

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра водоснабжения и водоотведения

**РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство»,
профиль «Водоснабжение и водоотведение»

Казань
2014

УДК 628.3
ББК 38.761
У69

У69 Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод: Методические указания к практическим занятиям для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение» / Сост.: Н.С. Урмитова, А.В. Бусарев, А.С. Селюгин. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2014. – 29 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Методические указания содержат рекомендации по расчету и проектированию сооружений для очистки производственных сточных вод: составление балансовой схемы водоотведения промышленного предприятия; выбор системы и схемы водоотведения промышленного предприятия; расчет, проектирование и конструирование сооружений механической, химической, физико-химической и биологической очистки.

Методические указания предназначены для студентов направления 270800.62 «Строительство», профиль «Водоснабжение и водоотведение».

Рецензент

Доктор педагогических наук, профессор, заведующий кафедры профессионального обучения, педагогики и социологии Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Р.С. Сафин

УДК 628
ББК 38.761

© Казанский государственный архитектурно-строительный университет, 2014

© Урмитова Н.С., Бусарев А.В., Селюгин А.С., 2014

Содержание

Введение.....	4
1. Составление балансовой схемы водоотведения промышленного предприятия.....	5
2. Выбор системы и схемы водоотведения промышленного предприятия, методов и сооружений очистки производственных сточных вод.....	8
3. Расчет сооружений механической очистки производственных сточных вод.....	16
3.1. Расчет усреднителей.....	17
3.2. Расчет тонкослойных отстойников.....	17
3.3. Расчет намывных фильтров.....	18
3.4. Расчет открытых гидроциклонов.....	19
4. Расчет сооружений для химической очистки производственных сточных вод.....	20
4.1. Расчет сооружений для нейтрализации производственных стоков.....	20
4.2. Расчет сооружений для очистки производственных стоков методом окисления.....	21
5. Расчет сооружений для физико-химической очистки производственных сточных вод.....	22
5.1. Расчет сооружений очистки производственных стоков методом коагуляции.....	22
5.2. Расчет сооружений очистки производственных стоков методом сорбции.....	23
5.3. Расчет сооружений очистки производственных стоков методом флотации.....	24
5.4. Расчет ионообменных установок.....	24
6. Расчет сооружений биологической очистки производственных сточных вод.....	25
6.1. Расчет окситенков.....	26
6.2. Расчет аэротенков-отстойников.....	27
6.3. Расчет погружных дисковых биофильтров.....	27
Список литературы.....	29

Введение

На промышленных предприятиях в процессе их функционирования образуется значительное количество сточных вод.

Согласно основам водного законодательства все промышленные и коммунальные объекты должны вводиться в эксплуатацию только при наличии очистных сооружений, надежно обеспечивающих очистку сточных вод [1].

Промышленные предприятия, сбрасывая неочищенные или недостаточно очищенные сточные воды, загрязняют водный объект. Даже очищенные промышленные сточные воды требуют 10–25 кратного, а иногда и более разбавления свежей водой. В частности, для разбавления 1 м³ очищенных сточных вод свежей водой требуется: в промышленном производстве минеральных удобрений – 10–15 м³, в целлюлозно-бумажной промышленной – 20–40 м³, нефтеперерабатывающей отрасли – 60 м³ [2].

Производственные сточные воды крайне многообразны по своему составу и концентрации загрязнений. Загрязнителями производственных сточных вод являются отходы и потери производства. Загрязнения промышленных сточных вод подразделяются на три вида: инертные, нестабильные и токсичные [2].

Загрязненные производственные сточные воды подразделяются на три группы:

– загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности, заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных изделий и материалов);

– загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);

– загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза бумаги, витаминов и др.) [2].

Для очистки производственных сточных вод применяются механические, химические, электрохимические, физические, биотехнологические методы. Указанные методы подразделяются на рекуперационные и деструктивные [2].

Рекуперационные методы предусматривают извлечение из сточных вод и дальнейшую переработку всех ценных веществ. При использовании деструктивных методов вещества, загрязняющие воду, подвергаются

разрушению путем окисления и восстановления. Продукты разрушения удаляются из воды в виде газов или осадков.

1. Составление балансовой схемы водоотведения промышленного предприятия

На различных промышленных предприятиях состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции весьма разнообразны. Учитывая необходимость создания оборотных и замкнутых систем водообеспечения, выбор схемы водоотведения является сложной инженерной задачей. В основе выбора схемы водоотведения лежат балансовая схема, физико-химические характеристики сточных вод, требования к качеству используемой воды, а также технико-экономические показатели вариантов компоновки схем водоотводящих систем и сооружений [1].

Сточные воды (воды, потерявшие хотя бы одно из своих качеств) являются самым многотоннажным отходом промышленных предприятий. К ним относятся отработанные технологические растворы, кубовые остатки, воды барометрических конденсаторов, вакуум-насосов и охлаждающих систем, воды, используемые при производстве товарной продукции (технологические), воды от мойки оборудования и производственных помещений, а также от очистки и охлаждения газообразных и твердых отходов [3]. Сюда можно отнести и поверхностные стоки, образующиеся на территории промышленных предприятий, которые загрязнены взвешенными веществами, нефтепродуктами и органическими загрязнениями [4]. Поэтому на промышленных предприятиях предусматривается строительство сооружений очистки поверхностных стоков, образующихся на их территории. После очистки поверхностные стоки промышленного предприятия могут сбрасываться в поверхностные источники, или использоваться повторно (полив территории), или отводятся в систему канализации населенных пунктов [4].

Общая схема образования сточных вод при производстве товарного продукта приведена на рис. 1. Водобалансовая схема позволяет определить количество и качество сточных вод, образующихся на промышленном предприятии, выбрать схему и систему водоотведения, а также методы очистки производственных стоков. В процессе разработки водобалансовой схемы промышленного предприятия устанавливаются источники образования сточных вод. Для этого указываются технологические узлы, куда подается вода.

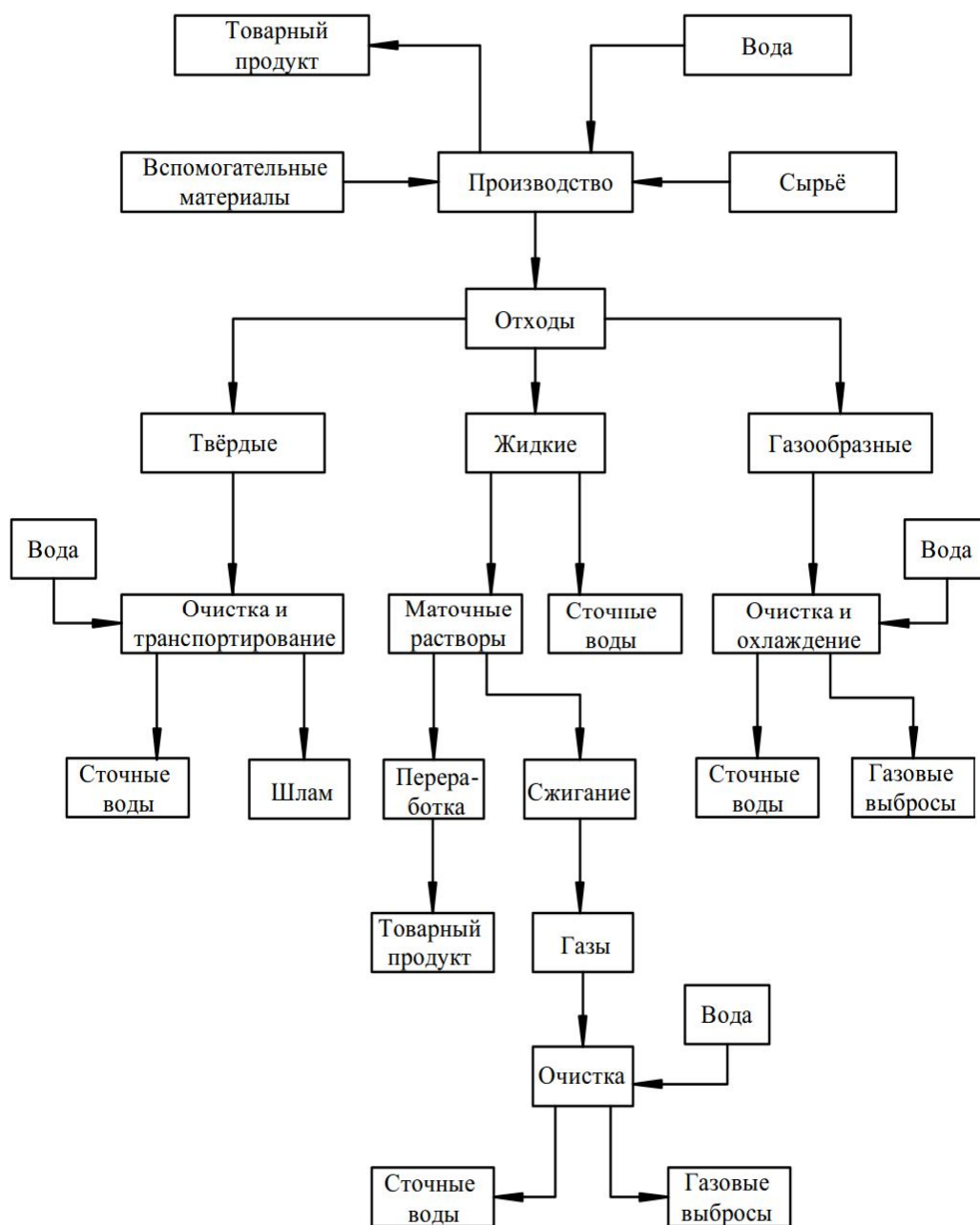


Рис. 1. Схема образования сточных вод при производстве товарного продукта

Определяются также удельные расходы воды на единицу сырья, вспомогательных материалов или товарной продукции; устанавливаются требования к качеству исходной воды для отдельных операций; определяется возможность повторного использования сточных вод. Обосновывается, если возможно, схема безотходного производства товарного продукта (рис. 2).

Как правило, 70–90% воды, поступающей на промышленное предприятие, используется для вспомогательных целей (охлаждения технологического оборудования; поглощения и транспортирования растворимых или нерастворимых примесей; в качестве растворителя реагентов; в качестве среды, в которой происходят физико-химические реакции; для промывки продукции и т.п.) [2].

В состав продукции вода входит лишь в некоторых процессах и сравнительно в небольших количествах [3; 5].

Соответственно назначению воду в системах производственного водообеспечения разделяют на четыре категории [3; 5]:

- вода I категории используется для охлаждения жидких и конденсации газообразных продуктов в теплообменных аппаратах без соприкосновения с продуктом; вода нагревается и практически не загрязняется; загрязнение происходит только при аварийной утечке жидких или газообразных продуктов в случае неисправности теплообменников;

- вода II категории служит в качестве среды, поглощающей различные нерастворимые и растворимые примеси; вода не нагревается, но загрязняется этими примесями (обогащение полезных ископаемых, гидротранспорт и т.п.);

- вода III категории используется также, как вода I и II категории, т.е. она нагревается и загрязняется (гашение кокса, очистка газов в скрубберах и т.п.);

- вода IV категории используется в качестве экстрагента и растворителя реагентов.

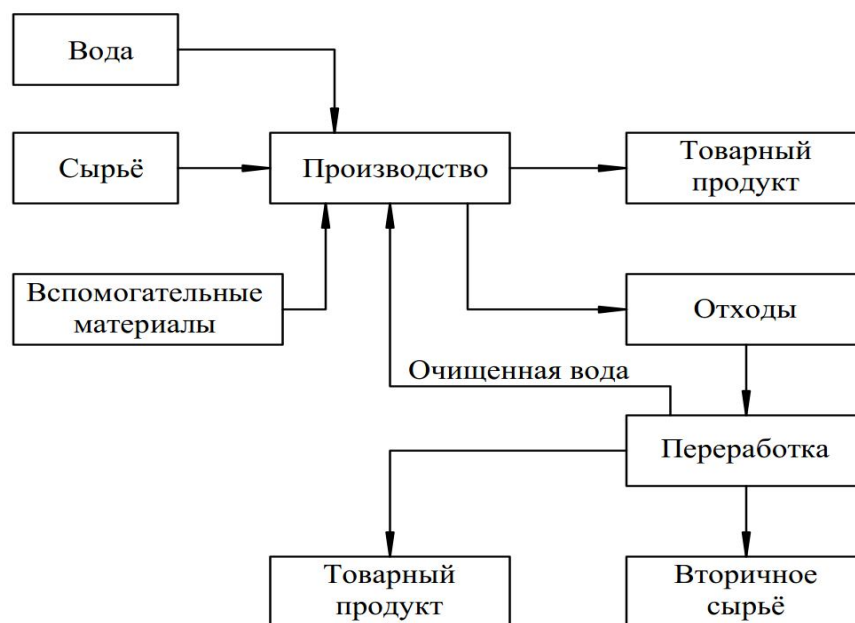


Рис. 2. Схема безотходного производства товарного продукта

Расход сточных вод от промышленного предприятия не может превышать его водопотребления. Это связано с тем, что часть воды, поступающей на предприятие, безвозвратно теряется (испарение при охлаждении, утечки в технологическом оборудовании, переход части воды непосредственно в товарную продукцию и т. п.).

Нормой водопотребления считается целесообразное количество воды, необходимое для производственного процесса, установленное и рекомендованное на основе передового опыта или научно-обоснованного расчета.

Нормой водоотведения является установленное среднее количество сточных вод, отводимое от производства, при целесообразной норме водопотребления [3; 5].

2. Выбор системы и схемы водоотведения промышленного предприятия, методов и сооружений очистки производственных сточных вод

При проектировании и эксплуатации канализации промышленных предприятий различают внутриплощадочную и внеплощадочную системы водоотведения. К первой относятся все сооружения и объекты канализации, размещаемые на территории промышленной площадки, а ко второй – сооружения и объекты, расположенные вне этой площадки. Если производственные сточные воды направляются в сеть водоотведения населенного пункта, в котором размещается данное промышленное предприятие, то внеплощадочная водоотводящая система ограничивается сооружениями, обеспечивающими соединение коллекторов промышленного предприятия с комплексом канализационных очистных сооружений населенного пункта [3; 5].

На промышленных предприятиях, как правило, предусматривается полная раздельная система водоотведения [3; 5].

Производственные сточные воды в зависимости от вида загрязняющих веществ, их концентрации, а также количества стоков и мест их образования отводятся несколькими самостоятельными потоками. Незагрязненные производственные стоки обычно объединяют в отдельный поток.

Бытовые сточные воды, образующиеся на промышленном предприятии, отводятся и очищаются отдельно. Совместное отведение хозяйственно-бытовых и производственных стоков целесообразно, если производственные сточные воды требуют биологической очистки.

Поверхностные стоки могут отводиться отдельной сетью или объединяться с незагрязненными или загрязненными производственными сточными водами [3; 5].

Ранее поверхностные стоки некоторых промышленных предприятий считались «условно чистыми» и без очистки сбрасывались в поверхностные источники или систему дождевой канализации населенного пункта, на территории которого эти предприятия размещались [6].

В настоящее время при проектировании систем водоотведения промышленных предприятий предусматривается их очистка либо на отдельных очистных сооружениях, либо совместно с производственными сточными водами [4; 5].

От выбора системы водоотведения промышленного предприятия в значительной мере зависят стоимость ее строительства и затраты при ее эксплуатации.

Для некоторых предприятий может быть запроектирована общесплавная система водоотведения [5], например, для предприятий, расположенных в населенном пункте с общесплавной канализацией (рис. 3а).

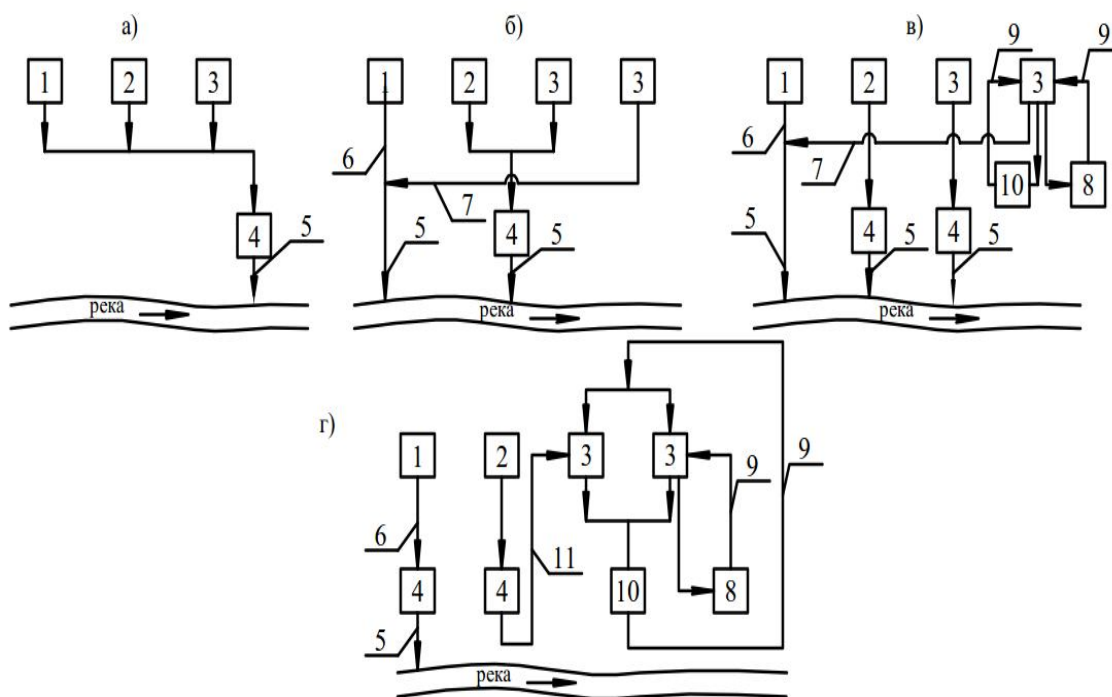


Рис. 3. Схемы водоотведения промышленных предприятий: 1 – дождевые воды; 2 – бытовые сточные воды; 3 – производственные сточные воды; 4 – очистные сооружения; 5 – выпуск в водоем; 6 – дождевая сеть; 7 – незагрязненные ПСВ; 8 – сооружения охлаждения незагрязненных ПСВ; 9 – обратная система водоснабжения; 10 – локальные ОС; 11 – обратная система водоснабжения бытовых СВ; а – общесплавная система; б – полная раздельная (дождевая и производственно-бытовая сеть); в – полная раздельная (дождевая, бытовая и производственная сеть); г – раздельная бессточная система водоотведения

На предприятиях, где производственные сточные воды по своему составу близки к хозяйственно-бытовым (предприятия пищевой промышленности), стоки могут отводиться по двум сетям: производственно-бытовой и дождевой. В дождевую сеть [5] могут сбрасываться незагрязненные производственные воды (рис. 3б).

Нецелесообразно объединение сточных вод, содержащих значительное количество взвешенных веществ минерального происхождения и нефтепродуктов, с бытовыми стоками. Такое объединение значительно усложняет технологию очистки сточных вод, а также препятствует повторному использованию производственных стоков и извлечению из них ценных примесей. Поэтому на большинстве промышленных предприятий (металлургических, химических, нефтеперерабатывающих, пищевых, целлюлозно-бумажных) предусматривается полная раздельная система водоотведения (рис. 3в). По этой схеме производственные и хозяйственно-бытовые сточные воды очищаются раздельно, а дождевые отводятся в водоем. Незагрязненные производственные стоки отводятся в водоем вместе с дождевыми, а вода, используемая в системах охлаждения, подается для охлаждения градирни, после чего она возвращается в производство.

Загрязненные производственные стоки после их очистки могут сбрасываться в поверхностные источники или возвращаться на производство [5].

Одним из основных направлений развития в области очистки производственных сточных вод является создание систем оборотного водоснабжения (рис. 3г), при которых в производство не только возвращаются технологические стоки, но и широко используются хозяйственно-бытовые сточные воды после соответствующей очистки и доочистки. В водоемы спускаются лишь поверхностные стоки, которые также подвергаются очистке [5].

Существуют три схемы водообеспечения промышленных предприятий со сбросом очищенных сточных вод в поверхностные источники [5]: а) прямоточная; б) последовательная; в) оборотная. При прямоточном водообеспечении, вся забираемая из поверхностного источника вода после ее участия в технологическом процессе на производстве возвращается в водоем, за исключением того количества воды, которое расходуется безвозвратно.

Оборотная схема водообеспечения в последние годы находит все более широкое применение. В ряде отраслей промышленности (черная металлургия, нефтепереработка) 90–95% сточных вод используется в процессе оборотного водообеспечения и лишь 5–10% сбрасывается в поверхностные источники [3].

Если при обратном водообеспечении промышленного предприятия вода является теплоносителем и в процессе использования только нагревается, то перед повторным применением ее предварительно охлаждают (рис. 4а); если вода загрязняется в процессе производства, то перед повторным ее применением она проходит обработку на очистных сооружениях (рис. 4б); при комплексном использовании воды стоки перед их повторным применением подвергаются очистке и охлаждению (рис. 4в). В системах оборотного водообеспечения для компенсации безвозвратных потерь воды производится подпитка из водоемов или иных источников водоснабжения.

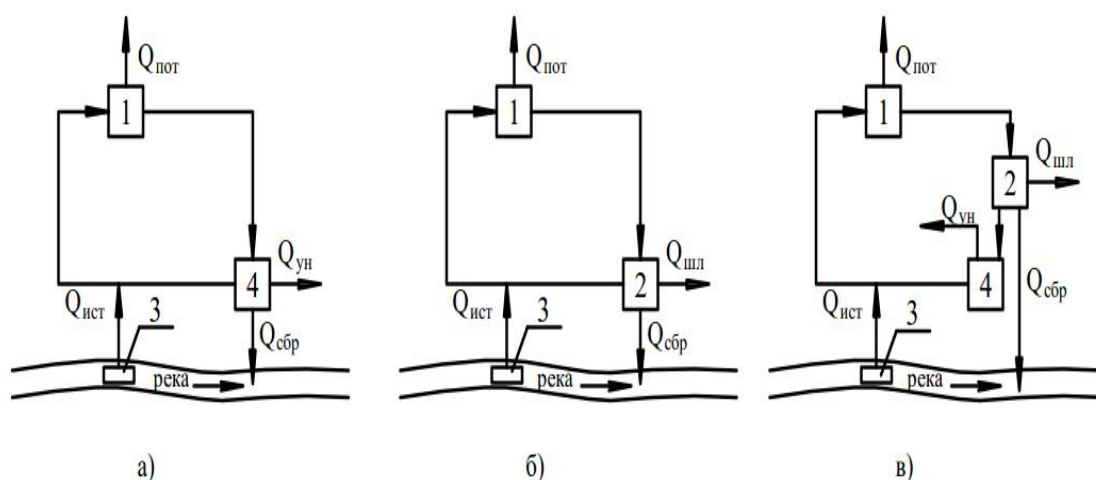


Рис. 4. Схемы оборотного водоснабжения промышленного предприятия:
 1 – промышленные предприятия; 2 – очистные сооружения; 3 – водозаборные сооружения; 4 – охлаждающая установка; а – с охлаждением сточных вод; б – с очисткой сточных вод; в – с очисткой и охлаждением сточных вод

Методы очистки производственных сточных вод можно разделить на механические; химические; физико-химические; электрохимические; физические; биотехнологические [2].

Механическая очистка применяется для выделения из сточных вод грубодисперсных нерастворимых минеральных и органических примесей (загрязнений) [2].

Назначение механической очистки – в подготовке производственных сточных вод к использованию их для производственного водоснабжения или при необходимости к биотехнологическому, физико-химическому или другому методу более глубокой очистки. В ряде производств горно- и рудодо-бывающей промышленности возможно использование этого метода как самостоятельного. Более высокий эффект механической очистки достигается интенсификацией гравитационного отстаивания –

преаэрацией, биокоагуляцией, осветлением во взвешенном слое (отстойники-осветлители) или тонком слое (тонкослойные отстойники), а также с помощью гидроциклонов и центрифуг, которые могут быть сблокированы с отстойниками [2].

Процесс более полного осветления сточных вод осуществляется фильтрованием – пропуском воды через слой различного фильтрующего зернистого материала (кварцевого песка, гранитного щебня, дробленого антрацита и керамзита, горелых пород, чугунолитейного шлака и других материалов) или через сетчатые барабанные фильтры и микрофильтры, через высокопроизводительные напорные фильтры или фильтры с плавающей загрузкой – пенополиуретановой или пенополистирольной) [2].

С целью обеспечения надежной работы сооружений механической очистки производственных сточных вод, как правило, рекомендуется применять не менее двух рабочих единиц основного технологического оборудования – решеток, песколовок, усреднителей, отстойников или фильтров. При выборе максимального числа сооружений предусматривается их секционирование по унифицированным группам, состоящим из единиц с наиболее крупными габаритами [2].

Схема механической очистки производственных сточных вод показана на рис. 5 [2].



Рис. 5. Схема механической очистки производственных сточных вод

Основными методами химической очистки производственных сточных вод являются нейтрализация и окисление [2].

Химическая очистка используется для извлечения растворимых токсичных примесей. При этом в очищаемую воду вводят какое-либо вещество (реагент). Вступая в химическую реакцию с загрязнениями, реагент способствует нейтрализации сточных вод $pH=7$, а также превращению загрязнений в безвредные нерастворимые соединения.

При химической очистке применяют следующие способы нейтрализации: взаимная нейтрализация кислых и щелочных вод; нейтрализация реагентами: растворы кислот, негашеная известь CaO , гашеная известь $Ca(OH)_2$, кальцинированная сода Na_2CO_3 , каустическая сода $NaOH$, аммиак NH_3OH ; фильтрование через нейтрализующие материалы: известь, известняк $CaCO_3$, доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, магнезит $MgCO_3$, обожженный магнезит MgO , мел $CaCO_3$ (96-99%) [2].

Окислительный метод очистки применяется для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные примеси (цианиды, комплексные цианиды меди и цинка) или соединения, которые целесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды) [2].

Физико-химическими методами из производственных стоков извлекаются нерастворимые загрязнения, коллоиды, а также некоторые растворимые примеси [3].

К физико-химическим методам очистки относятся коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, гиперфильтрация, эвапорация, кристаллизация и др. [2].

Электрохимические методы имеют свои преимущества (высокий эффект очистки, возможность очистки от трудноудаляемых растворимых примесей, которые нецелесообразно очищать иными способами, компактность установок и т.д.) и недостатки (большое потребление электроэнергии, сложность в эксплуатации и т.д.)

Электрохимические методы включают электродиализ, электрокоагуляцию, электрофлотацию, электрохлорирование [2].

К ним относятся: мембранный метод (обратный осмос, ультрафильтрация); центрифугирование (сепаратор, центрифуга, гидроциклон); смешивание и усреднение; выпаривание, сушка; прессование и магнитная обработка [2].

Биологическое окисление – широко применяемый на практике метод очистки производственных сточных вод, позволяющий очистить их от многих органических примесей.

Целесообразность биологической очистки производственных сточных вод определяется наличием в них загрязнений, способных к биологической деструкции. При биологической очистке производственных

стоков вместе с окислением органических загрязнений может осуществляться разрушение некоторых неорганических соединений [3; 5].

Самым простым критерием оценки биоокисляемости органических веществ служит экспериментальное определение БПК. Если БПК₅ определена, вещество относят к категории окисляемых, если же БПК₅ равна нулю – к категории биологически неокисляемых.

В технике очистки сточных вод к категории биологически неокисляемых относятся большое число веществ, но это не всегда означает принципиальную невозможность микробиологического окисления. Часто биологическое окисление оказывается возможным, но происходит оно настолько медленно, что в условиях работы очистных сооружений им можно пренебречь.

К категории биологически неокисляемых веществ относятся дихлорметан, дихлорэтан, нафтохинон, меламина и т.п. [3; 5].

Одним из основных показателей производственных сточных вод является отношение БПК/ХПК. У производственных стоков это отношение колеблется от 0 до 0,9. Сточные воды с низким отношением БПК/ХПК обычно содержат токсичные вещества, предварительное извлечение которых повышает это соотношение, а значит, обеспечивает возможность биохимического окисления.

Биологическая очистка производственных сточных вод принципиально не отличается от очистки хозяйственно-бытовых стоков, но имеет ряд особенностей [3; 5]. Первая особенность связана с необходимостью предварительной подготовки производственных стоков с целью усреднения их состава и расхода, нейтрализации, повышения отношения БПК/ХПК, биогенной подпитки. Вторая особенность состоит в необходимости применения двух-, а иногда и многоступенчатых схем биологической очистки, что обусловлено высокими концентрациями загрязняющих веществ и разными скоростями окисления компонентов производственных сточных вод.

Биохимический метод применяется и для очистки производственных стоков от неорганических соединений, главным образом аммиака, нитритов, сульфидов. Автотрофное окисление аммиака и нитритов в процессе нитрификации обычно используют в совокупности с последующим гетеротрофным восстановлением нитратов при денитрификации [3; 5].

В настоящее время практическое применение нашли процессы биохимического восстановления нитритов, хроматов и хлоратов с переводом этих соединений соответственно в молекулярный азот, трехвалентный гидроксид хрома и хлориды. Процесс восстановления протекает одновременно с окислением органических субстратов, в качестве которых используются бытовые и производственные стоки или избыточный активный ил, т.е. достигается двойной эффект:

осуществляется детоксикация неорганических соединений и окисление органических загрязнений без подачи кислорода [3; 5].

На практике методы очистки производственных стоков используются в комбинации друг с другом, например, механическая очистка применяется вместе с химической, физико-химической и биологической. Иногда совместно используются три или даже все четыре метода [5; 6].

Применение того или иного метода очистки производственных сточных вод, а значит, и состав очистных сооружений, зависит от их качественных показателей, количественного состава, а также режима поступления этих стоков на очистку. Применение тех или иных методов очистки обосновывается экспериментальными исследованиями с использованием реальных сточных вод, а при их отсутствии – с применением имитата, соответствующего реальному аналогу [3; 5].

При очистке нефтесодержащих сточных вод (НСВ), образующихся на предприятиях нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности, на транспорте (железнодорожном, речном, морском, автомобильном), на объектах энергетики и т.п., главными загрязняющими агентами являются нефтепродукты и взвешенные вещества. Для очистки производственных стоков данного вида применяются механические (отстаивание, фильтрование, обработка в напорных гидроциклонах) и физико-химические методы (коагуляция, сорбция, флотация) [3; 7].

Поверхностные стоки загрязнены нефтепродуктами, взвешенными веществами, а также содержат небольшое количество органических загрязнений: биологическая потребность кислорода (БПК полн.) поверхностных сточных вод не превышает 15–25 мг/л [5]. Поэтому для их очистки используются те же методы, что и для очистки нефтесодержащих сточных вод.

Сточные воды, образующиеся при работе гальванических цехов, содержат минеральные кислоты (серную, азотную, соляную), щелочи, а также ионы тяжелых металлов (железа, цинка, меди, никеля, кадмия, хрома). Для их очистки применяются как химические (нейтрализация, восстановление шестивалентного хрома), так и физико-химические (коагуляция), а также и механические (отстаивание, фильтрование) методы. Для очистки хромсодержащих стоков применяются и биологические методы (очистка хромсодержащих сточных вод в аэротенках) [3; 5; 7].

На предприятиях машиностроения, приборостроения, металлообработки могут образовываться сточные воды, содержащие соединения циана (цианиды). Для их очистки применяются химические методы (окисление, электрохимическая деструкция) [3; 7].

Сточные воды фабрик первичной обработки шерсти (ПОШ) содержат значительные количества шерстного жира, взвешенных веществ (частиц песка, глины, волокна шерсти и т.п.). Для их очистки применяются

механические (усреднение, процеживание, отстаивание, фильтрование) и физико-химические методы (коагуляция, флотация) [3; 5; 7].

Сточные воды предприятий по производству строительной керамики и фаянса загрязнены в основном взвешенными веществами (частицы глины и песка). Для их очистки применяются механические (отстаивание, обработка в гидроциклонах, фильтрование) и физико-химические (коагуляция) методы [3; 7].

Для очистки сточных вод, образующихся на предприятиях целлюлозно-бумажной и деревообрабатывающей промышленности, используются механические (усреднение, процеживание, отстаивание, фильтрование), физико-химические (коагуляция, флотация), а также биологические методы (очистка стоков в аэротенках) [3; 7].

3. Расчет сооружений механической очистки производственных сточных вод

Назначение механической очистки заключается в подготовке производственных стоков к использованию для оборотного водоснабжения или к химическим, физико-химическим и биологическим методам обработки [3; 5].

Механическая очистка включает в себя [5; 6]: а) усреднение; б) процеживание; в) пескоулавливание; г) отстаивание; д) центрифугирование; ж) фильтрование.

Как правило, механическая очистка является предварительным, реже окончательным этапом обработки производственных сточных вод. При механической очистке обеспечивается удаление из сточных вод взвешенных веществ на 90–95% и снижение концентрации органических загрязнений (по БПК_{полн}) на 20–30% [5; 6; 7]. Более высокий эффект механической очистки сточных вод достигается интенсификацией отстаивания с помощью преарации, биокоагуляции, осветлением в тонком и во взвешенном слое, обработки в гидроциклонах и центрифугах.

Значительно повышает эффективность механической очистки предварительная обработка производственных сточных вод коагулянтами и флокулянтами [3].

Использование для очистки производственных стоков барабанных фильтров и микрофильтров, фильтров с зернистой или плавающей загрузкой имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами механической очистки [3]: а) данные аппараты имеют достаточно высокую эффективность очистки без добавления химических реагентов; б) в аппаратах данного типа возможно использование местных фильтрующих материалов; в) в данных устройствах возможно отделение от воды коллоидных частиц диаметром не более 0,1–1 мкм.

3.1. Расчет усреднителей

При значительных колебаниях расхода производственных стоков и концентрации в них загрязнений могут быть запроектированы усреднители. Поступление на очистные сооружения производственных сточных вод с постоянным расходом и одинаковой концентрацией в них загрязнений создает ряд преимуществ [3]:

- повышает эффективность работы очистных сооружений;
- позволяет уменьшить объемы аппаратов, входящих в состав очистных сооружений;
- продлевает срок службы очистных сооружений.

Усреднители устанавливаются либо на основном канале сточных вод (через усреднитель проходит весь расход стоков), либо на обводной линии (в усреднитель отводится избыточный сверхрасчетный расход стоков) [3].

Усреднители подразделяются на контактные и проточные [8]. При небольших расходах сточных вод (до 100–200 м³/сут) и их периодическом сбросе применяются контактные усреднители. Перемешивание воды в них осуществляется при помощи насоса, с помощью механической мешалки, а также с помощью сжатого воздуха, подаваемого через специальные аэраторы.

При больших расходах производственных стоков применяются проточные усреднители, которые представляют собой многокоридорные резервуары или резервуары с перемешивающими устройствами [8].

Конструкции усреднителей и методика расчета приведены в [3; 8].

3.2. Расчет тонкослойных отстойников

Тонкослойные (полочные) отстойники предназначены для очистки производственных сточных вод от взвешенных веществ, плотность которых больше или меньше воды [3; 5; 7; 9].

Тонкослойное отстаивание применяется в случае необходимости сокращения объема очистных сооружений или повышения эффективности существующих отстойников [3; 5; 7; 9].

Полочные отстойники – это отстойники, оборудованные блоками тонкослойного отстаивания, которые представляют собой плоские или рифленые полки, расположенные на расстоянии 0,05–0,1 м друг от друга и наклоненные к горизонту под углом 45–60° [3; 5; 8].

Механизм действия тонкослойных блоков основан на уменьшении рабочей глубины отстойника, на улучшении его гидродинамики (создание ламинарного режима течения жидкости), уменьшении внутри этого аппарата застойных и циркуляционных зон (увеличение коэффициента использования объема отстойника).

По схеме движения жидкости тонкослойные отстойники подразделяются на аппараты [3; 9]: а) с прямоточной схемой; б) с противоточной схемой; в) с перекрестной схемой.

Коэффициент использования объема тонкослойных отстойников с прямоточной или противоточной схемой движения составляет 0,5–0,7, а с перекрестной схемой движения – 0,8 [3; 5].

Концентрация взвешенных веществ и нефтепродуктов в тонкослойных отстойниках может быть снижена от 2000–3000 мг/л до 50–100 мг/л [3; 7].

Число рабочих тонкослойных отстойников принимается не менее двух [3; 7]. Размеры тонкослойных отстойников зависят от размеров полочного блока.

Конструкции и методика расчета тонкослойных отстойников, предназначенных для очистки нефтесодержащих сточных вод, приведены в [3; 9].

3.3. Расчет намывных фильтров

Обычно фильтры применяются при доочистке производственных сточных вод, но иногда они служат и для подготовки стоков к химической, физикохимической или биологической очистке, а также для выделения некоторых специфических загрязнений [3; 5].

Фильтры подразделяются на [3; 5; 10].

– по виду фильтрующей среды – зернистые, сетчатые, тканевые, намывные;

– по скорости фильтрования – медленные (до 0,3 м/ч), скорые (5–15 м/ч), сверхскорые (25–100 м/ч);

– по рабочему давлению – открытые (безнапорные) и напорные;

– по механизму фильтрования – фильтры с фильтрованием через пленку из загрязнений, образующуюся на поверхности фильтрующего материала в процессе фильтрования; фильтры с фильтрованием через весь объем фильтрующего материала.

Зернистые фильтры также делятся [5]:

– по крупности фильтрующего материала – мелкозернистые, среднезернистые и крупнозернистые;

– по числу фильтрующих слоев – однослойные, двухслойные и многослойные.

В настоящее время наиболее применимыми являются фильтры с зернистой загрузкой.

Для нормальной работы фильтров необходима периодическая регенерация фильтрующего материала, которая осуществляется путем его

обратной водяной или водовоздушной (чередуются или совмещаются подача воды и сжатого воздуха) промывки [5; 10].

Намывные фильтры применяются для глубокой очистки сточных вод [11]. Они относятся к скорым напорным фильтрам с фильтрованием через поверхностную пленку.

Конструкция и методика расчета намывных фильтров, предназначенных для очистки сточных вод плавательного бассейна, приведены в [3; 11].

3.4. Расчет открытых гидроциклонов

Гидроциклоны – это аппараты, осуществляющие разделение водных суспензий и эмульсий с помощью центробежных сил. Скорость разделения частиц в центробежном поле гидроциклона превышает скорость осаждения или всплывания эквивалентных частиц под действием сил тяжести в десятки, а иногда и сотни раз.

Гидроциклоны подразделяются на безнапорные (открытые) и напорные (закрытые).

Открытые гидроциклоны могут быть одно- и многоярусными. Одноярусные гидроциклоны могут оборудоваться конической диафрагмой и внутренним цилиндром [3; 5].

Для очистки производственных и поверхностных стоков от твердых взвешенных веществ и нефтепродуктов при расходах сточных вод 20–50 м³/сут применяются одноярусные открытые гидроциклоны, а при расходах до 1000 м³/сут – многоярусные [3; 5].

К преимуществам гидроциклонов относятся: высокая удельная производительность; сравнительно низкие затраты на изготовление и эксплуатацию этих аппаратов; достаточно высокая эффективность работы; возможность автоматизации процесса очистки сточных вод. Основными недостатками гидроциклонов являются – малая инерционность (сильное влияние технологических параметров на режим работы этих аппаратов), достаточно значительные потери воды при утилизации продуктов разделения суспензий и эмульсий, а у напорных гидроциклонов – значительный расход энергии при эксплуатации этих аппаратов и износ их внутренней поверхности.

Открытые гидроциклоны предназначены для удаления оседающих или всплывающих загрязнений с гидравлической крупностью более 0,2 мм/с [3; 5].

Конструкция и методика расчета открытых гидроциклонов, предназначенных для очистки поверхностных стоков промышленного предприятия, приведены в [3].

4. Расчет сооружений для химической очистки производственных сточных вод

Химическая очистка играет значительную роль при обработке производственных сточных вод.

Основными методами химической очистки производственных стоков являются нейтрализация, окисление и электрохимическая обработка [3; 5].

Химическая очистка может применяться как самостоятельный метод перед подачей производственных стоков в систему оборотного водоснабжения, а также перед спуском их в поверхностные источники или систему водоотведения населенного пункта. Применение химической очистки в ряде случаев целесообразно перед механической, биологической или физико-химической обработкой производственных стоков [3; 5].

Химическая обработка используется также и как метод глубокой очистки сточных вод промышленных предприятий с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них ценных компонентов.

При локальной очистке производственных стоков в большинстве случаев предпочтение отдается химическим методам [3; 5].

4.1. Расчет сооружений для нейтрализации производственных стоков

Производственные стоки от некоторых технологических процессов содержат щелочи и кислоты. В большинстве кислых стоков содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо извлечь из производственных сточных вод.

Нейтрализация кислых и щелочных стоков позволяет не только предотвратить коррозию материалов очистных сооружений, нарушение биохимических процессов в биологических окислителях или водоемах, но и добиться осаждения солей тяжелых металлов [3; 5; 8].

Производственные стоки часто загрязнены минеральными кислотами (серной, соляной, азотной) и их смесями.

Существуют следующие способы нейтрализации [3; 5; 8]:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных стоков;
- нейтрализация реагентами (негашеная и гашеная известь, каустическая сода, едкий калий, растворы кислот, сода и т.п.);
- фильтрование через слой нейтрализующего материала (известь, известняк, доломит, магнезий, мел).

Способ нейтрализации ориентировочно можно выбрать по рекомендациям [3; 5].

Метод взаимной нейтрализации кислых и щелочных стоков широко используется на предприятиях химической промышленности. При этом

обычно кислые стоки сбрасываются равномерно, а щелочные периодически, поэтому для щелочных сточных вод необходимо предусматривать регулирующий резервуар [3; 5].

Нейтрализация реагентами практикуется на тех производствах, где имеются только кислые или только щелочные стоки.

Конструкция и методика расчета вертикального фильтра для нейтрализации кислых сточных вод приведен в [3].

4.2. Расчет сооружений для очистки производственных стоков методом окисления

Окислительный метод очистки применяется для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные загрязнения (цианиды) или соединения, которые нецелесообразно извлекать из стоков, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды). Такие сточные воды встречаются в машиностроительной, горнодобывающей, нефтехимической и других отраслях промышленности [3; 5; 8].

На практике в качестве окислителей производственных стоков применяются хлор, гипохлорит кальция или натрия, хлорная известь, озон, технический кислород, кислород воздуха и т.п. для окисления фенола, цианидсодержащих примесей также применяются пероксид водорода, оксиды марганца, перманганат и бихромат калия [3; 5]

Обработка производственных сточных вод хлором и его соединениями один из самых распространенных способов их очистки от цианидов, сероводорода, сульфидов и др.

Озон является сильным окислителем, и обладает способностью при нормальной температуре и невысоком давлении разрушать в водных растворах многие органические и неорганические соединения [3; 5; 8].

По сравнению с другими окислителями озон имеет ряд преимуществ: его можно получить непосредственно на очистных сооружениях, сырьем для его получения служит технический кислород или атмосферный воздух; озонирование не приводит к увеличению солесодержания в очищаемой воде; озонирование не загрязняет воду продуктами реакции; процесс озонирования легко поддается полной автоматизации [3; 5; 8].

Электрохимическая обработка производственных стоков основана на их электролизе.

Электрохимическое окисление целесообразно применять при очистке концентрированных производственных стоков с небольшими расходами [3; 5].

Технологическая схема озонирования, конструкция электрокоагулятора и методика их расчета приведены в [3].

5. Расчет сооружений для физико-химической очистки производственных сточных вод

Физико-химические методы играют значительную роль при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими и биологическими методами.

К физико-химическим методам очистки относятся коагуляция, флокуляция, сорбция, флотация, экстракция, ионный обмен, мембранное разделение, эвапорация, кристаллизация, магнитная обработка и др., а также методы, связанные с наложением электрического поля (электрокоагуляция, электрофлотация) [3; 5].

5.1. Расчет сооружений очистки производственных стоков методом коагуляции

Коагуляция – это слипание частиц коллоидной системы при столкновении частиц в процессе теплового движения, перемешивания или их направленного перемещения во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты – более крупные частицы (вторичные), состоящие из скопления мелких (первичных) частиц. Первичные частицы в таких агрегатах соединены силами межмолекулярного взаимодействия [3; 5; 8].

Коагуляция сопровождается укрупнением дисперсных частиц суспензий и эмульсий, а также уменьшением их общего числа в объеме дисперсионной среды. Слипание однородных частиц называется гомокоагуляцией, а разнородных – гетерокоагуляцией [3; 5].

Производственные стоки после сооружений механической очистки представляют собой агрегативно-устойчивую коллоидную систему. Для очистки подобных стоков применяются методы коагуляции и флокуляции; агрегативная устойчивость при этом нарушается, образуются более крупные частицы, удаляемые из стоков механическими методами [3; 5; 8].

Флокуляция является одной из разновидностей коагуляции. При флокуляции мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления [3; 5].

В производственных сточных водах в качестве загрязнений во взвешенном состоянии могут содержаться как твердые (песок, глина, коалин, различные волокна, цемент, кристаллы солей и др.), так и жидкие (нефтепродукты, нефть, смолы, жиры и др.) частицы. Коагуляция может использоваться для очистки сточной воды от обоих типов загрязнений [3; 5].

Процесс очистки производственных сточных вод методом коагуляции включает в себя приготовление водных растворов реагентов,

их дозирование, смещение с очищаемым объемом производственных стоков, коагуляцию, разрушение суспензий и эмульсий [3].

Коагулянты вводят в обрабатываемую воду обычно в виде 1–10% -х растворов, а флокулянты – в виде 0,1–1% - х растворов [3; 5].

Конструкции растворных и расходных баков и методика расчета реагентного хозяйства для очистки сточных вод гальванического производства от взвешенных веществ; конструкция и методика расчета вертикального вихревого смесителя для очистки сточных вод гальванического производства; конструкция и методика расчета водоворотной камеры хлопьеобразования, совмещенной с вертикальным отстойником, предназначенной для очистки производственных стоков завода строительных материалов от взвешенных веществ приведены в [3].

5.2 Расчет сооружений очистки производственных стоков методом сорбции

Сорбция – это процесс поглощения твердым телом или жидкостью вещества из окружающей среды. Поглощающее тело называется сорбентом, а поглощаемое – сорбатом. Различают поглощение вещества всей массой жидкого сорбента (абсорбция), а также – поверхностным слоем твердого или жидкого сорбента (адсорбция) [3; 5; 8].

Сорбция, сопровождающаяся химическим взаимодействием сорбента с поглощаемым веществом, называется хемосорбцией [3; 5].

Сорбционная очистка может применяться как отдельно, так и совместно с другими методами обработки производственных стоков. Она может выступать как предочисткой, так и доочисткой [8].

Сорбция применяется для очистки сточных вод очень многих производств: химической, нефтехимической, целлюлозно- бумажной, текстильной, пищевой и других отраслей промышленности.

Преимуществами этого метода обработки производственных стоков являются высокая эффективность их очистки, а также возможность извлечения веществ многокомпонентных смесей. Кроме того, сорбционные методы весьма эффективны для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ и использования очищенных стоков в системе оборотного водоснабжения промпредприятий [3; 5].

Конструкция и методика расчета адсорбционного напорного фильтра для очистки производственных сточных вод приведен в [3].

5.3. Расчет сооружений очистки производственных стоков методом флотации

Флотация – процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого вещества к поверхности раздела фаз: газа (чаще воздуха) и жидкости, обусловленный поверхностными явлениями смачивания.

Процесс очистки производственных сточных вод, содержащих вещества, плотность которых меньше плотности воды (нефтепродукты, жиры, масла, волокна целлюлозы и т.п.), методом флотации заключается в образовании системы «частица – пузырьки газа», всплывании этих систем и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности жидкости [3; 5; 8].

Флотация зависит от смачивающей способности жидкости, которая характеризуется величиной её поверхностного натяжения на границе с газовой фазой.

Большое значение при флотации имеет размер, количество и равномерность распределения газовых пузырьков в сточной воде. Оптимальные размеры воздушных пузырьков – 15–20 мм, а максимальные – 100–200 мм [3; 5].

Различают пенную флотацию, которая применяется для удаления из сточной воды нерастворимых веществ, а также пенную сепарацию, используемую для удаления растворимых загрязнений [3; 5].

Методы флотации отличаются по способам насыщения жидкости пузырьками воздуха определенной крупности. По этому принципу выделяются следующие способы флотации [3; 5; 8]:

- флотация с выделением воздуха из раствора (напорная, вакуумная, эрлифтная);
- флотация с механическим диспергированием воздуха (импеллерная, безнапорная, пневматическая);
- флотация с подачей воздуха через пористые материалы;
- электрофлотация.

Методика расчета импеллерной флотационной установки сточных вод фабрики первичной обработки шерсти приведен в [3].

5.4. Расчет ионообменных установок

Ионный обмен – это процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы-ионита [3; 5; 8].

Очистка производственных сточных вод методом ионного обмена позволяет извлекать ценные примеси (хром, цинк, медь, свинец, ртуть, соединения мышьяка, фосфора, поверхностно – активные вещества,

радиоактивные загрязнения и т.п.) и использовать очищенную воду в системах оборотного водоснабжения.

По знаку заряда обменивающихся ионов, иониты делят на катиониты и аниониты, проявляющие, соответственно, кислотные и основные свойства.

Важнейшим свойством ионитов является их поглощающая способность (обменная емкость). Полная емкость ионита – это количество грамм-эквивалентов ионов, находящихся в воде, которое может поглотить 1 м³ ионита до полного насыщения. Рабочая емкость ионита – это количество грамм-эквивалентов ионов, находящихся в воде, которое может поглотить 1 м³ ионита в фильтре при обработке воды до начала проскока в фильтрат поглощаемых ионов [3; 5; 8].

При соприкосновении ионитов с водой происходит их набухание вследствие осмотических явлений. Объем ионитов при этом увеличивается в 1,2–2 раза.

На кинетику ионного обмена влияют физико-химические свойства производственных стоков (их температура, концентрация загрязнений).

Характерной особенностью ионитов является их обратимость, т.е. возможность проведения реакции в обратном направлении, что и лежит в основе их регенерации [3; 5].

Конструкция и методика расчета ионообменной установки для очистки сточных вод гальванического цеха приведен в [3].

6. Расчет сооружений биологической очистки производственных сточных вод

Биологическая очистка производственных сточных вод возможна при наличии в них загрязнений, способных к биологической деструкции. При этом происходит не только окисление органических загрязнений, но также и разрушение некоторых неорганических соединений [3; 5].

В производственных сточных водах содержатся биологически окисляемые и биологически неокисляемые соединения. К биологически неокисляемым веществам относятся дихлорметан, дихлорэтан, меламин, нафтохинон и т.п. [3; 5].

Одним из основных показателей производственных стоков является отношение БПК/ХПК. Обычно это отношение у производственных сточных вод не превышает 0,9. Производственные стоки с высоким отношением БПК/ХПК могут быть очищены биологическими методами. Предварительная обработка производственных стоков (отстаивание и добавление реагентов) может значительно повысить это отношение [3; 5].

Биологическая очистка производственных стоков имеет ряд особенностей по сравнению с очисткой хозяйственно-бытовых сточных вод:

– необходимость предварительной обработки производственных сточных вод перед их биологической очисткой с целью усреднения их состава и расхода, нейтрализации, повышения отношения БПК/ХПК, биогенной подпитки;

– необходимость использования многоступенчатых схем биологической очистки производственных стоков [3; 5].

Биохимический метод применяется также для очистки производственных стоков от неорганических загрязнений (аммиака, нитритов, сульфидов).

В настоящее время применяется биохимическое восстановление нитритов, хроматов и хлоратов с переводом этих соединений, соответственно, в молекулярный азот, трехвалентный гидроксид хрома и хлориды [3; 5].

Для очистки производственных сточных вод могут быть применены биологические методы очистки в естественных и искусственных условиях. К сооружениям, в которых в естественных условиях осуществляется биологическая очистка производственных стоков, относятся [3; 5]: площадки подземного орошения, площадки подземной фильтрации, фильтрующие колодцы, фильтрующие траншеи с естественным или искусственным слоем грунта, песчано-гравийные фильтры, поля орошения (коммунальные и земельные), поля наземной фильтрации, а также биологические пруды.

Очистка производственных сточных вод биологическими методами в искусственных условиях осуществляется с использованием кислорода в окситенках, аэротенках и биофильтрах, а также без доступа кислорода – в метантенках. Последние используются обычно при очистке высороконцентрированных производственных стоков на первой ступени очистки [3; 5]. Для очистки сточных вод с высоким содержанием фенолов (до 2000 мг/л) применяется так называемый микробный метод. Особенностью этого метода является – использование специально выращенной монокультуры фенолразлагающих бактерий, помещаемых в аэротенки.

Микробный метод применяется, главным образом, для очистки производственных сточных вод коксохимических заводов и газогенераторных станций [3; 5].

6.1. Расчет окситенков

Сооружения биологической очистки, в которых вместо воздуха используется технический кислород или воздух, обогащаемый кислородом, называются окситенками.

В окситенки рекомендуется подавать обогащенный кислородом воздух, так как чистый кислород относительно мало растворяется в воде, а

также оказывает токсическое воздействие на жизнедеятельность бактерий [3; 5]. Существенным отличием окситенков от аэротенков является возможность повысить концентрацию ила в связи с увеличением массообмена кислорода между газовой и жидкой фазами. Рекомендуемая концентрация ила в окситенках достигает 6 – 8 г/л [3; 5; 12].

Окислительная мощность окситенков при очистке производственных сточных вод в 5–10 раз выше, чем у аэротенков [3; 5].

Конструкция и методика расчета окситенка для очистки смеси производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод от органических загрязнений приведен в [3].

6.2. Расчет аэротенков-отстойников

Очистка производственных сточных вод биологическими методами чаще осуществляется в аэротенках-смесителях.

Широко применяется многоступенчатая очистка производственных стоков в аэротенках [3; 5].

Среди типовых конструкций аэротенков-смесителей, применяемых для очистки производственных стоков, встречаются аппараты с пневматической и механической системами аэрации [3; 5].

Аэротенки-вытеснители применяются для очистки производственных сточных вод с БПК_{полн} не менее 500 мг/л.

При двухступенчатых схемах очистки производственных стоков эти аэротенки применяются в качестве II степени очистки.

При очистке производственных сточных вод широкое применение нашли аэротенки с рассредоточенным впуском воды, занимающие промежуточное положение между смесителями и вытеснителями [3; 5].

Разработано много конструкций комбинированных сооружений, выполняющих функции аэротенка и вторичного отстойника, которые различаются между собой по системе аэрации, по месторасположению аэрационной зоны, по конструкции отстойной зоны, по системе возврата ила в аэрационную зону. Называют такие аппараты аэротенками-отстойниками. Их конструкция зависит от состава обрабатываемой воды [3; 5]. Доза ила в аэротенках-отстойниках достигает 5 г/л [3; 5]. Конструкция и методика расчета аэротенка-отстойника для очистки производственных сточных вод приведен в [3].

6.3. Расчет погружных дисковых биофильтров

Погружные биофильтры занимают промежуточное положение между аэротенками и биофильтрами. Они состоят из вращающегося вала с насаженным на него дисками и резервуара со сточной водой, в которую

диски погружаются на $1/3$ – $1/5$ своего диаметра. Диски изготавливаются из различных материалов (обычно легких) и располагаются на расстоянии 10–20 мм друг от друга.

Число дисков на валу колеблется от 20 до 200. Их диаметр обычно достигает 0,5–3 м. Диски вращаются с частотой до 1 об/мин [3; 5].

Время пребывания сточной воды в резервуаре погружных биофильтров зависит от степени ее очистки и колеблется от 70 мин до 3 часов и более. На дисках нарастает слой биопленки толщиной до 4 мм. Погружаясь в сточную воду, биопленка извлекает из нее загрязнения и окисляет их с помощью кислорода, получаемого ею непосредственно из атмосферы. Отмершая биопленка попадает в очищенную воду и выносится ею во вторичные отстойники. Поскольку сточная вода в резервуарах погружных биофильтров находится длительное время, то в ней развивается активный ил, который также принимает участие в очистке производственных стоков. Аэрация сточной воды в резервуаре осуществляется за счет вращения дисков. Активный ил в нем поддерживается в активном состоянии за счет поступательного и вращательного движения воды [3; 5].

Погружные биофильтры часто устраиваются двух и трехступенчатыми, что повышает эффективность очистки производственных стоков.

Окислительная мощность погружных биофильтров колеблется от 7 до 100 г БПК_{полн} на 1 м² площади поверхности в сутки [3; 5].

Целесообразно использовать погруженные биофильтры в качестве первой ступени биологической очистки производственных стоков с последующей их глубокой очисткой в биоокислителях других типов [3; 5].

Конструкция и методика расчета погружных биофильтров для очистки производственных сточных вод пивоваренного завода приведен в [1].

Список литературы

1. Яковлев С.В., Губий И.Г., Павлинова И.И., Родин В.Н. Комплексное использование водных ресурсов: учеб. пособ. – М.: Высшая школа, 2005. – 384 с.
2. Алексеев Л.С., Павлинова И.И., Ивлева Г.А. Основы промышленного водоснабжения и водоотведения. – М.: АСВ, 2013. – 360 с.
3. Адельшин А.Б., Бусарев А.В., Селюгин А.С., Урмитова Н.С., Муратова Н.А. Расчет сооружений для очистки производственных сточных вод. Ч. 1. Механическая и химическая очистка производственных стоков: учеб. пособ. – Казань: КГАСУ, 2010. – 67 с.
4. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учеб. пособ. – СПб.: АСВ, 2003. – 352 с.
5. Яковлев С.В. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник для вузов / С.В. Яковлев и [др.]. – М.: Стройиздат, 1990. – 512 с.
6. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учеб. издание. – М.: АСВ, 2009. – 760 с.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
8. Ласков Ю.М., Воронов В.И., Калицун В.И. Примеры расчетов канализационных сооружений. – М.: Альянс, 2008. – 256 с.
9. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: Справочное пособие к СНиП / под ред. З.С. Шестопалова. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
10. Николадзе Г.И., Сомов М.А. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1995. – 688 с.
11. Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий: Справочник проектировщика / под ред. И.А. Назарова. – М.: Стройиздат, 1977. – 288 с.
12. СП 32.13330. 2012. Канализация. Наружные сети и сооружения Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85.

РАСЧЕТ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Методические указания к практическим занятиям
для студентов направления подготовки 270800.62 «Строительство»,
профиль «Водоснабжение и водоотведение»

Составители: Урмитова Назия Салиховна
Бусарев Андрей Валерьевич
Селюгин Александр Сергеевич