задвижку на концах подводного трубопровода;

б) в одном из береговых колодцев на пожарный гидрант устанавливают стендер для присоединения компрессора. Если в колодце нет пожарного гидранта и имеющиеся фасонные части не приспособлены для присоединения компрессора, то на трубе высверливают специальное отверстие, на которое устанавливают накладку со штуцером;

в) штуцер соединяют с резиновым шлангом компрессора и производят постепенную подачу воздуха в трубы дюкера, ведя наблюдение на трассе подводного трубопровода за выходом воздуха на поверхность воды.

Примечание. При указанных работах следует учитывать возможность всплытия подводного трубопровода в случае плохого его крепления анкерами.

МЕРЫ УМЕНЬШЕНИЯ НЕУЧТЕННЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ

Имеются расходы воды, совершенно необходимые и рациональные, но не учитываемые водопроводными хозяйствами в связи со сложностью их учета. К таким относятся расходы на пожаротушение, на испытание пожарных гидрантов, на пожарные учения. Все эти расходы не оплачиваются потребителем, но они должны учитываться и приниматься во внимание при подведении итогов работы водопровода за месяц. Привлечение внимания работников водопроводов и широкой общественности ко всем вопросам борьбы с потерями воды позволит правильно организовать борьбу с непроизводительными расходами воды, значительно улучшить эксплуатацию водопровода, а также обеспечить увеличение подачи воды населению наших городов. По характеру использования воды системы производственного водоснабжения подразделяются на прямоточные, в которых воду после однократного использования очищают и сбрасывают в водоемы; оборотные, когда загрязненную воду очищают и охлаждают, а затем многократно потребляют на том же объекте; с последовательным (повторным) использованием воды, в которых воду, отработанную в одном технологическом процессе, направляют для вторичного

Малоотходные технологии

использования в другом производстве, после чего спускает в водоем. Схемы могут быть также комбинированными (смешанными), включающими вышеперечисленные.

При прямоточном и последовательном водоснабжении количество сточных вод, отводимых в водоем, определяется объемом воды, подаваемым предприятию $QП$, за исключением безвозвратного расхода и потерь ее в одном или нескольких производствах $Qпп$ и при очистке $Qоч$: $Qст = QП - (Qпп + Qоч)$ (см. учебное пособие) При выборе системы и схемы водоотведения промышленных предприятий необходимо учитывать: 1) требования к качеству воды, используемой различных технологических процессах; 2) количество, состав и свойства сточных вод отдельных производственных цехов и предприятия в целом, а также режимы водоотведения;

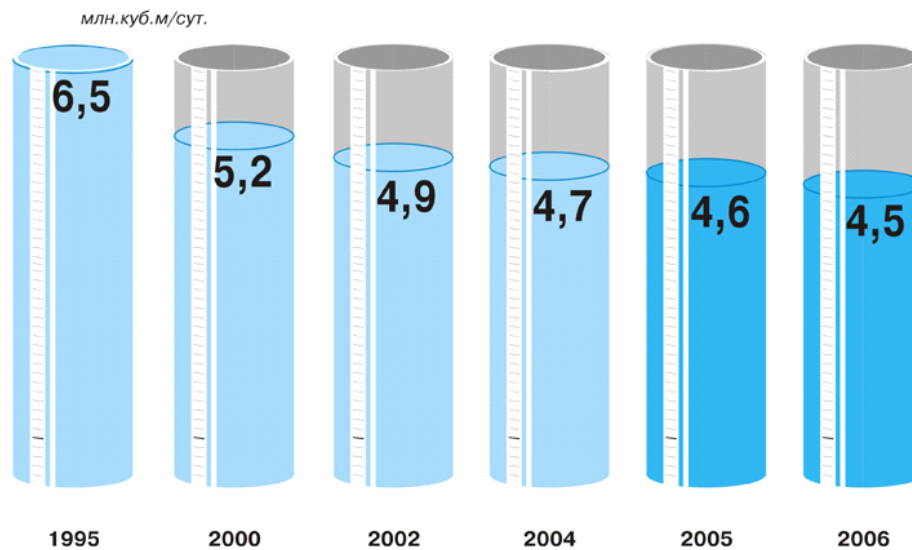
3) возможность сокращения количества загрязненных производственных сточных вод путем рационализации технологических процессов производства; 4) возможность повторного использования производственных сточных вод в системе оборотного водообеспечения или для технологических нужд другого производства, где допустимо применять воды более низкого качества; 5) целесообразность извлечения и использования веществ, содержащихся в сточных водах; 6) возможность и целесообразность совместного отведения и очистки сточных вод несколько близко расположенных промышленных предприятий, а также возможность комплексного решения очистки сточных вод промышленных предприятий и населенных пунктов; 7) возможность использования в технологическом процессе очищенных бытовых сточных вод; 8) возможность и целесообразность использования бытовых и производственных сточных вод для орошения сельскохозяйственных и технических культур; 9) целесообразность локальной очистки сточных вод отдельных цехов предприятия; 10) самоочищающуюся способность водоема, условия сброса в него сточных вод и необходимую степень их очистки; 11) целесообразность применения того или иного метода очистки.

При вариантном проектировании водоотводящих систем и очистных сооружений на основании технико-экономических показателей принимается оптимальный вариант.

Пример снижения водопотребления водоотведения при рациональном использовании воды.

Малоотходные технологии

Среднесуточное водопотребление города Москвы с 1995 по 2006 г.г.



Экономия и рациональное использование воды

Начиная с 1996 года наблюдается устойчивая тенденция снижения подачи воды в г. Москву. В 2006 г. подача питьевой воды в город по сравнению с 1996 г. сократилась на 28,6%.

Этого удалось достичь благодаря комплексу мероприятий, проводимых Мосводоканалом по экономии воды и рациональному водопотреблению. Планомерное снижение потерь воды - основная задача организаций водопроводно-канализационного хозяйства. К таким потерям относятся:

- собственные нужды предприятий водопроводно-канализационного хозяйства (расходы воды на профилактическое обслуживание водопроводных и канализационных сетей, дезинфекция и промывка технологических сооружений и утечки из них и т.п.),
- утечки воды из городской водопроводной сети, самовольные подключения к городским сетям и др.

Основные потребители питьевой воды (данные за 2006 год)

- жилищный фонд города – 73,6% от общего водопотребления;
- коммунально-бытовые предприятия – 13,4%;
- промышленность - 13%.

Причины перерасхода воды в жилищном фонде

- завышенное давление в водопроводной сети
- плохая циркуляция в системе горячего водоснабжения
- неправильный температурный режим подаваемой горячей воды
- утечки через сантехарматуру
- нерациональное использование воды потребителями.

Основная часть жилых строений снабжается холодной и горячей водой через центральные тепловые пункты (ЦТП), где кроме водонагревателей установлено насосное оборудование для холодного и горячего водоснабжения. От правильной наладки этого оборудования напрямую зависит расход воды в доме.

Малоотходные технологии

Для устранения причин, вызывающих перерасход воды в жилищном фонде города, совместно с теплоснабжающими и жилищными организациями, проводятся следующие **основные водосберегающие мероприятия**:

1). Наладка и реконструкция ЦТП, при которой осуществляется:

- установка частотных преобразователей
- замена насосного оборудования
- установка или замена регуляторов давления
- замена бойлера

• изменение схемы горячего водоснабжения из циркуляционной в циркуляционно-повысительную

Снижение расхода воды после проведения данных мероприятий составляет в среднем 7-8%.

2). Контроль за соблюдением технологических параметров в ЦТП (давления и температурного режима в системе горячего водоснабжения).

После приведения температуры воды в соответствие с режимными параметрами, удельное водопотребление сокращается от 50 до 110 л/чел в сутки.

3). Устранение утечек в квартирах жилых домов.

В качестве эксперимента и оказания технической помощи ДЕЗам, Мосводоканалом осуществляется установка водосберегающей сантехнической арматуры (вентильные головки с керамическим запорным узлом для бытовых смесителей и комплект арматуры к смывным бачкам "Компакт"). Начиная с 1996 года, работы выполнены в 152,5 тыс. квартир. Экономия воды от проведения данных работ составила в среднем 10-12%.

Наиболее рациональное проведение мероприятий по водосбережению возможно при организации комплексного учета энергоресурсов в жилых домах с выводом основных параметров энерго- и ресурсоснабжения на компьютеры ОДС (объединенная диспетчерская служба) с перспективой контроля и оперативного регулирования параметров в зависимости от времени суток, температуры воздуха, интенсивности водоразбора и т.п.

В настоящее время, в свете выполнения Постановления Правительства Москвы № 77-ПП от 10 февраля 2004 "О мерах по улучшению системы учета водопотребления и совершенствовании расчетов за воду в квартирах и нежилых помещениях жилых зданий г.Москвы", предусматривающего установку приборов учета холодной и горячей воды на всех жилых домах и объектах социальной сферы, в 68 районах города смонтированы и подготовлены к эксплуатации автоматизированные системы комплексного учета энергоресурсов (АСКУПЭ), предусматривающие передачу основных параметров энерго- и ресурсоснабжения на компьютеры ОДС и ЕИРЦ (единые информационно-расчетные центры).

Для стимулирования проведения мероприятий по экономии воды на промышленных предприятиях, Мосводоканалом предпринимаются следующие меры экономического воздействия:

• Перевод предприятий, использующих в технологических процессах городскую питьевую воду, на водоснабжение из других, более дешевых, водоисточников (промводопровод, артскважины, реки);

Малоотходные технологии

- Осуществление контроля за выполнением планов по рациональному использованию воды, разрабатываемых предприятиями с учетом предписаний Мосводоканала.

На предприятиях коммунально-бытового назначения Москвы в последние годы уделяется особое внимание ликвидации утечек и сбросу нормативно-чистых вод.

- Осуществляется организация учета воды (установка водосчетчиков);
- Проводится установка водосберегающей (антивандальной) сантехарматуры с порционным отпуском воды.

Проведение данных работ позволяет получить экономию порядка 35%.
Источник: <http://www.mosvodokanal.ru>