

АННОТАЦИЯ

На выпускную квалификационную работу Ямалиева Т.В. на тему «Усовершенствование очистки коммунально-бытовых сточных вод ООО ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» города Набережные Челны.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 82 листе машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, заключения и списка литературы.

В первом разделе представлено характеристика сбросов загрязняющих веществ в реку Кама, описание существующей технологической схемы очистки сточных вод, устройство и принцип действия установленного оборудования.

Во втором разделе приведены альтернативные технологии очистки сточных вод, анализ условий труда и выявление опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) при эксплуатации очистных сооружений, оценка эксплуатационных особенностей объекта дипломного проектирования, расчёт оборудования очистки сооружений, средства индивидуальной защиты, охрана окружающей среды, разработка инструкции по охране труда при обслуживании очистных сооружений, обеспечение пожаро- и взрывобезопасности объекта, физическая культура на производстве.

В третьем разделе приводится расчет экономической эффективности.

ABSTRACT

For final qualifying work Yamaliev T.V. on "Improving the treatment of municipal sewage Chelnyvodokanal LLC."

Final qualifying work consists of an explanatory note on 82 sheets of typewritten text and the graphic part on 5 sheets of A1 format.

Explanatory note consists of introduction, three sections, conclusion and list of references.

The first section presents the characteristics of discharges of pollutants into the Kama River, a description of the existing technological scheme of wastewater treatment, the device and principle of operation of the installed equipment.

The second section provides alternative technologies for this technical process, analysis of working conditions and identification of hazardous and harmful production factors (OVPF) during the operation of wastewater treatment plants, assessment of the operational features of the graduation design object, calculation of facilities cleaning facilities, personal protective equipment, environmental protection, development instructions for labor protection during maintenance of treatment facilities, ensuring the fire and explosion safety of the facility, physical culture odstve.

The third section provides a calculation of economic efficiency.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр
ВВЕДЕНИЕ	8
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	9
1.1 Характеристика сбросов загрязняющих веществ в реку Кама	9
1.2 Описание существующей технологической схемы очистки сточных вод.....	16
1.3 Устройство и принцип действия установленного оборудования.....	18
2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	32
2.1 Альтернативные технологии очистки сточных вод.....	32
2.2 Анализ условий труда и выявление опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) при эксплуатации очистных сооружений.....	48
2.3 Оценка эксплуатационных особенностей объекта дипломного проектирования.....	49
2.4 Расчёт оборудования очистки сооружений.....	50
2.5 Средства индивидуальной защиты.....	62
2.6 Охрана окружающей среды.....	63
2.7 Разработка инструкции по охране труда при обслуживании очистных сооружений.....	65
2.8 Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности объекта.....	68
2.9 Физическая культура на производстве.....	69
3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЯЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	71
3.1 Оценка эффективности внедрения флотационной установки....	71

3.2	Оценка эффективности внедрения камеры хлопьеобразования	74
3.3	Оценка эффективности внедрения сорбционного фильтра.....	77
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		81
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		82

ВВЕДЕНИЕ

Рост городов, значительная численность населения, развитие промышленности, интенсификация сельского хозяйства, улучшение культурно-бытовых условий и ряд других факторов все больше усложняет проблемы обеспечения водой.

Система канализации населенных мест предназначена для приема, отведения и очистки хозяйственно – фекальных сточных вод жилых районов и близких к ним по составу производственных сточных вод.

Городские сточные воды представляют собой смесь бытовых, фекальных и производственных сточных вод, получающаяся после использования воды для хозяйственно-бытовых и производственных целей. К сточной жидкости относят также и атмосферные осадки, стекающие с территории населённых мест, промышленных предприятий во время выпадения дождей и таяния снега. Так как городские сточные воды сильно загрязнены и содержат в своем составе до 70% органических и минеральных веществ, а также бактериальных, их подвергают очистке.

Водоем обладает некоторой самоочищающей способностью, однако, эта способность ограничена. Перегрузка водоема загрязнениями приводит к снижению в нем качества воды и гибели флоры и фауны. В целях защиты водоемов от загрязнений сточными водами разработаны и утверждены документы, нормирующие содержание вредных веществ со сбрасываемой в реку водой.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Характеристика сбросов загрязняющих веществ в реку Кама

ООО «ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» расположено в городе Набережные Челны Республики Татарстан Российской Федерации, на левом берегу реки Кама. Город расположен в 205 км к западу от Казани (по дороге 240 км). Население – 533907 человек (2019г.). Населённый пункт основан в 1626 году. Статус города – с 1930 года.

Гидрологические объекты представлены реками. Реки аккумулируют максимальное количество поверхностных вод, обеспечивают значительную часть поверхностного стока, питье и техническое водоснабжение населения и промышленных объектов, имеют рекреационное значение для отдыха, рыбной ловли.

Сточные воды – один из видов жидких или разбавленных водой твердых отходов. К таким отбросам относятся физиологические отбросы человека и животных, а также всякого рода загрязненные воды: сточные воды жизнедеятельности человека, бытовой мусор, сплавляемый в канализацию и другие виды отходов. Сточные воды представляют собой сложные гетерогенные системы загрязняющих веществ, которые могут находиться в растворенном, коллоидном и нерастворенном состоянии.

Сточные воды содержат патогенные микроорганизмы, которые являются возбудителями заболеваний. В них также содержатся питательные вещества для растений, в основном фосфор и азот, которые стимулируют рост водорослей в водоемах, принимающих сбросы. Водоросли со временем отмирают и разлагаются, расходуя в процессах гниения значительную часть кислорода, растворенного в воде. Проблему уменьшения содержания кислорода в воде усугубляют органические вещества и азотные соединения, которые, попадая в водоемы вместе со сточной водой, также разлагаются. Снижение уровня кислорода в воде может ослабить или погубить рыбу и другие водные организмы.

Основные данные по сточным водам, поступающим на очистные сооружения канализации Набережных Челнов:

Среднесуточный приток сточных вод

$$Q_{\text{сут}} = 45000 \text{ м}^3/\text{сутки};$$

Часовой расход

$$Q_{\text{ч}} = 1875 \text{ м}^3/\text{час};$$

Секундный расход

$$q_{\text{с}} = 520,8 \text{ л/с};$$

Таблица 1.1 – Концентрация загрязняющих веществ (ЗВ) в сточных водах (по данным ежегодного отчета ООО «ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» за 2018 г.)

Наименование веществ	Концентрация ЗВ на входе очистных сооружений, мг/дм ³
Взвешенные вещества	172
Сухой остаток	242
Аммоний-ион	25,2
Нитрит-ион	0,025
Нитрат-ион	1,7
БПК _{полн}	73
ХПК	102,4
Хлорид-ион	26
Сульфат-ион	19,82
Фосфат-ион	1,0
Железо общее	2,19
Растворенный кислород	3,5
Нефтепродукты	0,27
АПАВ	0,63
Фенол	0,0054

Сточными называются воды, использованные на бытовые, производственные или другие нужды и загрязненные при этом дополнительными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства, а также воды, стекающие с территории населенных пунктов и промышленных предприятий в результате выпадения атмосферных осадков или поливки улиц.

В зависимости от происхождения, вида и качественной характеристики примесей сточные воды подразделяют на три основные категории: бытовые (хозяйственно-фекальные), производственные (промышленные) и дождевые (атмосферные).

К бытовым относятся воды от кухонь, туалетных комнат, душевых, бань, прачечных, столовых, больниц, а также хозяйственные воды, образующиеся при мытье помещений. Они поступают как от жилых и общественных зданий, так и от бытовых помещений промышленных предприятий. По природе загрязнений они могут быть фекальные, загрязненные в основном физиологическими отбросами, и хозяйственные, загрязненные всякого рода хозяйственными отходами.

К производственным сточным водам относятся воды, использованные в технологическом процессе, не отвечающие более требованиям, которые предъявляются к их качеству, и подлежащие удалению с территории предприятий. Сюда относятся также воды, откачиваемые на поверхность земли при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руды и др.).

Дождевые воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков. Их подразделяют на дождевые и талые, получающиеся от таяния льда и снега. Отличительной особенностью дождевого стока являются его эпизодичность и резкая неравномерность. Воды от мытья и поливки улиц, а также от фонтанов и дренажей по качественной характеристике

загрязняющих примесей близки к дождевым водам и удаляются совместно с ними.

Сточные воды загрязнены всевозможными примесями органического и минерального происхождения, которые могут находиться в них в виде раствора, коллоидов, суспензии и нерастворимых веществ. Степень загрязнения сточных вод оценивается концентрацией, т. е. массой примесей в единице объема в мг/л или г/м³.

По физическому состоянию загрязнения сточных вод делятся на:

а) нерастворимые примеси, находящиеся в воде в виде крупных взвешенных;

частиц (частицы диаметром более десятых долей миллиметра) и в виде суспензии, эмульсии и пены (частицы диаметром от десятых долей миллиметра до 0,1 мкм);

б) коллоидные частицы диаметром от 0,1 до 0,001 мкм;

в) растворимые частицы, находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц диаметром менее 0,001 мкм; они уже не образуют отдельной фазы, и система становится однофазной — истинным раствором.

По своей природе загрязнения делятся на минеральные, органические, бактериальные и биологические. К минеральным загрязнениям относятся песок, глинистые частицы, частицы руды, шлака, растворы минеральных солей, кислот и щелочей, минеральные масла, железо, кальций, магний, кремний, калий и другие неорганические вещества.

Органические загрязнения бывают растительного и животного происхождения. К растительным относятся: остатки растений, плодоовощей и злаков, бумага, масла (растительные) и пр. Основным химическим элементом этого рода загрязнений является углерод. К загрязнениям животного происхождения относятся физиологические выделения людей и животных, остатки мускульных и жировых тканей животных, клеевые

вещества и пр. Они характеризуются довольно значительным содержанием азота. Кроме того, в сточных водах содержится фосфор, сера и водород.

Бактериальные и биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные — возбудители брюшного тифа, паратифа, дизентерии и др. Этот вид загрязнений свойствен в основном бытовым водам и некоторым видам производственных сточных вод (сточным водам боен, кожевенных заводов, шерстоек, биофабрик и т. п.). По своему химическому составу они относятся к органическим загрязнениям, но выделяются в отдельную группу ввиду особого взаимодействия с загрязнениями других видов [1].

Река Кама, впадает в реку Волга на 55 км от устья, длина реки 1805 км, площадь водосбора более 507000 км². В бассейне Камы 73 718 рек, из них 94,5 % составляют мелкие реки длиной менее 10 км.

Русло реки Кама неустойчиво и извилисто, на пойме старицы. Скорость течения не большая. Основной расчетной характеристикой является минимальный среднемесячный расход воды 95% обеспеченности для летне-осенней и зимней межени.

Материальный расчет выполнен на основе технологической схемы. В материальном балансе представлены процессы, которые протекают в аппаратах в определенной последовательности, что позволит учесть работу отдельных аппаратов и оценить экономическую эффективность процесса.

Таблица 1.2 – Характеристика качества работы очистных сооружений
(по данным ежегодного отчета ООО «ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» за 2018 г.)

Наименование веществ	Концентрация ЗВ на входе очистных сооружений,	Концентрация ЗВ на выходе очистных сооружений,	Допустимое содержание концентрации ЗВ на выходе

	мг/дм ³	мг/дм ³	очистных сооружений, мг/дм ³
Взвешенные вещества	172	3,826	2,392
Сухой остаток	242	237,651	211,632
Аммоний-ион	25,2	0,066	0,025
Нитрит-ион	0,5	0,08	0,05
Нитрат-ион	1,7	0,04	0,03
БПК _{ПОЛН}	73	3,347	2,845
ХПК	102,4	14,981	12,682
Хлорид-ион	26	5,463	4,862
Сульфат-ион	19,82	4,194	3,231
Фосфат-ион	1,0	0,739	0,521
Железо общее	2,19	0,6	0,4
Растворенный кислород	3,5	9,290	10,787
Нефтепродукты	0,27	0,16	0,11
АПАВ	0,63	0,051	0,039
Фенол	0,0054	0,1	0,2

Сравнение количества и перечня загрязняющих веществ, фактически сброшенных в реку Кама (таблица 1.3), с установленным лимитом показывает (по постановлению №90 от 3 марта 2017 г. Правительства Республики Татарстан):

- фактическая масса загрязняющих веществ, кроме железа и фосфатов не превышает значений, установленных в разрешении на сброс

Минприроды Республики Татарстан), поэтому плата за сброс рассчитывается как нормативная;

- на предприятии отсутствует разрешение Минприроды Республики Татарстан на сброс следующих видов загрязняющих веществ: железо (0,01 т/год), фосфаты (0,012 т/год). Поэтому масса этих загрязняющих веществ считается сверхнормативной. Соответственно и плата за сброс рассчитывается как сверхнормативная.

Таблица 1.3 – Нормативы организованного сброса

Наименование веществ	Фактический сброс, т/год	Установленный норматив (лимит) сброса, т/год	Превышение установленного норматива (лимита), т/год
Взвешенные вещества	0,063	0,321	-
Аммоний-ион	0,001	0,185	-
Нитрит-ион	0,001	0,25	-
Нитрат-ион	0,001	0,17	-
Хлорид-ион	0,090	7,098	-
Сульфат-ион	0,069	1,669	-
Фосфат-ион	0,012	-	0,012
Железо общее	0,010	-	0,01
Нефтепродукты*	0,003	0,0216	-
АПАВ	0,001	0,246	-
Фенол	0,002	0,01	-

* нефтепродукты попадают на очистные сооружения со станций технического обслуживания автотранспорта, оборудованные собственными локальными очистными сооружениями, вывозящие их осадок на городские ОС.

Таким образом, очистные сооружения не справляются со своей работой по очистки бытовых сточных вод от фосфатов и железа, следовательно, требуется их модернизация.

1.2 Описание существующей технологической схемы очистки сточных вод

Хозяйственно-бытовые сточные воды подаются системой самотечных и напорных трубопроводов через канализационные насосные станции перекачки по двум коллекторам: один диаметром 1200 мм, второй диаметром 600 мм. По коллекторам сточные воды поступают в приемный резервуар главной насосной станции (ГНС).

На ГНС сточные воды проходят очистку от механических примесей на решётках, предназначенных для задержания крупных примесей с целью предотвращения засорения труб и каналов. Решетки состоят из наклонных параллельных металлических стержней, укрепленных на металлической раме. Для задерживания содержащихся в сточных водах отбросов, в здании решеток установлены две решетки. Сбор отбросов производится вручную в контейнеры с вывозом их автотранспортом к месту складирования.

Затем из ГНС сточные воды по двум напорным трубопроводам диаметром 600-800 мм подаются в приёмную камеру очистных сооружений канализации (ГОС).

После приемной камеры сточные воды поступают на песколовки, предназначенные для задержания тяжелых примесей – песка, глины, шлака. Сточная вода, проходя через песколовки, освобождается от примесей. Подача воды на песколовки осуществляется непрерывно. Вода после песколовок не должна иметь примеси в виде песка, т.к. это приводит к засорению иловых труб в первичных отстойниках. При снижении количества сточной воды, поступающей на очистные сооружения, для сохранения в песколовках необходимой скорости одна из секций отключается. На очистных

сооружениях предусмотрены горизонтальные подземные железобетонные песколовки с круговым движением воды в количестве 3 штук. Из песколовок песок удаляется самотеком на песковые площадки.

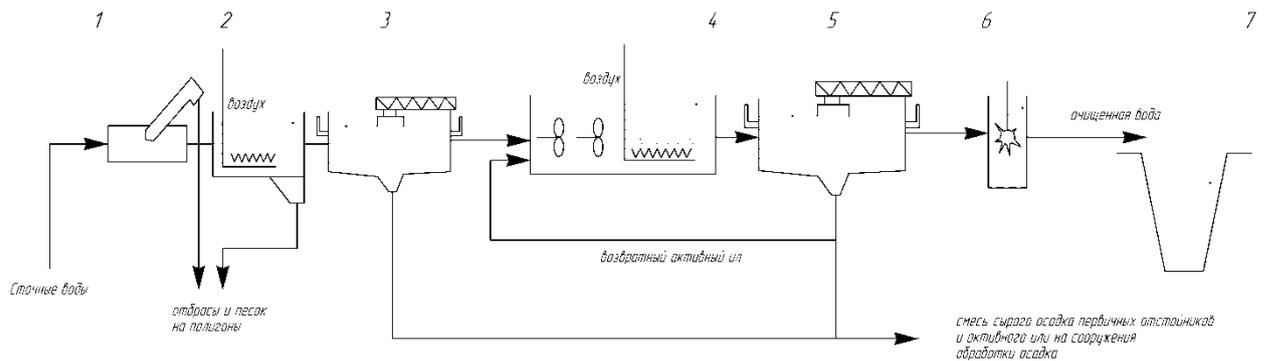
Далее сточная вода самотеком поступает на первичные отстойники. Отстойники – это подземные железобетонные резервуары с емкостью для накопления осадка. Выпавшая взвесь, накапливающаяся в отстойной части, периодически выпускается по илопроводу с помощью илососов в резервуар сырого осадка, а затем с помощью насоса перекачивается на иловые площадки. Перегородка, расположенная перед отводным лотком (гребни), препятствует попаданию в удаляемый поток отбросов, всплывающих на поверхность первичного отстойника. Эти отбросы собираются с поверхности, как правило, вручную совком, скребком, черпаком с дырчатым дном и т.п.

Сточные воды из первичных отстойников самотеком по трубопроводам поступают на биологическую очистку в коридорный аэротенк. Аэротенки – подземные ж/бетонные сооружения. В системе аэрации воздух подается по воздуховодам от насосно-воздуходувной станции. Необходимо избегать перерыва в подаче воздуха на аэротенки для предотвращения заиливания пор аэраторов. Содержание растворенного кислорода в аэротенках должно быть не менее 2 мг/л. В зимнее время интенсивность аэрации несколько снижается с учетом повышения растворимости кислорода при низкой температуре. В зависимости от количества поступающей на очистку воды и от требований по качеству очистки имеется возможность увеличения подачи циркуляционного активного ила в аэротенках. Из аэротенков сточные воды самотеком направляются во вторичные отстойники.

Вторичные отстойники – подземные железобетонные сооружения, служат для задержания активного ила, поступающего вместе с очищенной водой из аэротенка. Активный ил из вторичных отстойников непрерывно подается по трубопроводу в резервуар активного ила, из которого подается в

аэротенк для продолжения биологического процесса. Избыточный активный ил перекачивается на иловые площадки.

Из вторичных отстойников сточная вода самотеком резервуар ультрафиолетового обеззараживания. После дезинфекции очищенная сточная вода по коллектору отводится в реку Кама.



1 – решетки, 2 – песколовки, 3 – первичные отстойники, 4 – аэротенк,
5 – вторичный отстойник, 6 – уф-обеззараживание, 7 – река Кама

Рисунок 1.1 – Существующая технологическая схема очистки

1.3 Устройство и принцип действия установленного оборудования.

В городских сточных водах содержится большое количество нерастворимых и малорастворимых веществ с размером частиц более 0,1 мкм, которые образуют с водой дисперсные системы суспензии и эмульсии. Такие системы являются кинетически неустойчивыми и в определенных условиях способны разрушаться выпадать в осадок или всплывать на поверхность воды.

Механическая очистка – это выделение из сточных вод находящихся в них нерастворенных грубодисперсных примесей, имеющих минеральную и органическую природу. Для этого применяются следующие методы:

- процеживание - задержание наиболее крупных загрязнений и частично взвешенных веществ на решетках и ситах;
- отстаивание - выделение из сточных вод взвешенных веществ под действием силы тяжести на песколовках (для выделения минеральных

примесей), отстойниках (для задержания более мелких оседающих и всплывающих примесей), а также нефтеловушках, масло и смолоуловителях. Разновидностью этого метода является центробежное отстаивание, используемое в гидроциклонах и центрифугах;

- **фильтрация** - задержание очень мелкой суспензии во взвешенном состоянии на сетчатых и зернистых фильтрах.

При неравномерном образовании производственных сточных вод перед подачей на очистные сооружения их усредняют по расходу и концентрации в усреднителях различной конструкции.

Метод отстаивания вместе со сбрасыванием осадков используется в комбинированных сооружениях для очистки небольших количеств сточной воды септиках, двухъярусных отстойниках и осветлителях перегнивателях.

В настоящее время как самостоятельный метод механическую очистку применяют редко. Такая возможность существует, если при использовании только механической очистки по условиям сброса в водоем обеспечивается необходимое качество воды (для производственных сточных вод повторный возврат в технологический процесс). В основном же механическую очистку используют как предварительный этап перед биологической очисткой или в качестве доочистки стоков [2].

1.3.1 Решетки

Решётки – устанавливаются на очистных станциях при поступлении на них сточных вод самотёком. Расчёт решёток производится на максимальный приток сточных вод или на пропускную способность очистной станции. Крупные плавающие отбросы (тряпьё, бумага, пластик, стекло, остатки пищи, полиэтилен и др.) необходимо извлекать из сточных вод на начальной стадии очистки, так как они засоряют трубы, насосы и замусоривают природные водоёмы, принимающие сточные воды. Решётки применяют для задержания крупных отбросов, содержащихся в сточной воде. Для

освобождения сточных вод от крупных плавающих отбросов применяются разнообразные типы механизмов. Основными, из которых являются: стержневые решётки с ручной и механизированной очисткой прутьев, ступенчатые решётки, ротациональные диски, а также центрифуги применяются не только для тщательного удаления крупных плавающих отбросов, но также для удаления минеральных взвесей, песка и частично органических загрязняющих веществ, что позволяет отказаться от использования песколовок и первичных отстойников на последующих стадиях очистки сточных вод.

Стержни прямоугольного сечения меньше подвержены обволакиванию и накручиванию на них различных материалов, но создают максимальный эффект сопротивления потоку сточных вод. В современных конструкциях стержневых решёток это учтено и используется более сложные формы сечения стержней. Благодаря конструктивному исполнению прутьев каплевидной формы в сечении стержневые решётки не засоряются волокнистыми отбросами. Кроме того, такое конструктивное исполнение позволяет свести к минимуму гидравлическое сопротивление конструкции.

Для очистки возникающих засоров применяется специальная щётка из капроновых прутиков. Эластичные прутики эффективно очищают засоры. Задержанные на решётках отбросы собираются в контейнер, дезинфицируется известью и по мере накопления вывозятся (срок хранения отбросов на сооружениях не должен превышать 7 дней).

Решётки устанавливают на пути движения жидкости поперёк канала, подводящего сточную воду к очистной станции. Ширину прозоров решётки принимают 16 мм (не более). Скорость потока воды через них не более 1 м/с во избежание продавливания отбросов. Сточные воды, освобождённые от крупных плавающих отбросов на решётках, поступают в песколовки [1].

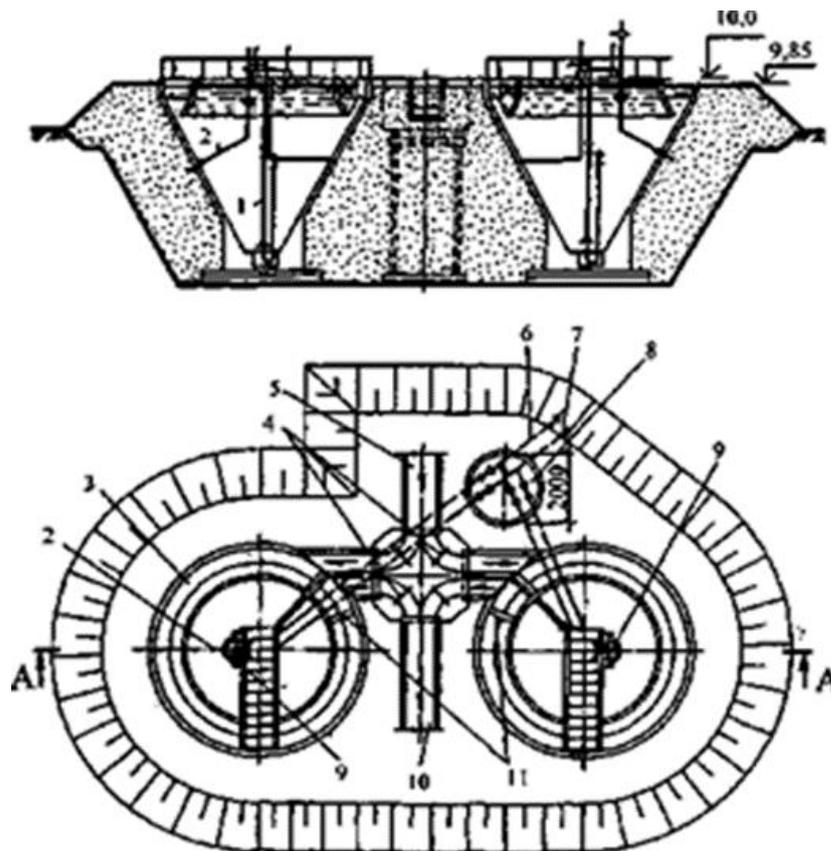
1.3.2 Песколовки

Песколовки предназначены для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей (главным образом песка) и устанавливаются перед отстойниками. Применение песколовок обусловлено тем, что при выделении в отстойниках минеральных и органических примесей возникают затруднения при удалении осадка из отстойников. Работа песколовок основана на использовании гравитационных сил. Рассчитываются песколовки таким образом, чтобы в них выпадали песок и другие тяжелые минеральные частицы, но не выпадал осадок органического происхождения.

По характеру движения воды песколовки подразделяются на горизонтальные – с круговым или прямолинейным движением воды, вертикальные – с движением воды снизу вверх и песколовки с винтовым (поступательно-вращательным) движением воды. Последние в зависимости от способа создания винтового движения подразделяются на тангенциальные и аэрируемые.

Осевший на дно песколовки с прямолинейным движением воды песок удаляют гидроэлеватором или песковыми насосами. Песколовки сооружают из сборных железобетонных элементов унифицированных размеров.

Действие горизонтальной песколовки основано на том, что при движении сточной воды каждая частица перемещается вместе со струей воды и одновременно движется вниз под действием силы тяжести со скоростью, соответствующей крупности и плотности частицы. К горизонтальным относятся песколовки с круговыми движениями воды (рисунок 2)



1-гидроэлеватор; 2-трубопровод для отвода всасывающей примесей; 3- желоб; 4- поверхностные затворы; 5-подводящий лоток; 6 пульпопровод; 7-трубопровод для рабочей жидкости; 8-камера переключения; 9-устройства для всплывающих примесей;10-отводящей лоток; 11-полупрогужные щиты (при очистке нефтесодержащих сточных вод).

Рисунок 1.2 – Песколовки с круговыми движениями воды пропускной способностью 1400 – 64000 м³/сутки [1].

Обычно в песколовках задерживается песок с гидравлической крупностью $u_0 = 18-24$ мм/с (песок крупностью 0,2-0,25 мм), составляющий около 65% всего количества песка, содержащегося в сточных водах.

Чем больше скорость течения воды, тем сильнее турбулентность потока и больше вертикальная составляющая скорости движения воды и тем более крупные частицы будут выноситься вместе с водой, чем медленнее течение, тем более мелкие и легкие частицы будут выпадать в осадок.

Скорость движения воды в песколовках не должна выходить из определенных пределов. Для бытовых вод такими пределами скорости

считаются для песколовков с горизонтальным движением 0,3 м/с (при максимальном притоке) и 0,15 м/с (при минимальном притоке) [2].

Вертикальные песколовки применяют редко. Тангенциальные песколовки имеют круглую форму в плане; подвод воды к ним производится тангенциально (по касательной). В таких песколовках каждая частица испытывает кроме сил тяжести влияние центробежных сил. Это способствует более интенсивному отделению песка от воды и легких органических примесей, которые вследствие вращательного движения поддерживаются во взвешенном состоянии и не выпадают в осадок. Тангенциальные песколовки обеспечивают более полное задержание песка с малым количеством органических загрязнений.

Аэрируемые песколовки являются, разновидностью тангенциальных песколовков и выполняются в виде удлиненных резервуаров. Вращательное движение в них создается путем аэрации сточной воды.

Объем осадка, выпадающего в песколовке, зависит от многих факторов: от системы канализации, протяженности сети, ее уклонов, условий эксплуатации канализации, состава производственных вод, поступающих в канализацию.

По существующим нормативам для городской канализации объем осадка, выпадающего в горизонтальных песколовках, принимается равным 0,02 л на одного человека в сутки при влажности осадка в среднем 60% и плотности его 1,5 т/м³.

Механизированное удаление песка из горизонтальных песколовков обязательно при объеме его более 0,1 м³ / сутки. При механизированном удалении осадка одна песколовка (или одно отделение), независимо от числа рабочих песколовков, должно быть резервной. Осадок удаляют (в зависимости от конструкций и размеров песколовки) гидроэлеваторами, песковыми насосами, ковшами и др. Удаления осадка из песколовков осуществляется 1

раза в сутки. Объем песка, задержанного в песколовках, замеряют при выгрузке.

Вода после песколовков не должна иметь примеси в виде песка, т.к. это приводит к засорению иловых труб в первичных отстойниках.

При снижении количества сточной воды, поступающей на очистные сооружения, для сохранения в песколовках необходимой скорости одна из секций отключается. Сточная вода из песколовков самотеком поступает на первичные отстойники [1].

1.3.3 Отстойники

Отстаивание является наиболее простым и часто применяемым в практике способом выделению из сточной воды грубодисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дно отстойника или всплывают на его поверхность. В зависимости от требуемой степени очистки сточных вод отстаивание применяется в целях предварительной обработки перед очисткой на другие, более сложные сооружения, или как способ окончательной очистки, если требуется выделить из сточных вод только нерастворенные (осаждающиеся или всплывающие) примеси.

В зависимости от назначения отстойников в технологической схеме очистной станции они подразделяются на первичные и вторичные.

Первичными – называются отстойники перед сооружениями для биологической очистки сточных вод. Вторичные – отстойники, устраиваемые для осветления сточных вод, прошедших биологическую очистку.

По режиму работы различают отстойники периодического действия, или контактные, в которые сточная вода поступает, периодически, причем отстаивание ее происходит в покое, и отстойники непрерывного действия, или проточные, в которых отстаивание происходит при медленном движении жидкости. В практике очистки сточных вод осаждение взвешенных веществ

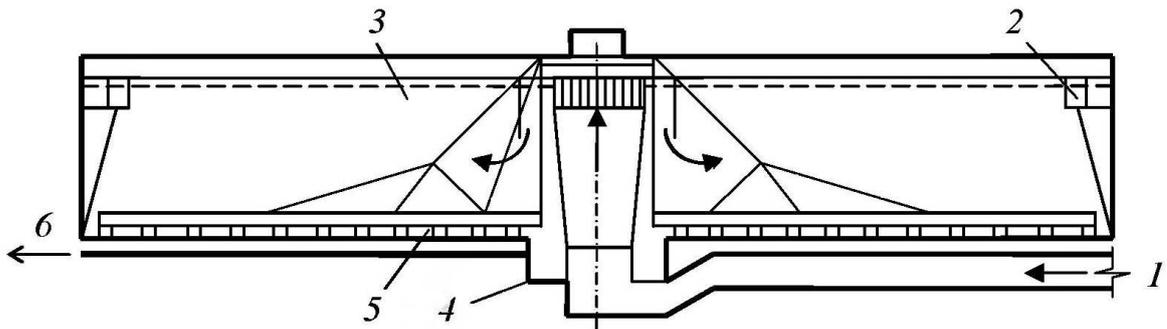
производится чаще всего в проточных отстойниках. Контактные отстойники применяют для обработки небольших объемов сточных вод.

По направлению движения потока воды в отстойниках делятся на два типа – горизонтальные и вертикальные. Разновидностью горизонтальных отстойников являются радиальные отстойники. В горизонтальных отстойниках сточная вода движется горизонтально, в вертикальных – снизу вверх, а в радиальных – от центра к периферии.

Содержание нерастворённых примесей (взвешенных веществ), выделяемых первичными отстойниками, зависит от начального содержания от характеристики примесей (формы и размера их частиц, плотности, скорости их осаждения), а также от продолжительности, отстаивания. Первичные отстойники – подземные железобетонные резервуары, продолжительность отстаивания грубодисперсных взвешенных веществ выпадает осадок в течение 1,5 ч. Скорость осаждения и полнота выделения из воды тонкодисперсных частиц зависит от их способности к агломерации [2].

Допустимое остаточное содержание взвешенных веществ – вынос из первичных отстойников – устанавливается в зависимости от биологических окислителей для последующей очистки сточных вод. Из отстойников в аэротенк содержание взвешенных веществ в сточной воде не должно превышать 150 мг/л [2].

Вертикальные отстойники применяют при низком уровне грунтовых вод и пропускной способности очистных сооружений до 10000 м³/сут. Горизонтальные и радиальные отстойники применяют независимо от уровня грунтовых вод при пропускной способности очистных сооружений свыше 15000 – 20000 м³/сут [2].



1 - подача сточной воды; 2 – сборный лоток; 3 – отстойная зона; 4 - иловый приямок; 5 – скребковый механизм; 6 – удаление осадка.

Рисунок 1.3 - Радиальный отстойник

Радиальный отстойник представляет собой круглый в плане резервуар. Сточная вода подается в центр отстойника снизу вверх и движется радиально от центра к периферии. Особенностью гидравлического режима работы радиального отстойника является то, что скорость движения воды изменяется от максимального его значения в центре отстойника до минимального у периферии. Плавающие вещества удаляются с поверхности воды в отстойнике подвесным устройством, размещенным на вращающейся ферме, и поступают в приемный бункер или в сборный лоток.

Выпадающий осадок с помощью скребков, укрепленных на подвижной ферме, сдвигается в приямок отстойника. Частота вращения подвижной фермы 2–3 ч; вращение осуществляется с помощью периферийного привода с тележкой на пневмомашине. Осадок удаляется по трубопроводу с помощью плунжерных и центробежных насосов, установленных в расположенной рядом насосной станции. Всплывающие вещества отводятся в жиросборник.

Радиальные отстойники применяют в качестве как первичных, так и вторичных. Отношение диаметра отстойника к его глубине у периферийного водосборного лотка принимают от 6 до 12. Отстойники задерживают до 60% взвешенных веществ.

В зависимости от объема выпавшего осадка скребковый, механизм работает непрерывно или периодически. В периодическом случае

включается за 1 час до начала удаления осадка. Процесс удаления автоматизирован. Влажность осадка равна 95% при самотечном удалении и 93,5% при удалении насосами. Осадок из первичных отстойников удаляется через иловые трубы в колодцы илопровода под гидростатическим давлением (1,5-2 м) не реже одного раза в сутки и направляется на иловые площадки.

Диаметр иловой трубы определяют расчетом, однако, он должен быть не менее 200 мм. Высота бортов отстойника над поверхностью воды в нем обычно равна 0,3.

Вместимость приемка для сбора осадка в отстойнике определяют по объему осадка, образовавшегося в течение 4 ч. Стенки приемка имеют наклон 60° , что облегчает сползание осадка.

Преимуществом радиальных отстойников является небольшая глубина, что удешевляет их строительство. Круглая в плане форма позволяет устанавливать минимальные по толщине стенки, что также снижает стоимость сооружений.

Независимо от производительности очистной станции минимальное число отстойников принимается с таким расчетом, чтобы на первую очередь строительства иметь не менее двух рабочих отстойников. Часто komponуют четыре отстойника в единый блок. Равномерное распределение сточной воды между отстойниками осуществляется с помощью распределительной чаши.

Первичные отстойник выполняет следующие функции:

- осаждение взвешенных (40-70%), плавающих и частично органических (15-40% по БПК₅) веществ, присутствующих в сточных водах;
- уплотнение осадка;
- временное хранение осадка.

Эффективность работы отстойника оценивается по содержанию взвешенных, оседающих веществ в поступающих в отстойник и осветлённых водах, влажности и зольности осадка.

Эффективность удаления взвешенных веществ зависит от:

- начальной концентрации, крупности или дисперсности частиц, их склонности к агломерации (склеиванию и укрупнению) в процессе отстаивания;
- продолжительности отстаивания;
- площади отстаивания (при этом очень небольшое влияние на скорость отстаивания взвешенных частиц оказывает глубина отстаивания);
- наличия гидравлических потоков;
- температуры очищаемой воды [1].

1.3.4 Аэротенки

Аэротенк представляет собой прямоугольный железобетонный резервуар, состоящий из одной или нескольких секций. Каждая секция разделяется на коридоры продольными перегородками, не доходящими до противоположной торцевой стены резервуара. По этим коридорам последовательно из одного в другой походит сточная вода. Поперечное сечение коридоров аэротенков – прямоугольное или квадратное. Глубину аэротенков чаще всего принимают равной от 3 до 5 метров, ширину – не меньше двукратной глубины; длину аэротенка рекомендуется назначать не меньше десятикратной ширины.

Аэротенк – аппарат с постоянно протекающей сточной водой, во всей толще которой развиваются аэробные микроорганизмы, потребляющие субстрат, то есть загрязнение этой сточной воды.

Аэротенки классифицированы по гидродинамическому режиму работы: аэротенки идеального вытеснения; аэротенки идеального смешения; аэротенки промежуточного типа.

Большое значение в конструкции аэротенков имеет система аэрации. Применяются аэротенки с пневматической, пневмомеханической, механической и эжекционной системами аэрации. Аэрационные системы

предназначены для подачи и распределения кислорода или воздуха в аэротенке, а также поддержания активного ила во взвешенном состоянии.

Пневматические аэраторы подразделяют на типы в зависимости от крупности получаемых пузырьков: мелкопузырчатые, среднепузырчатые, крупнопузырчатые. К мелкопузырчатым относятся – аэраторы форсуночного и ударного типа, а также керамические, тканевые и пластиковые аэраторы; к среднепузырчатым – перфорированные трубы, щелевые и другие устройства; к крупнопузырчатым – открытые трубы, сопла.

При механической системе аэрации перемешивание иловой смеси и воздуха осуществляется механическими устройствами, например вращающимися мешалками, щетками, турбинками.

Для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов – минерализаторов в аэротенк должен непрерывно поступать кислород, который используется в биохимических процессах.

В практике чаще всего производится подача сжатого воздуха, и решаются обе задачи: перемешивание активного ила и сточной жидкости и поддержание необходимого кислородного режима в аэротенке.

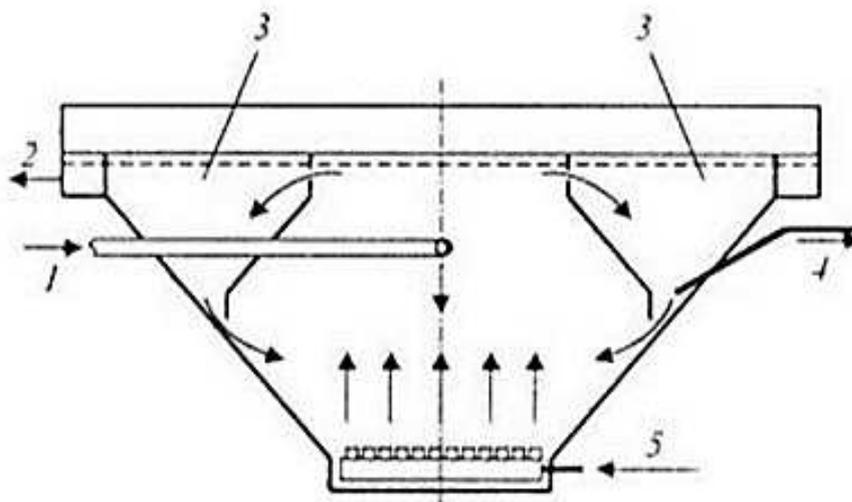
Сточная жидкость поступает в аэротенк и удаляется из него непрерывно. Время пребывания жидкости в аэротенке колеблется от двух часов до нескольких десятков часов. В самом начале при смешении сточной жидкости с активным илом происходит сорбция органических веществ, и окисление наиболее легко окисляющейся их части. В результате этого происходит резкое снижение биохимической потребности сточной жидкости в кислороде. Скорость потребления кислорода на этой стадии очистки наибольшая. Однако частичная сорбция нерастворенных и коллоидных загрязнений может происходить и при недостатке кислорода. На этом основан принцип предварительной аэрации сточных вод. Во второй стадии процесса происходит регенерация активного ила, то есть восстановление его сорбирующей способности, а также доокисление медленно окисляющихся

органических веществ. В третьей стадии процесса - нитрификация аммонийных солей. В результате чего образуется сначала соли азотистой кислоты, а при дальнейшем окислении соли азотной кислоты (нитраты), то есть происходит процесс нитрификации.

Нитрификация имеет большое значение в очистке сточных вод, так как этим путем накапливается запас кислорода, который может быть использован для окисления органических без азотистых веществ, когда полностью уже израсходован для этого процесса весь свободный кислород.

Под действием анаэробных микроорганизмов (денитрифицирующих бактерий) кислород отщепляется от нитритов и нитратов и вторично используется для окисления органического вещества [3]. Содержащиеся в сточной воде вещества сорбируются поверхностью активного ила. Процесс сорбции интенсивен и обычно уже через несколько минут после контакта ила со сточной водой концентрация в ней органических веществ снижается более чем наполовину.

Взвешенные вещества, поступающие в аэротенк, также сорбируются поверхностью активного ила. Частично наряду с бактериями они служат пищей простейшим, коловраткам и червям, а частично под воздействием бактериальных ферментов превращаются в растворенные вещества и усваиваются микрофлорой. Процесс минерализации взвешенных веществ протекает медленнее, чем растворенных, в составе активного ила в большем или в меньшем количестве обычно присутствуют не переработанные взвешенные вещества.



1 – впуск сточной воды; 2 – отвод очищенной воды; 3 – отстойная зона;
4 – удаление избыточного активного ила; 5 – подача воздуха

Рисунок 1.4 - Аэротенк

Из аэротенка вода поступает во вторичный отстойник, где активный ил отстаивается. Отстоявшаяся вода после дезинфекции выпускается в водоем. А осевший активный ил частично возвращается в аэротенк. А частично направляется на переработку. Возвращение активного ила из отстойника в аэротенк требуется для поддержания необходимой концентрации ила в аэротенке. Так как естественный прирост нужную концентрацию ила не обеспечивает.

Осевший во вторичном отстойнике активный ил содержит некоторое количество не переработанных веществ. Такой ил перед возвращением в аэротенк должен быть подвергнут регенерации, то есть восстановлению. Регенерация заключается в аэрации активного ила при отсутствии вновь поступающих загрязнений. При этом окисляются вещества, сорбированные активным илом. Регенерация особенно необходима при очистке сточных вод, содержащих медленно окисляемые соединения [1].

2 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1 Альтернативные технологии очистки сточных вод

С учётом выявленных недостатков очистных сооружений, показанных в данной работе принято решение использовать современные физико-химические методы очистки сточных вод.

Физико-химические методы очистки сточных вод применяют для удаления из стоков растворенных неорганических и органических веществ, а также суспензированных и эмульгированных примесей. Хотя очистка с применением этих методов требует дорогих реагентов, она широко используется из-за своей эффективности, а иногда просто невозможно произвести очистку стоков другими способами (например, многокомпонентных сточных вод с малой концентрацией загрязнений).

К физико-химическим методам относятся коагуляция и флокуляция; флотация; ионный обмен; адсорбция; экстракция; обратный осмос; ультрафильтрация; кристаллизация; дистилляция; ректификация; электродиализ; дезорация [1,3].

2.1.1 Напорный флотатор

Флотация – это процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, обычно газа (чаще воздуха) и воды, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а так же поверхностными явлениями смачивания.

Процесс очистки сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества, нефть, нефтепродукты, масла, волокнистые материалы, методом флотации заключается в образовании комплексов «частица - пузырек», их

всплывании и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой воды.

Прилипание частиц загрязнений к поверхности газового пузырька возможно при несмачивании или плохом смачивании частицы данной жидкостью.

Процесс образование аэрофлокул может быть интенсифицирован за счет применения различных реагентов собирателей, пенообразователей, регуляторов, которые способствуют гидрофобизации поверхности частиц, повышению дисперсности и устойчивости газовых пузырьков, активации процесса флотации. При флотационной очистке применяют следующие реагенты: соли железа и алюминия, флокулянты марок ВПК-101, ПЭИ, ППС, ПАА, а также для корректирования рН – едкий натр, известь или кислоту.

Наиболее эффективное удаление загрязнений достигается при соизмеримых размерах пузырьков воздуха и извлекаемых частиц и равномерном распределении пузырьков воздуха во всем объеме жидкости, а также достаточной стабильности аэрофлокул. Расход воздуха и размер пузырьков зависят от технологической схемы флотации и способов насыщения сточной воды воздухом.

Коагуляция и флокуляция значительно интенсифицируют процесс флотации загрязнений, так как в этом случае повышается гидрофобизация частиц, увеличивается величина аэрофлокул, а, следовательно, возрастают силы, поднимающие загрязнения на поверхность воды во флотокамере.

Для осуществления процесса флотации используют несколько способов диспергирования воздуха в воде:

- компрессионный, когда воздух в воде предварительно растворяется под давлением – напорная флотация;
- вакуумный метод – выделение мелкодисперсных пузырьков воздуха из воды в результате снижения давления – вакуумная флотация;

- механический – воздух подсасывается в воду при интенсивном ее перемешивании с последующим диспергированием лопастями мешалки – импеллерная флотация;
- подача воздуха через пористые материалы;
- электрический способ – насыщение воды пузырьками газа, достигаемое электролизом воды – электрофлотация;
- химический – пузырьки газа образуются в результате химических реакций с вводимыми в воду реагентами – химическая флотация.

В практике очистки сточных вод предприятий наиболее широко применяют методы напорной флотации, используемые как для очистки общего стока, так и для очистки локальных сточных вод.

Установки напорной флотации содержат: насос для подачи жидкости, сатуратор (напорный резервуар) для насыщения воды воздухом, устройства для подачи воздуха в воду (эжектор, включенный в обратный трубопровод насоса или компрессор с подачей воздуха в сатуратор) и флотокамеру, где флотируемые загрязнения выделяются в виде пены.

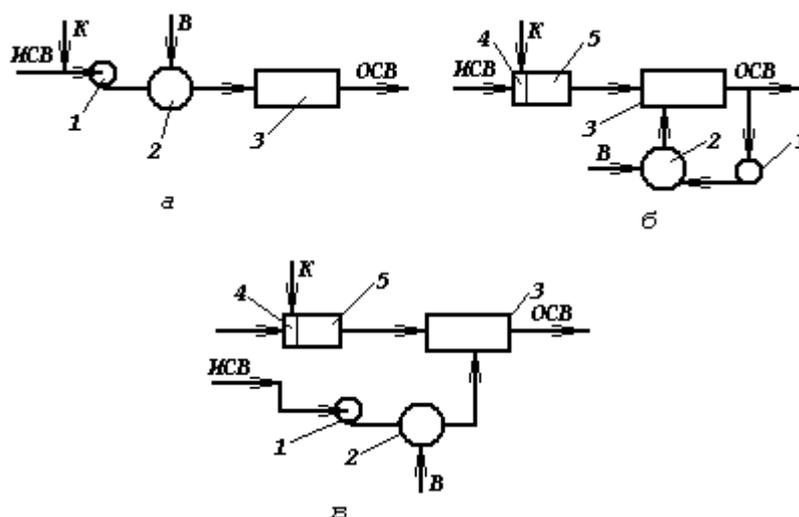
В зависимости от характеристики сточных вод и флотируемых загрязнений применяют три технологические схемы очистки воды методом напорной флотации: прямоточную, когда весь объем обрабатываемых сточных вод насыщается воздухом в сатураторе; рециркуляционную – в сатуратор подается от 20 до 70 % воды, прошедшей флотокамеру, и частично-прямоточную – в сатуратор для насыщения воздухом подается часть (30-70 %) исходной неочищенной сточной воды, а остальная часть направляется во флотокамеру.

Преимущества прямоточной схемы заключается в возможности ввода в обрабатываемую воду максимального количества в возможности ввода в обрабатываемую воду максимального количества (при том же давлении) воздуха и выделения пузырьков воздуха непосредственно на частицах загрязнений, что повышает эффективность процесса флотации. Однако

прямоточная схема малоэффективна для извлечения коллоидных и хлопьевидных частиц, так как при перекачке воды происходят эмульгация частиц и разрушение хлопьев. Поэтому эта схема не рекомендуется при коагуляции загрязнений.

Рециркуляционная схема не имеет недостатков прямоточной, напротив, она менее энергоемка и, кроме того, позволяет полнее использовать применяемый коагулянт или флокулянт. Недостатками рециркуляционной схемы являются увеличенный объем флотокамеры (на величину циркуляционного объема воды) и более сложная эксплуатация установки, поскольку в схему водят дополнительные узлы.

Работа флотационных установок с рециркуляцией целесообразна при очистке коагуляционных нефтесодержащих сточных вод, при доочистке биологически очищенных сточных вод, для уплотнения осадков и активных илов. Частично-прямоточная схема (по сравнению с предыдущими) позволяет сократить затраты и объемы сооружений. Как показывает практика, она так же обеспечивает высокий эффект осветления при использовании реагентов. Эту схему целесообразно применять при локальной очистке сточных вод технологических установок [3].



a – прямоточная; *б* – рециркуляционная; *в* – частично-прямоточная; *ИСВ* – исходная сточная вода; *ОСВ* – очищенная сточная вода; *K* – коагулянт; *B* – воздух; *1* – насос; *2* – сатуратор; *3* – флотатор; *4* – смеситель; *5* – камера хлопьеобразования

Рисунок 2.1 – Технологические схемы метода напорной флотации

Одним из важнейших узлов установки напорной флотации, от работы которого зависит эффективность метода, является сатуратор, обеспечивающий при заданных времени и давлении наибольший объем растворенного в воде воздуха.

На рисунке 5 представлены три характерных конструкции сатураторов. Первая конструкция (рисунок 5, а, б) включена в типовые проекты флотационных установок, поэтому она наиболее часто встречается на схемах последних. Однако, как показывают исследования, эта конструкция является малоэффективной, так как не обеспечивает при заданных в проекте режимах требуемого для флотации объема растворенного воздуха. Поэтому для снижения проектных показателей по растворенному воздуху требуется увеличение объема сатуратора или уменьшение подаваемого на него расхода воды. Значительно большая поверхность контакта фаз обеспечивается в конструкции, показанной на рисунке 5, в. В этом случае при той же производительности объем сатуратора можно уменьшить на 25-30 %. Наибольшую эффективность растворения воздуха в воде при одновременном уменьшении объема, обеспечивает сатуратор с насадкой. В качестве насадки можно использовать кольца Рашига $50 \times 50 \times 5$ или $100 \times 100 \times 10$ мм. Насадка имеет высоту 0,5-1 м и расположена на ложном перфорированном днище. Жидкость подается на насадку через дырчатую систему трубопроводов или сопел с отверстиями 5-30 мм. Система подачи сточных вод расположена над слоем насадки на высоте 0,3-0,7 м. Как показывают исследования, продолжительность насыщения воды воздухом в насадочном сатураторе можно сократить до 1-0,5 мин [3].

2.1.2 Очистка сточных вод с применением коагулянтов

Для обеспечения высокой степени очистки сточных вод в ряде случаев одной биохимической очистки производственных сточных вод недостаточно, поэтому в последние годы отмечено возрастающее применение физико-химических методов. Широкое распространение получили коагуляция и флотация. Реагентный способ очистки достаточно эффективен и прост. Этот способ можно применять практически при неограниченных объемах сточных вод.

Совместное использование коагулянтов и флокулянтов позволит еще более расширить использование этих реагентов для очистки сточных вод. Большие резервы интенсификации метода коагуляции и флокуляции связаны как с более глубоким исследованием механизмов явлений, сопровождающих эти процессы, так и с более эффективным использованием различных физических воздействий.

Данные зарубежных исследований показывают, что значительного повышения эффективности реагентного способа можно добиться оптимизацией технологии очистки, предусматривающей смешение реагентов с водой, а также подбором используемых коагулянтов и флокулянтов [5].

Эффективность реагентного способа очистки воды, в частности с использованием коагулянтов, можно повысить, установив более строгий контроль за расходом реагентов в зависимости от количества загрязнений, присутствующих в сточных водах, и физико-химических характеристик этих загрязнений, в первую очередь от их заряда, характеризуемого х потенциалом. Внедрение автоматизированного контроля за расходом реагентов позволит повысить не только степень очистки воды, но и снизить расход реагентов.

Эффективность реагентного способа можно также повысить, применяя физические воздействия на обрабатываемую воду и водные системы (например, электрические и магнитные поля, ультразвук, радиацию и другие способы). Однако внедрение этих методов интенсификации коагуляции и

флокуляции тормозится недостаточной изученностью процессов, протекающих на молекулярном и ионном уровне.

Очистка производственных сточных вод реагентным способом включает несколько стадий, основными из которых являются:

- 1) Приготовление и дозирование реагентов;
- 2) Смешение реагентов с водой;
- 3) Хлопьеобразование;
- 4) Отделение хлопьевидных примесей от воды.

Правильная организация процесса приготовления реагентов позволит при минимальном их расходе получить максимальный эффект очистки воды. От качества приготовленных растворов зависит не только эффективность воздействия коагулянтов на загрязнения, но и работа оборудования этого узла. Наибольшее применение в качестве коагулянтов получили сульфат алюминия, гидроксохлорид алюминия и хлорид железа(III) . В несколько меньшем масштабе используются сульфаты железа, смешанные коагулянты в виде солей алюминия и железа. Заметно в меньших количествах используют алюмоаммонийные и алюмокалиевые квасцы. Возрастает использование коагулянтов, в первую очередь железа и алюминия, получаемых электрохимическим способом. В этом случае их свойства как коагулянтов резко улучшаются.

Реагенты как в твердом, так и в виде концентрированных растворов, необходимо доводить до рабочей концентрации (5-15%) . В связи с этим следует проанализировать растворение солей и в первую очередь солей алюминия и железа. Зная основные закономерности процесса растворения реагентов в воде, можно выбрать оптимальный режим растворения реагентов в воде и подобрать для этого необходимое оборудование.

Эффективность очистки сточных вод с использованием коагулянтов и флокулянтов в значительной мере зависит от точности поддержания основных параметров. основными параметрами регулирования являются рН

обработанных сточных вод, электропроводность, мутность, окислительно-восстановительный потенциал.

В настоящее время широко используются разработанные ВНИИВодгео системы автоматического регулирования (САР), предназначенные для управления реагентной очисткой сточных вод. Повышение уровня автоматизации процессов физико-химической очистки промышленных сточных вод позволяет уменьшить расходы реагентов.

В практике очистки вод, как правило, применяют объемнопропорциональные дозирующие системы. В основном по такому принципу построены САР подачи растворов коагулянтов и флокулянтов.

Дозаторы, используемые в САР реагентной очистки сточных вод, должны надежно работать и при подаче растворов, содержащих взвешенные частицы, осадки, шламы, так как часто в качестве реагентов используют отходы различных производств.

При использовании предварительно осветленных растворов реагентов можно применять плунжерные насосы-дозаторы с ручным регулированием производительности.

Для нормального функционирования узла реагентной обработки с использованием плунжерных насосов-дозаторов необходима предварительная очистка растворов реагентов. В противном случае насос-дозатор забивается взвешенными частицами, а следовательно необходимо его останавливать и промывать.

Для технологии очистки воды и обезвреживания осадков большое значение имеет рациональное использование реагентов, так как годовой расход только флокулянтов составляет сотни тонн. Определение оптимальной дозы реагентов представляет собой весьма сложную задачу, так как в практике очистки воды возможно одновременное изменение ряда факторов, например состава и количества примесей.

Следует отметить, что при коагуляции примесей в объеме воды и при контакте с зернистой загрузкой оптимальная доза будет различной, так как кинетические условия коагуляции на поверхности фильтрующего материала значительно лучше, чем в объеме воды.

Эффективность процессов очистки воды в аппаратуре всех типов обусловлена прочностью и плотностью коагуляционной структуры.

Для тонкодисперсной суспензии с частицами заданного размера одним из основных критериев выбор, а дозы коагулянта является прочность структуры.

Одновременного увеличения прочности и плотности коагуляционной структуры можно достичь комбинированным воздействием на структуру гидродинамических условий перемешивания и дозы коагулянта. Выбор оптимального режима очистки воды с использованием реагентов возможен на основе цепочечно-ячеистой модели коагуляционной структуры.

Представляет интерес определение оптимальной дозы реагента при добавлении его в воду электрохимическим способом. В этом случае наиболее легко оптимизировать процесс изменением плотности тока и продолжительности обработки в зависимости от количественного состава сточных вод.

Применяя известные методы математического моделирования можно определить оптимальный режим электрохимической обработки. Существующие устройства для автоматического дозирования реагентов дают возможность, как правило, поддерживать только их расход, установленный на основе предварительных исследований. Поддержание оптимальной дозы реагентов для соблюдения основных качественных параметров процесса коагуляции пока еще затруднено.

Приготовленный раствор через дозирующее устройство и смеситель вводят в воду. Перемешивание воды с реагентами целесообразно осуществлять в две стадии, причем первую стадию проводить в режиме,

приближающемся к режиму идеального смешения, а вторую - в режиме идеального вытеснения по жидкой фазе. Это обусловлено тем, что на первой стадии должно быть обеспечено равномерное распределение реагента по всему объему очищаемых сточных вод, а на второй - создание условий, исключающих распад образовавшихся агломератов частиц загрязнений. Первый режим можно осуществить, например, в аппарате с интенсивно вращающейся мешалкой, а второй - в слое взвешенного осадка.

Как показывают результаты многих исследований, процесс перемешивания воды с реагентами, в частности с неорганическими коагулянтами, необходимо проводить с максимальной скоростью. Оптимизация режима смешения коагулянта с водой может привести к более эффективному использованию, а в некоторых случаях и к сокращению расхода коагулянта.

Эффективность мгновенного перемешивания заключается в изменении степени дисперсности продуктов гидролиза коагулянтов, абсорбирующихся на поверхности частиц загрязнений. При более интенсивном перемешивании увеличивается вероятность сорбции на поверхности частиц загрязнений мелких частиц продуктов гидролиза коагулянтов, что приводит к экономии коагулянта и одновременному увеличению прочности связи частиц в микрохлопьях.

При выборе режима смешения коагулянта необходимо учитывать состав и физико-химические свойства сточных вод, а также вводимых реагентов. Важность определения оптимальных параметров режима смешения обусловлена также большой ролью ортокинетической стадии коагуляции в процессах агрегации частиц загрязнений. Вероятность столкновений между коагулирующими частицами возрастает с увеличением интенсивности перемешивания. Однако при достижении определенного скоростного градиента образующиеся хлопья начинают разрушаться. Для применяемых коагулянтов значение скоростного градиента составляет

примерно $20-70 \text{ с}^{-1}$. В качестве критериальной оценки процесса смешения реагентов с водой наряду со скоростным градиентом применяют также произведение последнего на продолжительность смещения, введенное Кэмпом (критерий Кэмпа).

В направлении интенсификации перемешивания воды с реагентами развивается и разработка смесителей. Рекомендуется при выборе типа, конструкции и режима действия перемешивающих устройств на стадиях быстрого смешения воды с реагентами и медленного перемешивания воды в камерах хлопьеобразования учитывать закономерности коагуляционного структурообразования, определяющие начальные значения скоростного градиента, необходимость постепенного перемешивания и концентрации твердой и жидкой фаз на поверхности раздела.

Быстрое перемешивание реагентов с водой может быть достигнуто в смесителях с псевдооживленной насадкой и предварительной электрообработкой смеси.

Электромагнитные смесители целесообразно применять, прежде всего, при контактировании воды с растворами электролитов, например с растворами кислот, щелочей, солей. Однако возможно перемешивание неэлектропроводимых реагентов, например полиакриламида с водой, в электромагнитных смесителях с псевдооживленной или магнитооживленной насадкой.

Наиболее просты в аппаратном оформлении смесители, содержащие камеру электрообработки, в которой установлены два или несколько электродов. В результате воздействия электрического поля на растворы электролитов происходит эффективное смешение воды с коагулянтом, что позволяет существенно сократить время перемешивания, а также расход реагентов на очистку стоков. Электролиз проводят, как правило, в режимах без заметного выделения газов (кислорода и водорода) Другим простейшим вариантом электромагнитного перемешивания является использование

генераторов магнитного поля, устанавливаемых на участке трубы, где одновременно подают воду и раствор коагулянта (электролита) . Такие смесители весьма просты и их легко установить практически на любом участке технологической линии. Кроме того, смесители с использованием постоянных магнитов могут быть установлены в помещениях любой категории.

Высокая интенсивность очистки достигается в электромагнитных смесителях с магнитооживленной насадкой, состоящей из ферромагнитных частиц.

В тех случаях, когда недопустимо загрязнение очищаемой воды примесями железа, вместо смесителей с магнитооживленной насадкой можно применить электромагнитные смесители типа статора асинхронного двигателя с использованием в качестве насадки многоосевого ротора с подвижными элементами.

2.1.3 Сорбционный фильтр

Адсорбция, т.е. поглощение загрязнений поверхностью твердого тела, осуществляется за счет диффузии молекул органических веществ через жидкостную пленку, окружающую частицы адсорбента, к его поверхности при перемешивании жидкости и далее внутренней диффузии молекул, скорость которой определяется строением адсорбента и размером молекул сорбируемого вещества. Сорбцию экономически целесообразно применять при низких концентрациях загрязнений, т.е. на стадии глубокой очистки. В этом случае в процессе сорбции можно получить близкие к нулевым концентрации остаточных загрязнений.

На скорость и эффективность адсорбции влияет структура сорбента, химическая природа и концентрация загрязнений, температура, активная реакция среды. При повышении температуры степень адсорбции снижается, несмотря на увеличение скорости диффузии; снижение величины рН

вызывает увеличение сорбции органических веществ сточных вод; с помощью сорбции можно извлекать из воды биологически стойкие органические вещества.

Лучшими сорбентами для удаления из воды растворенных органических веществ являются активные угли различных марок, эффективность которых определяется наличием в них микропор.

Суммарный объем микропор активного угля является его основной характеристикой, которая должна приводиться для каждой марки активного угля. Интересно, что активные угли в первую очередь адсорбируют органические вещества не природного происхождения, а именно: фенолы, спирты, эфиры, кетоны, нефтепродукты, амины, "жесткие" поверхностно-активные вещества, органические красители, различные хлорамины. Этот метод позволяет на стадии глубокой очистки сточных вод снизить концентрацию органических соединений на 90-99%.

При сорбции на уголь не должна поступать вода, содержащая взвешенные и коллоидные вещества, экранирующие поры активного угля. Уголь, исчерпавший свою сорбционную способность (емкость) регенерируется или полностью заменяется.

Добавление окислителей (озона или хлора) перед подачей воды на угольные фильтры позволяет увеличить срок службы активного угля до его замены, улучшить качество очищенной воды или проводить очистку от соединений азота. При совместном проведении сорбции и озонирования происходит синергический эффект. Озон разрушает макромолекулы, а затем активный уголь сорбирует продукты частичного разложения в 1,5-3 раза эффективнее, чем без предварительного окисления. Предполагается, что при этом происходит, во-первых, деструкция биологически трудноокисляемых соединений с образованием окисляемых, в результате чего на угольной загрузке протекают биологические процессы окисления органических веществ, и, во-вторых, в результате воздействия озона на макромолекулы их

молекулярный вес и размеры уменьшаются, и они могут сорбироваться в истинных микропорах активного угля. Комбинация методов озонирования и сорбции позволяет снизить в 2-5 раз расходы и озона и активного угля по сравнению только с сорбцией или только с озонированием, а следовательно, и стоимость очистки.

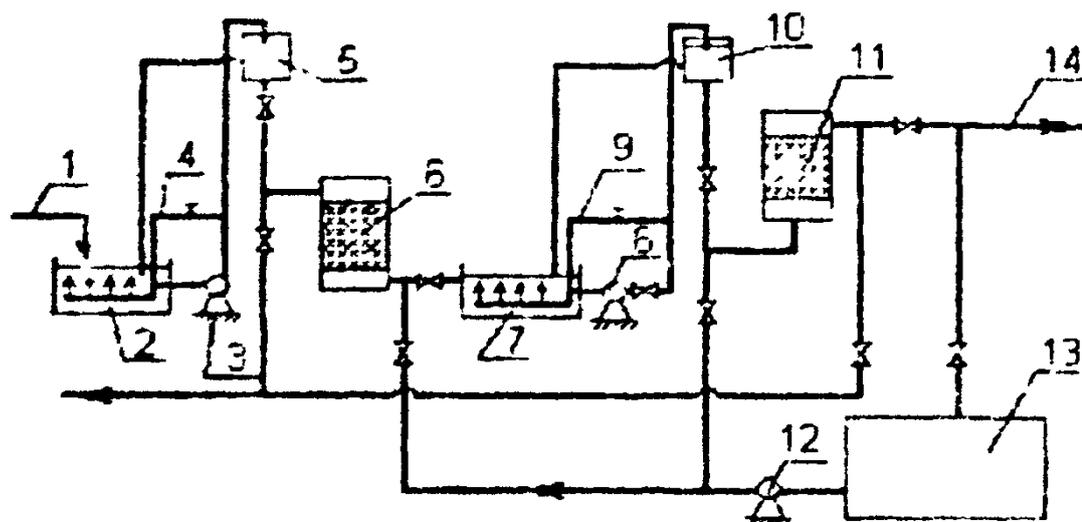
При хлорировании воды с последующей сорбцией на активном угле происходит удаление аммонийного азота. При хлорировании воды, содержащей аммонийный азот, в зависимости от рН, соотношения дозы активного хлора и концентрации аммонийного азота образуется смесь монохлораминов, дихлораминов, треххлористого азота, сорбируемых при фильтрации активным углем, и молекулярного азота, уходящего в атмосферу.

Основные параметры процесса: доза хлора 8-12 мг/мг NH_4N в зависимости от содержания органических веществ и конечных продуктов реакции с $\text{NH}_4\text{-N}$, скорость фильтрования 5-7 м/ч, время контакта с углем 6-10 минут, оптимальный диапазон рН 7-8, полное перемешивание воды с гипохлоритом натрия. Недостатком способа является увеличение концентрации хлоридов в очищенной воде, особенно при обработке сточных вод с относительно высокой концентрацией аммонийного азота; преимуществом - увеличение срока службы угля до замены или регенерации за счет окисления органических веществ хлором на пористой поверхности угля, более высокая степень очистки от органических веществ, полное обеззараживание воды, удаление аммонийного азота с превращением в молекулярный азот, уходящий в атмосферу.

При использовании в качестве сорбентов оксидов алюминия, природных минералов, содержащих Са и Mg, можно осуществлять удаление из воды соединений фосфора, эффективность которого иногда достигает до 100%. Однако, этот метод разработан слабо, требуется его изучение и определение технологических параметров процесса.[1]

Технологическая схема двухступенчатой доочистки сточных вод включает в себя приемный резервуар 2, насосную установку 3, с помощью которой вода подается в распределительную камеру 5, откуда самотеком поступает на песчаные фильтры 6. Очищенная на песчаных фильтрах вода собирается в приемный резервуар 7, откуда насосной установкой 8 перекачивается в распределительную камеру 10. На сорбционные фильтры 11 вода из распределительной камеры подается снизу вверх. При подаче сточных вод в распределительные камеры 5 и 10 часть воды переливается и отводится по трубопроводам 4 и 9 в приемные резервуары, где происходит перемешивание исходной жидкости.

На рисунке 2.2. приведена схема доочистки сточных вод на двухступенчатых фильтрах.



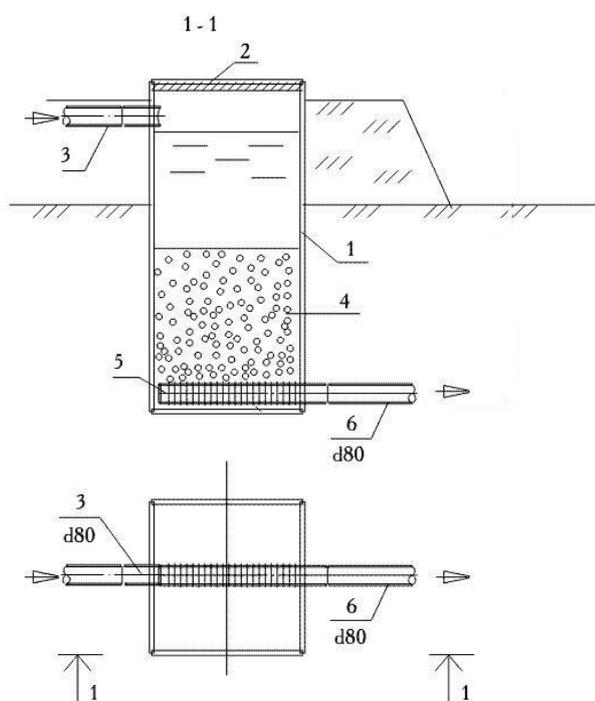
- 1 – вода после сооружений биологической очистки, 2 – приемный резервуар, 3 – насосная установка, 4 – устройство для перемешивания воды, 5 – распределительная камера, 6 – фильтр, загруженный песком, 7- приемный резервуар, 8 — насосная установка, 9 – устройство для перемешивания воды, 10-распределительная камера, 11 – сорбционный фильтр, 12 – промывной насос, 13 – резервуар промывной воды, 14 – сброс очищенной воды.

Рисунок 2.2. – Схема доочистки сточных вод

Первая ступень фильтра загружена песком с диаметром зерен 1,8 мм и высотой 0,5-1 м. Скорость фильтрования составляет 10 м/ч. Период между

регенерацией загрузки фильтра зависит от концентрации взвешенных веществ и составляет 9,6-15,1 ч. Грязеемкость фильтра находится в пределах от 2,6 до 6,6 кг/м³. Промывка фильтра производится водой с интенсивностью 18-20 л/с·м². Продолжительность промывки составляет 7 мин. Объем промывной воды – 4 % от объема очищенной воды. Для фильтров первой ступени можно использовать водовоздушную промывку с интенсивностью подачи воды 12 л/с·м² и интенсивностью подачи воздуха 16-19 л/с·м². Продолжительность водовоздушной промывки составляет 6 мин.

Сорбционный фильтр загружен сорбентом на высоту 3,2 м, скорость фильтрования воды – 2-2,5 м/ч. Крупность зерен загрузки 1-2 мм. Интенсивность промывки сорбционных фильтров 6-12 л/с·м². Продолжительность промывки принимается 7-10 мин. И уточняется в процессе эксплуатации фильтров. Фильтроцикл составляет 24 часа. Продолжительность работы сорбционных фильтров до регенерации – от 3 до 4 суток. Регенерация загрузки сорбционных фильтров выполняется тогда, когда ХПК после фильтрования на второй ступени превышает 15 мг/л. [4]



1 - корпус; 2 - крышка; 3 - подводящий трубопровод (d5); 4 - сорбент; 5 - дренаж; 6 - отводящий трубопровод очищенных сточных вод (d6) [5]

Рисунок 2.3. Схема сорбционного фильтра

2.2 Анализ условий труда и выявление опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) при эксплуатации очистных сооружений

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы классификация ОВПФ по природе действия подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

1. Физические ОВПФ: движущиеся машины и механизмы (элементы насосного, силового оборудования, механизированных решеток, лебедок, скребков, механических мешалок); повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны (хлораторная); повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте (в машинном зале, в насосной станции); повышенная влажность воздуха (в насосной станции, в помещении фильтров, отстойников, аэротенков); повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне (бактерицидная установка); повышенные напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека (агрегаты насосной станции, гидроэлеваторы); повышенная яркость и контрастность света (песколовки, отстойники).

2. Химические ОВПФ подразделяются:

а) по характеру воздействия на организм человека, например, раздражающие (хлор);

б) по пути проникновения в организм человека – через органы дыхания;

3. Биологические ОВПФ: биологические объекты, воздействие которых на рабочих вызывает травмы и заболевания (хлораторная и аэротенк); микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы, простейшие).

4. Психофизиологические ОВПФ: нервно-психологические перегрузки (монотонность труда).

2.3 Оценка эксплуатационных особенностей объекта дипломного проектирования

Сточные воды самотеком поступают по боковым уличным коллекторам в главный коллектор, затем они перекачиваются главной насосной станцией на очистные сооружения, включающие: приемную камеру, здание решеток, песколовки, песковые площадки, аэраторы и первичные отстойники, блок аэротенков и вторичные отстойники. Затем сточные воды поступают в смеситель и контактный резервуар, где смешиваются с хлором и обеззараживаются, а затем сбрасываются в водоем.

При эксплуатации очистных сооружений обслуживающий персонал обязан соблюдать правила обращения с машинами, инвентарем, пользоваться выдаваемыми им средствами индивидуальной защиты, спецодеждой, строго соблюдать инструкции по охране труда. Запрещается выполнять работы при неисправном оборудовании, при снятых или неисправных ограждениях, отсутствии защитных средств и в других условиях, угрожающих жизни и здоровью персонала.

При проведении в помещениях работ, связанных с выделением вредных веществ, должна быть обеспечена вентиляция. Внеэксплуатационные и ремонтные работы персонал должен выполнять в спецодежде.

Очистные сооружения должны быть обеспечены аптечками с медикаментами и материалами, необходимыми для оказания первой медицинской помощи.

Территория очистных сооружений должна быть ограждена и озеленена, обеспечена наружным освещением, ко всем сооружениям предусмотрен безопасный доступ в случае заноса сооружений снегом или затопления. Наружная и внутренняя отделка зданий должна соответствовать климатическим условиям строительства, противопожарным требованиям, температурно-влажностному режиму помещения.

Зоны санитарной охраны должны быть на действующих, проектируемых и реконструируемых очистных сооружениях в целях обеспечения их санитарно-эпидемиологической надежности.

2.4 Расчёт оборудования очистки сооружений

Как показывает опыт [5], биохимическому окислению легко поддаются органические соединения алифатического ряда (сложные эфиры, кислоты); легко окисляются также бензойная кислота, этиловый и амиловый спирты, гликоли, хлоргидриды, ацетон, глицерин, анилин и ряд других веществ. При длительной адаптации микроорганизмов достигается распад даже таких устойчивых соединений, как толуол, ксилол, углеводороды нефти, хлорзамещенные углеводороды и др. Однако окисление некоторых из органических веществ происходит настолько медленно, что содержащиеся такие вещества сточные воды нецелесообразно подвергать биологической очистке. Наиболее неблагоприятное влияние на ход биохимических процессов оказывает присутствие в сточных водах солей.

Основной причиной нарушения нормальной работы биологических сооружений являются залповые сбросы производственных вод с высокой концентрацией медленно окисляемых соединений. Значительные затруднения при биологической очистке вызывают стоки содержащие ионы железа и фосфаты. Поэтому на таких предприятиях должны быть установки по извлечению вредных веществ из сточных вод перед их биологической очисткой.

В качестве решения возникшей проблемы сравним два метода очистки сточных вод – на флотаторной установке и в водоворотной камере хлопьеобразования. Предварительно рассчитаем существующее оборудование.

Расчет аэротенка

Т.к. значение $L_{en} < 150$ мг/л принимаем аэротенки смесители без регенераторов. Принимаем дозу активного ила в аэротенке $a_i = 2$ г/л [3], концентрацию растворенного кислорода $C_0 = 2$ мг/л [3]. Назначаем константы, необходимые для расчета:

$\rho_{max} = 85$ мгБПК_{полн}/(г·ч) – максимальная скорость окисления;

$K_i = 33$ мгБПК_{полн}/л – константа, характеризующая свойства загрязнений;

$K_0 = 0,625$ мгО₂/л – константа, характеризующая влияние кислорода;

$\varphi = 0,07$ л/г – коэффициент ингибирования;

$s = 0,3$ – зольность активного ила.

Рассчитываем удельную скорость окисления:

$$\rho = \rho_{max} \cdot \frac{L_{ex} \cdot C_0}{L_{ex} \cdot C_0 + K_i \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i} = \quad (2.1)$$

$$= 85 \cdot \frac{4,5 \cdot 2}{4,5 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 2} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 2} = 8,8 \text{ мгБПК}_{\text{полн}}/(\text{г} \cdot \text{ч})$$

Определяем период аэрации:

$$t_{at} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i(1-s)\rho} = \frac{73 - 4,5}{2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 8,8} = 5,56 \text{ ч}$$

Определяем нагрузку на активный ил:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_i(1-s)t_{at}} = \frac{24 \cdot (73 - 4,5)}{2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 5,56} = 211 \text{ мгБПК}_{\text{полн}}/(\text{г} \cdot \text{сут})$$

Методом интерполяции принимается иловый индекс $I_i = 96$ см³/г, соответствующий нагрузке q_i .

Определяем степень рециркуляции активного ила:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{I_i} - a_i} = \frac{2}{\frac{1000}{96} - 2} = 0,24$$

Принимаем $R_i = 0,3$ для отстойников с илососами [3].

Определяем объем аэротенков:

$$W = q_w \cdot t_{at} = 1871 \cdot 5,56 = 10403 \text{ м}^3$$

где q_w – расчетный расход сточной воды, равный $1871 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Принимаем рабочую глубину аэротенка $H_{at} = 5 \text{ м}$, исходя из отношения ширины к глубине 2:1 принимаем ширину одного коридора $b_{cor} = 10 \text{ м}$. Принимаем количество коридоров $n_{cor} = 4$ и количество секций $n_{at} = 1$. И рассчитываем длину аэротенка:

$$l_{at} = \frac{W_{at}}{n_{at} \cdot n_{cor} \cdot b_{cor} \cdot H_{at}} = \frac{10403}{1 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 5} = 52,01 \approx 53 \text{ м}$$

Общий размер аэротенка в плане составляет 40 на 53 м.

Рассчитываем прирост активного ила:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{cdp} + K_g \cdot L_{en} = 0,8 \cdot 68 + 0,3 \cdot 73 = 76,3 \text{ мг/л}$$

где C_{cdp} – концентрация взвешенных веществ в сточной воде, поступающей в аэротенк, равная 68 мг/л,

K_g – коэффициент прироста, принимаемый для городских сточных вод равным 0,3 [3].

Принимаем глубину погружения аэраторов:

$$h_a = H_{at} - 0,3 = 5 - 0,3 = 4,7 \text{ м}$$

Находим растворимость кислорода при температуре воды $18 \text{ }^\circ\text{C}$:

$C_\tau = 9,4 \text{ мг/л}$. Рассчитываем растворимость кислорода в воде:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_\tau = \left(1 + \frac{4,7}{20,6}\right) \cdot 9,4 = 11,5 \text{ мг/л}$$

Для аэрации принимаем мелкопузырчатый аэратор из фильтросных керамических пластин, соотношение площадей аэрируемой зоны и аэротенка $\frac{f_{az}}{f_{ar}} = 0,1$.

Находим значение коэффициента, учитывающего тип аэратора: $K_1 = 1,47$ и коэффициент качества воды при наличии в ней СПАВ $K_3 = 0,59$.

Интерполяцией находим коэффициент, зависимый от глубины погружения аэратора $K_2 = 2,8$.

Определяем коэффициент, учитывающий температуру сточных вод:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_w - 20) = 1 + 0,02 \cdot (18 - 20) = 1,04$$

Рассчитываем удельный расход воздуха:

$$q_{air} = \frac{q_0 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 \cdot (C_a - C_0)} = \frac{1,1 \cdot (73 - 4,5)}{1,47 \cdot 2,8 \cdot 1,04 \cdot 0,59 \cdot (11,5 - 2)} = 3,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

где q_0 – удельный расход кислорода воздуха, мг/мг снятой БПК_{полн}, равный 1,1 [3].

Определяем интенсивность аэрации:

$$I_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{at}} = \frac{3,1 \cdot 5}{5,56} = 2,79 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

$I_a < I_{a \min}$ следовательно принимаем

$$I_a = I_{a \min} = 3,15 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

рассчитываем удельный расход воздуха:

$$q_{air} = \frac{I_a \cdot t_{at}}{H_{at}} = \frac{3,15 \cdot 5,56}{5} = 3,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Подбираем фильтросные пластины шириной 250 мм ($f_d = 0,25 \text{ м}^2/\text{м}$) и глубиной канала 200 мм. Находим удельный расход воздуха на единицу рабочей поверхности аэраторов

$$I_{ad} = 30 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Определяем количество аэраторов в каждом коридоре:

$$n_d = \frac{I_a \cdot b_{cor}}{I_{ad} \cdot f_d} = \frac{3,15 \cdot 5}{30 \cdot 0,25} = 2,1 \approx 3$$

Определяем общий расход воздуха:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot q_w = 3,5 \cdot 1871 = 6549 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принимаем две рабочих и одну резервную воздуходувки марки ТВ-50-1,9 производительностью 3600 м³/ч каждая.

Расчёт флотационной установки

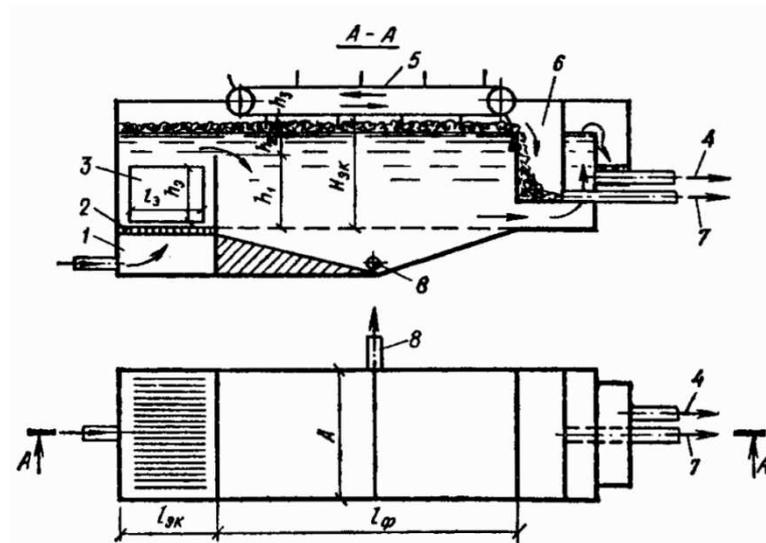
Рассчитаем электрофлотационную установку (по методике СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения) для очистки сточных вод при максимальном часовом расходе сточных вод.

Рассчитываем средний часовой расход сточных вод:

$$q_{ср} = \frac{Q_{ср.сут.}}{24 \cdot 60} = \frac{45000}{1440} = 31,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

В качестве электродов используются алюминиевые пластины.

Принимаем горизонтальный электрофлотатор, состоящий из двух флотационных камер (на рисунке 2.4 схематично показана одна камера).



1 – впускная камера, 2 – решетка-успокоитель, 3 – электродная система, 4 – отвод обработанной сточной воды, 5 – механизм сгребания пены, 6 – пеносборник, 7 – отвод пенного шлама, 8 – трубопровод опорожнения и выпуска осадка

Рисунок 2.4 – Горизонтальный флотатор

Число электродов, располагаемых в каждой камере:

$$n_3 = \frac{A_2 - 2 \cdot a + c}{\delta + c} = \frac{2000 - 2 \cdot 100 + 20}{8 + 20} = 65$$

где A – ширина флотационной камеры ($A = 2$ м при $Q < 90$ м³/ч, $A = 2,5 \div 3$ м при $Q = 90 \div 180$ м³/ч); $a = 100$ мм – величина зазора между крайними пластинами и станками камеры, c – величина зазора между пластинами (15 – 20 мм), δ – толщина пластин (6 – 10 мм).

Необходимая площадь пластин электродов:

$$f_3 = \frac{73,3}{65 - 1} = 1,15 \text{ м}^2$$

Принимаем высоту пластин $h_3 = 1,15$ м определим их длину:

$$l_3 = \frac{f_3}{h_3} = \frac{1,15}{1,15} = 1 \text{ м}$$

Длина электродной камеры:

$$l_{э.к} = l_a + 2 \cdot a = 1 + 2 \cdot 0,1 = 1,2 \text{ м}$$

Объем электродной камеры:

$$V_{э.к} = A \cdot H_{э.к} \cdot l_{э.к}$$

Рабочая высота электродной камеры:

$$H_{э.к} = h_1 + h_2 + h_3 = 1,15 + 0,4 + 0,45 = 2 \text{ м}$$

где h_1 – высота осветлённого слоя, h_2 – высота защитного слоя, h_3 – слой шлама.

Следовательно:

$$V_{э.к} = 2 \cdot 2 \cdot 1,2 = 4,8 \text{ м}^3$$

Рассчитаем объём флотационной камеры:

$$V_{\phi} = Q' \cdot t_{\phi} = 55 \cdot 0,5 = 27,5 \text{ м}^3$$

где t_{ϕ} – продолжительность флотации.

Длина флотационной камеры:

$$l_{\phi} = \frac{V_{\phi}}{A \cdot H_{э.м}} = \frac{27,5}{2 \cdot 2} = 6,9 \text{ м}$$

Общий объем электрофлотационной установки:

$$V_y = 2 \cdot (V_{э.к} + V_{\phi}) = 2 \cdot (4,8 + 27,5) = 64,6 \text{ м}^3$$

Далее определяем количество материала электродов m , переходящего в 1 м^3 раствора, г/м^3 :

$$m = k_1 \cdot \mathcal{E} \cdot E = 0,6 \cdot 0,336 \cdot 200 = 40,3 \text{ г/м}^3$$

где k_1 – коэффициент выхода по току, \mathcal{E} – электрохимический эквивалент, E – удельное количество электричества, в зависимости от степени загрязнения сточных вод (от 15 до $500 \text{ А} \cdot \text{ч/м}^3$).

Срок службы электродной системы в сутках:

$$T = \frac{1000 \cdot M}{m \cdot Q \cdot 24}$$

где M – масса металла электродов, которая растворяется при электролизе:

$$M = \rho \cdot k_2 \cdot f_3 \cdot \delta \cdot n_3 = 2700 \cdot 0,85 / 1,15 / 0,008 / 130 = 2745 \text{ кг}$$

Получим

$$T = \frac{2745 \cdot 1000}{40,3 \cdot 31,25 \cdot 24} = 90,8 \text{ сут}$$

Степень очистки сточных вод от ионов для рассчитанных параметров составляет 95%. Концентрации

Таблица 2.1 Характеристика качества работы очистных сооружений

Наименование веществ	Концентрация ЗВ на входе очистных сооружений, мг/дм ³	Концентрация ЗВ на выходе из флотатора, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
Фосфат-ион	1,0	0,05	0,6292
Железо общее	2,19	0,1095	0,2013

Флотационная установка обеспечивает соблюдение норм ПДК для сточных вод.

Опыт эксплуатации [6] напорных флотаторов на очистных сооружениях г. Сыктывкар, с близкой пропускной способностью ВОС в 65 тыс. м³/сут, запущенных в работу в мае 2006 г. Показывает, что в течение 10 лет блок флотаторов успешно функционирует, обеспечивая высокую степень очистки воды. Анализ основных показателей качества очищенной воды после каждой ступени очистных сооружений подтвердил, что для очистки маломутной цветной воды реки Вычегды метод напорной флотации является наиболее эффективным.

Расчёт водоворотной камеры хлопьеобразования

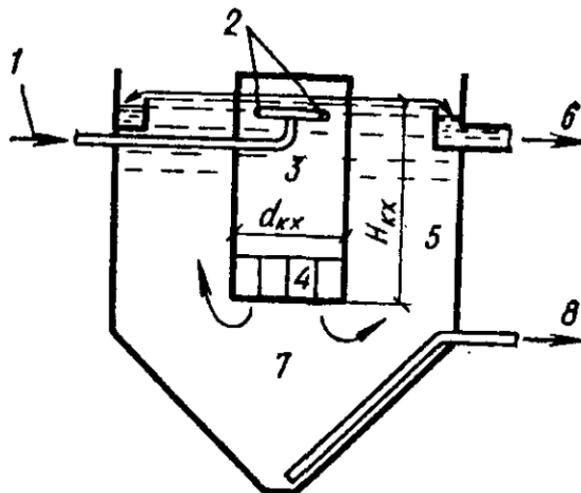
СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения предусматривает установку в отстойниках встроенной камеры хлопьеобразования гидравлического типа.

Рассчитаем водоворотную камеру хлопьеобразования, совмещенную с вертикальным отстойником при расходе сточных вод $Q = 45000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Максимальный расход при этом составит $q_{\text{макс}} = 46,8 \text{ м}^3/\text{ч}$, а средний расход $q_{\text{ср}} = 31,25 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Принимаем число водоворотных камер хлопьеобразования, совмещенных с вертикальными отстойниками, $n_{\text{кк}} = 1$ (рисунок 2.5) и определяем площадь:

$$f_{\text{кк}} = \frac{q_{\text{макс}} \cdot t_{\text{кк}}}{60 \cdot H_{\text{кк}} \cdot n_{\text{кк}}} = \frac{46,8 \cdot 7,5}{60 \cdot 3,6 \cdot 1} = 1,625 \text{ м}^2$$



- 1 – подача сточных вод, 2 – выпускные сопла, 3 – встроенная камера хлопьеобразования, 4 – успокоительные решетки, 5 – зона осаждения отстойника, 6 – выпуск обработанных сточных вод, 7 – осадочная зона, 8 – выпуск осадка

Рисунок 2.5 – Водоворотная камера хлопьеобразования, совмещенная с вертикальным отстойником

Вычисляем диаметр камеры:

$$d_{\text{нк}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{кк}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,625}{3,14}} = 1,44 \text{ м}$$

Вода в камеру подается с помощью неподвижного сегнерова колеса, выполненного в виде двух изогнутых отрезков труб. Выпускают воду из сопла тангенциально по отношению к поверхности стенки камеры. Сопло размещается на глубине 0,5 м на расстоянии от стенки:

$$0,2 \cdot d_{\text{нк}} = 0,2 \cdot 1,44 = 0,288 \text{ м}$$

Диаметр сопла:

$$d_c = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{q'_{\text{макс}}}{\mu \cdot v_c}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,78}{0,908 \cdot 3}} = 0,6 \text{ м}$$

где μ – коэффициент расхода для конически сходящейся насадки, v_c – скорость выхода воды из сопла (принимается равной 2 – 3 м/с).

Диаметр подходящего трубопровода, рассчитываем из условия скорости движения сточной воды $v_{\text{п}} = 0,8 \div 1 \text{ м/с}$. В нижней части камеры хлопьеобразования устанавливаем успокоительную решетку для гашения вращательного движения воды.

Объём зоны осаждения отстойника при продолжительности пребывания обрабатываемой сточной воды в зоне осаждения $t_{\text{ос}} = 1 \text{ ч}$:

$$V_{\text{ос}} = \frac{q_{\text{макс}} \cdot t_{\text{ос}}}{n_{\text{кк}}} = \frac{46,8 \cdot 1}{1} = 46,8 \text{ м}^3$$

Высоту зоны осаждения принимаем равной:

$$H_{\text{ос}} = H_{\text{кк}} + 0,5 = 3,6 + 0,5 = 4,1 \text{ м}$$

Диаметр отстойника:

$$D_{отс} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V_{ос} + V_{кк}}{H_{ос}}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{46,8 + 25,3}{4,1}} = 1,5 \text{ м}$$

Степень очистки указанного оборудования составляет 93%.

Таблица 2.2 – Характеристика качества работы очистных сооружений

Наименование веществ	Концентрация ЗВ на входе очистных сооружений, мг/дм ³	Концентрация ЗВ на выходе из флотатора, мг/дм ³	ПДК, мг/дм ³
Фосфат-ион	1,0	0,1	0,6292
Железо общее	2,19	0,1533	0,2013

Коагуляционная установка обеспечивает соблюдение норм ПДК для сточных вод, но степень очистки ниже, чем у флотационной.

В работе Вольфтруб Л. И., Егоров В. Ф., Староселец Л. Н., Паничева С. А., Лашманова Е. О., Юнок С. А., Муликов Р.Р. «Модернизация камер хлопьеобразования, отстойников и осветлителей на станциях водоподготовки» в журнале «Водоснабжение и санитарная техника» №2 2013 г. приведены методы модернизации очистных сооружений с использованием камер хлопьеобразования, отстойников и осветлителей со слоем взвешенного осадка, основанные на использовании процессов тонкослойно-рециркуляционного хлопьеобразования и тонкослойного осаждения. При использовании в новом строительстве в 2–3 раза сокращается объем сооружений, а при реконструкции действующих повышается их производительность с одновременным улучшением качества очистки воды и уменьшением вводимых доз реагентов. Приведена конструкция тонкослойных самопромывающихся модулей, изготавливаемых централизованно в виде сотоблоков из полиэтиленовой пленки толщиной не менее 250–300 мкм. Обобщен длительный положительный опыт

эксплуатации модернизированных сооружений, расположенных на станциях водоподготовки коммунального, промышленного и энергетического назначения и работающих в условиях качественного разнообразия природных вод и методов их обработки.

Расчет сорбционного фильтра

Расчетная производительность, м³/ч:

$$Q_{\text{ВПУ}} = Q_{\text{max.час}} + q_{\text{ст2}}^{\text{сн}} = 31,25 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для механического фильтра выберем скорость фильтрования $\omega = 10 \text{ м/ч}$

Требуемая площадь фильтрования, м²:

$$F = \frac{Q_{\text{ВПУ}}}{\omega} = \frac{31,25}{10} = 3,125 \text{ м}^2$$

Выберем число фильтров:

$$n = n_{\text{раб}} + n_{\text{рег}} + n_{\text{рез}} = 2 + 1 + 1 = 4$$

Площадь одного фильтра, м²:

$$f = \frac{F}{n} = \frac{3,125}{4} = 0,78 \text{ м}^2$$

Характеристика стандартного фильтра, м/м²:

$$\frac{d}{f} = \frac{1,5}{0,78} = 1,92 \text{ м/м}^2$$

где $d = 1500 \text{ мм}$;

Действительная скорость фильтрования, м/ч:

$$\omega_{\text{д}} = \frac{Q_{\text{ВПУ}}}{f \cdot n} = \frac{31,25}{0,78 \cdot 4} = 10 \text{ м/ч}$$

Выберем тип загруженного материала: активированный уголь

Определяем для стандартного фильтра

$$h_{\text{сл}} = 1,0 \text{ м}$$

Находим продолжительность фильтроцикла, ч:

$$\begin{aligned} T + \tau_{\Sigma} &= \frac{1000 \cdot f \cdot h_{\text{сл}} \cdot \Gamma \cdot n}{Q_{\text{ВПУ}} \cdot C_{\text{В}}} = \\ &= \frac{1000 \cdot 0,78 \cdot 1,5 \cdot 4}{31,25 \cdot 6} = 24,9 \text{ ч} \end{aligned}$$

где f, h, Γ – общая грязеемкость фильтров, кг; $\Gamma = 1,5 \text{ кг/м}^3$ – удельная грязеемкость фильтрующего материала (с коагуляцией); $C_{\text{В}} = 5,6 \text{ мг/кг}$ – концентрация взвешенных веществ в воде, поступающей на фильтры.

Суточное число регенераций всех фильтров, рег./сут:

$$m = \frac{24 \cdot n}{T + \tau_{\Sigma}} = \frac{24 \cdot 4}{24,9} = 3,86 \text{ рег./сут}$$

Удельный расход воды на взрыхление фильтра:

$$i = 12 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2)$$

Время взрыхления фильтра:

$$\tau_{\text{взр}} = 15 \text{ мин}$$

Расход воды на взрыхление, м^3 :

$$V_{\text{взр}} = \frac{f \cdot i \cdot \tau_{\text{взр}} \cdot 60}{1000} = \frac{0,78 \cdot 12 \cdot 15 \cdot 60}{1000} = 8,42 \text{ м}^3$$

Удельный расход воды на отмывку

$$a = 1 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Расход воды на отмывку, м^3 :

$$V_{\text{отм}} = f \cdot h_{\text{сл}} \cdot a = 0,78 \cdot 1 \cdot 1 = 0,78 \text{ м}^3$$

Суммарный расход воды на регенерацию, м^3 :

$$V_{\Sigma} = V_{\text{взр}} + V_{\text{отм}} = 8,42 + 0,78 = 9,2 \text{ м}^3$$

Часовой расход воды на собственные нужды, $\text{м}^3/\text{ч}$:

$$q_{\text{стз}}^{\text{с.н}} = \frac{V_{\Sigma} \cdot m}{24} = \frac{9,2 \cdot 3,86}{24} = 1,48 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Скорость отмывки

$$\omega_{\text{отм}} = 8 \text{ м/ч}$$

Время отмывки, мин:

$$\tau_{\text{отм}} = \frac{V_{\text{отм}} \cdot 60}{f \cdot \omega_{\text{отм}}} = \frac{0,78 \cdot 60}{0,78 \cdot 8} = 7,5 \text{ мин}$$

Суммарное время регенерации фильтра, мин:

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{\text{взр}} + \tau_{\text{отм}} = 15 + 7,5 = 22,5 \text{ мин}$$

Данная технология водоподготовки внедрена для очистки сточной воды г. Волоколамск Московской области и выполнена в контейнерном исполнении, компаниями ООО НВФ «ТИМИС», ООО «НТПО ОСМО» по результатам исследований Химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, при участии ЗАО «ДАР/ВОДГЕО», ФГУП «НИИ ВОДГЕО».

2.5 Средства индивидуальной защиты

Средства индивидуальной защиты на предприятии, получаемые сотрудником, должны соответствовать его росту, размеру и, что немаловажно, виду выполняемого задания.

Приспособления для повышения безопасности делятся на:

- изолирующие костюмы;
- СИЗ органов дыхания;
- специальная защитная одежда;
- СИЗ ног и рук;
- СИЗ головы, глаз, лица, органов слуха;
- дерматологические сиз;
- комплексные сиз.

Пневмокостюмы, гидроизолирующие костюмы и скафандры относят к разделу защитных изолирующих костюмов. Пневмокостюмы служат для применения при стандартном атмосферном давлении, защищая человека от влияния внешних факторов. Гидроизолирующие костюмы и скафандры используются для работы при сверхнизких и сверхвысоких температурах, под водой.

Любые приспособления, носимые на лице человека для его безопасности, относят к СИЗ органов дыхания. К ним относят противогазы, маски, респираторы. Их подбор зависит от внешних причин, а при выборе полагается учитывать степень загрязнения помещения, природу опасности, состав химических средств, их характеристики.

Спецодежда (комбинезон, халат, костюм, бельё, фартуки) обеспечивает защиту от негативных факторов на предприятии. Чтобы одежда была комфортной и максимально защищала, ее в основном изготавливают из лёгких сорочечных тканей с полиэфирным составом волокна.

Защита ног и рук обеспечивается посредством ношения сапог, бот, ботинок, полусапог, галош, щитков, нарукавников, рукавиц, перчаток. Обувь должна способствовать защите от ударов, не быть скользкой, защищать от высоких и низких температур, влаги, опасных факторов и тока. Помимо этого она должна быть комфортной, надёжной и подходить по размеру стопы.

СИЗ головы делятся на каски, косынки, шлемы, шапки, которые защищают от повреждений. Очки являются методом защиты глаз, для защиты лица используют лицевые щитки, для органов слуха используют наушники или противошумные шлемы.

В качестве защиты кожи используют, как правило, крема и очистители. Они относятся к дерматологическим защитным средствам. Чтобы защитить человека сразу от ряда опасных факторов, существуют комплексные СИЗ. К

таким относятся фартуки, они должны являться плотными и влагоустойчивыми, также быть стойкими к различным видам загрязнений.

2.6. Охрана окружающей среды

Для организации постоянной работы по охране окружающей среды и выполнения соответствующих нормативных требований на крупных предприятиях создаются экологические службы (отделы). На средних и мелких предприятиях соответствующая работа возлагается на эколога (инженера по охране окружающей среды).

Экологическая служба предприятия должна решать следующие вопросы:

- поддерживать контроль за соблюдением в подразделениях предприятия экологического законодательства, инструкций, стандартов и нормативов по охране окружающей среды,
- разрабатывать проекты перспективных и текущих планов по охране окружающей среды,
- контролировать выполнение планов по охране окружающей среды,
- участвовать (в качестве представителя предприятия) в проведении экологической экспертизы технико-экономических обоснований, проектов расширения и реконструкции действующих производств, а также создаваемых новых технологий и оборудования, разработке мероприятий по внедрению новой техники,
- участвовать в проведении научно исследовательских и опытных работ по очистке промышленных сточных вод, предотвращению загрязнения окружающей среды выбросами вредных веществ в атмосферу, уменьшению или полной ликвидации технологических отходов, рациональному использованию земельных и водных ресурсов,

- контролировать соблюдение технологических режимов природоохранных объектов,
- контролировать состояние окружающей среды в районе расположения предприятия,
- составлять технологические регламенты, графики аналитического контроля, паспорта, инструкции и другую техническую документацию,
- проверять соответствие технического состояния оборудования требованиям охраны окружающей среды и рационального природопользования,
- вести в установленном порядке отчетность о выполнении мероприятий по охране окружающей среды.

В том случае, если предприятие работает в рамках стандартов серии ИСО 14000, экологическая служба поддерживает и сопровождает работу на предприятии по обеспечению требований этих стандартов.

2.7 Разработка инструкции по охране труда при обслуживании очистных сооружений

«СОГЛАСОВАНО»

Председатель профкома

_____/_____/

« ____ » _____ 2019г

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор

_____/_____/

« ____ » _____ 2019г

Инструкция

по охране труда для оператора очистных сооружений

1. Общие требования по охране труда

1.1 К работе в должности оператора очистных сооружений могут быть допущены рабочие в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие медицинскую комиссию, обучение и инструктаж по технике безопасности.

1.2 До назначения на самостоятельную работу оператор должен закончить обучение и пройти проверку знаний в комиссии по правилам электробезопасности с присвоением ему первой группы.

1.3 Оператор очистных сооружений должен знать: правила эксплуатации очистных сооружений; техническую схему очистки воды; устройство и принцип работы оборудования; назначение и места установки арматуры, оборудования; правила оказания 1-й медицинской помощи при несчастных случаях.

1.4 Оператор несет ответственность за:

- надежную и безаварийную работу очистных сооружений, сохранность оборудования, инструментов, приборов;

- выполнение правил технической эксплуатации, правил техники безопасности и противопожарной безопасности;

- содержание очистных сооружений и своего рабочего места в надлежащем санитарном состоянии;

- соблюдение и выполнение правил внутреннего трудового распорядка.

Оператор обязан: вести правильный режим очистных сооружений; не реже 1-го раза в час производить обход и осмотр всего оборудования очистных сооружений; производить замеры и записывать в журнале результаты анализов и показаний.

В период своего дежурства оператор очистных сооружений имеет право требовать от руководства: обеспечения участка очистных сооружений КИП, инструментом, приспособлениями, инвентарем, оперативными журналами и другими средствами, необходимыми для нормальной и безопасной работы; требовать от руководства участка своевременного устранения дефектов оборудования, возникающих в процессе работы;

ставить в известность руководство предприятия о всех нарушениях нормальной работы установки в любое время суток; обеспечением спец. одеждой и защитными средствами согласно существующих норм.

2. Требования охраны труда перед началом работы

2.1. Оператору очистных сооружений перед началом работы следует надеть спецодежду, проверить наличие и исправность средств индивидуальной защиты (например, респиратора и т.п.), медицинской аптечки для оказания первой помощи.

2.2. Спецодежда должна быть соответствующего размера, чистой и не стеснять движений.

2.3. Перед началом работы нужно убедиться в достаточности освещения рабочей зоны.

2.4. Прежде чем приступать к работе следует проверить состояние рабочей зоны; при необходимости, следует навести чистоту, порядок и обеспечить наличие свободных проходов.

2.5. Перед началом работы оператор должен осмотреть инструмент и убедиться в его полной исправности.

2.6. Оператор не должен приступать к работе, если у него имеются сомнения в обеспечении безопасности при выполнении предстоящей работы.

3. Требования безопасности во время работы.

3.1 Оператор очистных сооружений во время работы следит за: исправностью перекрытий сооружений, проходов, ограждений, крышек колодцев; исправностью и наличием приспособлений, инструментов, защитных средств, необходимых при обслуживании очистных сооружений; равномерным распределением по отдельным секциям сточной воды и воздуха, в случае нарушения равномерности самостоятельно (или с помощью мастера) отрегулировать подачу воды и воздуха путем открытия или

прикрытия соответствующего регулирующего механизма (задвижки, шибера); концентрацией активного ила в аэротенках; качеством поступающих стоков (при наличии масляных пятен, обильной пены срочно информировать мастера); чистотой и смазкой механических частей аэротенков; чистотой лотков, бортов впускных и выпускных водосливов по ходу движения сточных вод от решетки до выпуска; чистотой территории (выкашивать растительность, расчищать тропинки).

3.2 Рабочим местом оператора очистных сооружений является все помещение, в котором расположено оборудование и коммуникации, необходимые для очистки сточных вод, также прилегающая территория.

4. Меры безопасности по окончании работы.

4.1 Привести в порядок рабочее место, сделать необходимые записи в сменный журнал,

4.2 Внести запись о неполадках при работе оборудования

4.3 Принять душ.

5. Требования безопасности в аварийных ситуациях.

5.1 В случае возникновения загорания в помещении очистных сооружений принять меры к его ликвидации первичными средствами пожаротушения, вызвать пожарную охрану, поставить в известность руководство.

5.2 При тяжелых механических травмах пострадавшего положить в безопасное место, придать ему удобное и спокойное положение и вызвать скорую медицинскую помощь (поставить в известность руководителя работ).

5.3 При поражении электрическим током в первую очередь освободить пострадавшего от действия электрического тока. Если пострадавший потерял сознание, но дышит, его необходимо уложить в удобную позу, расстегнуть

ворот, дать свежий воздух. Если дыхание отсутствует, пульс не прощупывается, пострадавшему нужно немедленно начать делать искусственное дыхание, желательно по методу "рот в рот" до прибытия врача.

2.8 Обеспечение пожаро- и взрывобезопасности объекта

Пожарная безопасность объекта согласно ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность» должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Опасные факторы пожара, воздействующие на людей и материальные ценности в данном проекте (по ГОСТ 12.1.004-91): токсические продукты горения температурного разложения (газообразный хлор); электрический ток, вышедший в результате выноса высокого напряжения на теплопроводящие части конструкций. Объект строительства запроектирован в соответствии с требованиями ДБН В 1.1-7-2002 «Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства».

Объект проектирования по взрывоопасности имеет категорию Д (негорючие вещества и материалы в холодном состоянии) и вторая степень огнестойкости (ОНТП 24-86).

2.9 Физическая культура на производстве

Гимнастика представляет собой комплекс индивидуально разработанных упражнений, направленных как на развитие физической силы, так и на гибкость, пластичность и т.д. Также гимнастика помогает в совершенствовании двигательных способностей и оздоровлении всего организма.

Доказано, что физические упражнения нужно выполнять до нескольких раз в день, поэтому можно проводить специальную гимнастику для

сотрудников предприятия: в начале рабочего дня выполняются несложные упражнения для того, чтобы настроить организм на предстоящий труд (вводная гимнастика), а затем до или после обеденного перерыва, на некоторых крупных предприятиях, начинается комплекс несложных физических занятий. Эти упражнения снимают утомляемость и способствуют высокой работоспособности.

В практике установились две формы производственной гимнастики: вводная гимнастика (подготавливает человека к рабочему дню); физкультурные паузы (активный отдых).

В комплекс вводной гимнастики обычно включают следующие компоненты:

- 1) Ходьба;
- 2) Упражнения на поддержание с глубоким дыханием;
- 3) Упражнения для мышц туловища и плечевого пояса (наклоны, повороты туловища с большой амплитудой и активными движениями рук);
- 4) Упражнения на растягивание мышц ног, а также упражнения общего воздействия (полу шпагаты, приседания, бег на месте, подскоки);

Комплекс физкультурной паузы составляется, как правило, из следующих упражнений:

- 1) Упражнения махового характера для различных мышечных групп;
- 2) Приседания, прыжки, бег, переходящий в ходьбу;
- 3) Упражнения на точность и координацию движений.

Физкультурная минутка относится к малым формам активного отдыха. Это индивидуальная форма кратковременной физкультурной паузы для локального воздействия на утомленную группу мышц. Она состоит из 2-3 упражнений и проводится в течение рабочего дня несколько раз по несколько минут непосредственно на рабочем месте.

3 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЯЕМЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

3.1 Оценка эффективности внедрения флотационной установки

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 09.12.2017) «О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах» рассчитаем размер платы до модернизации:

Таблица 3.1 – Расчёт платы до модернизации

№	Вид загрязняющих веществ	Сброс ЗВ, т/год	Ставка платы, за сброс руб./т	Плата за сбросы (тыс. руб.)
1	Взвешенные вещества	628,4205	977,2	614,093
2	Сухой остаток	39034,18	0,5	19,517
3	Аммоний-ион	10,8405	1190,2	12,902
4	Нитрит-ион	13,14	7439	97,748
5	Нитрат-ион	6,57	14,9	0,098
6	БПКПОЛН	549,7448	243	133,588
7	Хлорид-ион	897,2978	2,4	2,154
8	Сульфат-ион	688,8645	6	4,133
9	Фосфат-ион	121,3808	3679,3	446,596
	Железо общее	98,55	5950,8	586,451
	Нефтепродукты	26,28	14711,7	386,623
	АПАВ	8,37675	1192,3	9,988
	Фенол	16,425	735534,3	12081,151
Итого				14395,042

Стоимость строительства станции очистки (в ценах 2000 г.)

- стоимость СМР – 2393 тыс. руб.
- стоимость оборудования – 671 тыс. руб.

Стоимость строительства станции (в ценах 2018 г.)

$$K = C_{\text{смр}} \cdot 9,61 \cdot 1,2 + C_{\text{оборуд}} \cdot 10,41 \cdot 1,2$$

$$K = 2393 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 671 \cdot 10,41 \cdot 1,2 = 35978,2 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты включают:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{аморт}} + \mathcal{E}_{\text{пр}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{зп}}$ – затраты на оплату рабочего персонала; $\mathcal{E}_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии; $\mathcal{E}_{\text{аморт}}$ – амортизационные отчисления; $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – прочие непредвиденные расходы.

Амортизационные отчисления:

$$\mathcal{E}_{\text{аморт}} = 6\% \cdot C_{\text{смр}} + 12\% \cdot C_{\text{обор}}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{аморт}} &= 0,06 \cdot 2393 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 0,12 \cdot 671 \cdot 10,41 \cdot 1,2 = \\ &= 2661,6 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

Стоимость электроэнергии принимаем по пособию к СП 42.13330.2016 для рассматриваемого типа станции очистки.

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = 295,36 \text{ тыс.руб/год}$$

Определяем годовые затраты на заработную плату $\mathcal{E}_{\text{зп}}$

Таблица 3.2 – Заработная плата обслуживающего персонала

Кат. раб.	Кол-во чел.	Годовой расход		Допол. зарплата, руб.	Отчисления, тыс.	Всего, тыс. руб.
		на 1 чел.	общий			
ИТР	1	280000	280000	14000	123480	417
Рабочие	2	196000	392000	19600	172872	584
Итого						1001

Таблица 3.3 – Эксплуатационные затраты

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма затрат, тыс.руб.
1	Заработная плата	1001
2	Электроэнергия	295,36
3	Амортизационные отчисления	2661,6
4	Прочие затраты	77,7816
Итого		4036

Прочие затраты составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 6\% \cdot (\mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}}) =$$

$$= 0,06 \cdot (1001 + 295,36) = 77,7816 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$\mathcal{E} = 1001 + 295,36 + 2661,6 + 77,7816 = 4036 \text{ тыс.руб.}$$

Рассчитаем плату за сброс после модернизации. Согласно работе Ланге Л.Р. Опыт обследования и оптимизации работы водопроводных очистных сооружений // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 1. – С. 101-105 эффективность очистки сточных вод флотационными установки составляет в среднем 85%.

Таблица 3.4 – Расчёт платы после модернизации

№	Вид загрязняющих веществ	Сброс ЗВ, т/год	Ставка платы, за сброс руб./т	Плата за сбросы (тыс. руб.)
1	Взвешенные вещества	94,26308	977,2	92,114
2	Сухой остаток	5855,127	0,5	2,928
3	Аммоний-ион	1,626075	1190,2	1,935
4	Нитрит-ион	1,971	7439	14,662

5	Нитрат-ион	0,9855	14,9	0,015
6	БПКПОЛН	82,46171	243	20,038
7	Хлорид-ион	134,5947	2,4	0,323
8	Сульфат-ион	103,3297	6	0,620
9	Фосфат-ион	18,20711	3679,3	66,989
	Железо общее	14,7825	5950,8	87,968
	Нефтепродукты	3,942	14711,7	57,994
	АПАВ	1,256513	1192,3	1,498
	Фенол	2,46375	735534,3	1812,173
Итого				2159,257

После модернизации платы за сбросы составят 2159,257 тыс. руб. в год.

Экономическая эффективность внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_3 = \Pi_{\text{до}} - \Pi_{\text{после}} =$$

$$= 14395,042 - 2159,257 = 12235,785 \text{ тыс.руб.}$$

Экономический эффект внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_3 - \mathcal{E} = 12235,785 - 4036 = 8200 \text{ тыс.руб}$$

Срок окупаемости предложенного мероприятия:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_Г} = \frac{35978,2}{8200} = 4,4 \text{ лет}$$

3.2 Оценка эффективности внедрения камеры хлопьеобразования

Стоимость строительства станции очистки (в ценах 2000 г.)

- стоимость СМР – 2790 тыс. руб.
- стоимость оборудования – 578 тыс. руб.

Стоимость строительства станции (в ценах 2018 г.)

$$K = C_{\text{смр}} \cdot 9,61 \cdot 1,2 + C_{\text{оборуд}} \cdot 10,41 \cdot 1,2$$

$$K = 2790 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 578 \cdot 10,41 \cdot 1,2 = 39394,7 \text{ тыс.руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты включают:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{аморт}} + \mathcal{E}_{\text{пр}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{зп}}$ – затраты на оплату рабочего персонала; $\mathcal{E}_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии; $\mathcal{E}_{\text{аморт}}$ – амортизационные отчисления; $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – прочие непредвиденные расходы.

Амортизационные отчисления:

$$\mathcal{E}_{\text{аморт}} = 6\% \cdot C_{\text{смр}} + 12\% \cdot C_{\text{обор}}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{аморт}} &= 0,06 \cdot 2790 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 0,12 \cdot 578 \cdot 10,41 \cdot 1,2 = \\ &= 2796,9 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

Стоимость электроэнергии принимаем по пособию к СП 42.13330.2016 для рассматриваемого типа станции очистки.

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = 395,36 \text{ тыс.руб/год}$$

Определяем годовые затраты на заработную плату $\mathcal{E}_{\text{зп}}$

Таблица 3.5 – Заработная плата обслуживающего персонала

Категория работника	Кол-во чел.	Годовой расход		Допол. зарплата, руб.	Отчисления, тыс.	Всего, тыс. руб.
		на 1 чел.	общий			
ИТР	1	280000	280000	14000	123480	417
Рабочие	2	196000	392000	19600	172872	584
Итого						1001

Таблица 3.6 – Эксплуатационные затраты

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма затрат, тыс.руб.
1	Заработная плата	1001

2	Электроэнергия	395,36
3	Амортизационные отчисления	2796,9
4	Прочие затраты	83,7816
Итого		4277

Прочие затраты составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 6\% \cdot (\mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}}) =$$

$$= 0,06 \cdot (1001 + 395,36) = 83,7816 \text{ тыс.руб.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$\mathcal{E} = 1001 + 395,36 + 2796,9 + 83,7816 = 4277 \text{ тыс.руб.}$$

Рассчитаем плату за сброс после модернизации. Согласно работе Ланге Л.Р. Опыт обследования и оптимизации работы водопроводных очистных сооружений // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 1. – С. 101-105 эффективность очистки сточных вод камерой хлопьеобразования составляет в среднем 80%.

Таблица 3.7 – Расчёт платы после модернизации

№	Вид загрязняющих веществ	Сброс ЗВ, т/год	Ставка платы, за сброс руб./т	Плата за сбросы (тыс. руб.)
1	Взвешенные вещества	125,6841	977,2	122,819
2	Сухой остаток	7806,83535	0,5	3,903
3	Аммоний-ион	2,1681	1190,2	2,580
4	Нитрит-ион	2,628	7439	19,550
5	Нитрат-ион	1,314	14,9	0,020

6	БПКПОЛН	109,94895	243	26,718
7	Хлорид-ион	179,45955	2,4	0,431
8	Сульфат-ион	137,7729	6	0,827
9	Фосфат-ион	24,27615	3679,3	89,319
	Железо общее	19,71	5950,8	117,290
	Нефтепродукты	5,256	14711,7	77,325
	АПАВ	1,67535	1192,3	1,998
	Фенол	3,285	735534,3	2416,230
Итого				2879,010

После модернизации платы за сбросы составят 2879,010 тыс. руб. в год.

Экономическая эффективность внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_3 = \Pi_{\text{до}} - \Pi_{\text{после}} =$$

$$= 14395,042 - 2879,010 = 11516,032 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{E}_3 - \mathcal{E} = 11516,032 - 4277 = 7239 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости предложенного мероприятия:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_Г} = \frac{39394,7}{7239} = 5,4 \text{ лет}$$

3.3 Оценка эффективности внедрения сорбционного фильтра

Стоимость строительства станции очистки (в ценах 2000 г.)

- стоимость СМР – 1790 тыс. руб.
- стоимость оборудования – 378 тыс. руб.

Стоимость строительства станции (в ценах 2018 г.)

$$K = C_{\text{смр}} \cdot 9,61 \cdot 1,2 + C_{\text{оборуд}} \cdot 10,41 \cdot 1,2$$

$$K = 1790 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 378 \cdot 10,41 \cdot 1,2 = 25364,3 \text{ тыс. руб.}$$

Годовые эксплуатационные затраты включают:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{аморт}} + \mathcal{E}_{\text{пр}}$$

где $\mathcal{E}_{\text{зп}}$ – затраты на оплату рабочего персонала; $\mathcal{E}_{\text{эл}}$ – стоимость электроэнергии; $\mathcal{E}_{\text{аморт}}$ – амортизационные отчисления; $\mathcal{E}_{\text{пр}}$ – прочие непредвиденные расходы.

Амортизационные отчисления:

$$\mathcal{E}_{\text{аморт}} = 6\% \cdot C_{\text{смр}} + 12\% \cdot C_{\text{обор}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{аморт}} = 0,06 \cdot 1790 \cdot 9,61 \cdot 1,2 + 0,12 \cdot 378 \cdot 10,41 \cdot 1,2 =$$

$$= 1805,2 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимость электроэнергии принимаем по пособию к СП 42.13330.2016 для рассматриваемого типа станции очистки.

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = 55,36 \text{ тыс. руб/год}$$

Определяем годовые затраты на заработную плату $\mathcal{E}_{\text{зп}}$

Таблица 3.8 – Заработная плата обслуживающего персонала

Категория работника	Кол-во чел.	Годовой расход		Допол. зарплата, руб.	Отчисления, тыс.	Всего, тыс. руб.
		на 1 чел.	общий			
ИТР	1	280000	280000	14000	123480	417
Рабочие	2	196000	392000	19600	172872	584
Итого						1001

Таблица 3.9 – Эксплуатационные затраты

№ п/п	Наименование статьи расходов	Сумма затрат, тыс.руб.
1	Заработная плата	1001

2	Электроэнергия	55,36
3	Амортизационные отчисления	1805,2
4	Прочие затраты	63,3816
Итого		2925

Прочие затраты составляют:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 6\% \cdot (\mathcal{E}_{\text{зп}} + \mathcal{E}_{\text{эл}}) =$$

$$= 0,06 \cdot (1001 + 55,36) = 63,3816 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, годовые эксплуатационные затраты составят:

$$\mathcal{E} = 1001 + 55,36 + 1805,2 + 63,3816 = 2925 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем плату за сброс после модернизации. Согласно работе Ланге Л.Р. Опыт обследования и оптимизации работы водопроводных очистных сооружений // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 1. – С. 101-105 эффективность очистки сточных вод сорбционными фильтрами составляет в среднем 75%.

Таблица 3.10 – Расчёт платы после модернизации

№	Вид загрязняющих веществ	Сброс ЗВ, т/год	Ставка платы, за сброс руб./т	Плата за сбросы (тыс. руб.)
1	Взвешенные вещества	157,105125	977,2	153,523
2	Сухой остаток	9758,544188	0,5	4,879
3	Аммоний-ион	2,710125	1190,2	3,226
4	Нитрит-ион	3,285	7439	24,437
5	Нитрат-ион	1,6425	14,9	0,024
6	БПКПОЛН	137,4361875	243	33,397

7	Хлорид-ион	224,3244375	2,4	0,538
8	Сульфат-ион	172,216125	6	1,033
9	Фосфат-ион	30,3451875	3679,3	111,649
	Железо общее	24,6375	5950,8	146,613
	Нефтепродукты	6,57	14711,7	96,656
	АПАВ	2,0941875	1192,3	2,497
	Фенол	4,10625	735534,3	3020,288
Итого				3598,760

После модернизации платы за сбросы составят 3598,760 тыс. руб. в год.

Экономическая эффективность внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_3 = \Pi_{\text{до}} - \Pi_{\text{после}} =$$

$$= 14395,042 - 3598,760 = 10796,282 \text{ тыс. руб.}$$

Экономический эффект внедряемого мероприятия:

$$\mathcal{E}_r = \mathcal{E}_3 - \mathcal{E} = 10796,282 - 2925 = 7871 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости предложенного мероприятия:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_r} = \frac{25364,3}{7871} = 3,2 \text{ лет}$$

Проведем анализ экономических показателей трех рассмотренных мероприятий:

Таблица 3.11 – Анализ экономических показателей

Показатель	Внедряемое оборудование		
	Флотационная установка	Камеры хлопьеобразования	Сорбционный фильтр
Капиталовложения, тыс. руб.	35978,2	39394,7	25364,3

Годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.	2661,6	2477	2925
Экономическая эффективность, тыс. руб.	12235,785	11516,03	10796,282
Экономический эффект, тыс. руб.	8200	7239	7871
Срок окупаемость, год	4,4	5,4	3,2

Экономическое сравнение показывает, что наименьший срок окупаемости у мероприятия по внедрению сорбционных фильтров. Принимаем данное мероприятие для модернизации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемое усовершенствование технологии очистки сточных вод на предприятии ООО «ЧЕЛНЫВОДОКАНАЛ» города Набережные Челны представляется рентабельным для внедрения в технологический цикл. Это подтверждается экономическими обоснованиями реализации разработанной технологической схемы. Капитальные затраты на реализацию составляют 25364,3 тыс. рублей, так как внедрение требует реконструкции существующей технологической схемы, эксплуатационные затраты 2925 тыс. руб/год.

В ходе работы провели расчет основного оборудования для очистки городских сточных вод, составили технологическую схему очистки воды и обработки образовавшегося осадка.

Были учтены и предупреждены все возможные последствия воздействия сточных вод на окружающую среду, то есть механическая, биологическая очистка воды, обеззараживание воды, а также утилизация отходов от производства очистных сооружений.

В результате прохождения воды через предложенные аппараты, она очищается до заданных параметров, и ее можно сбрасывать в водоем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., С.К. Колобанов. Канализация. – М.: Стройиздат 1976, – 630с.
2. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод. Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2003. – 152с.
3. Гудков А.Г. Биологическая очистка городских сточных вод. Учебное пособие: – ВоГТУ, 2002. – 127с.
4. СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения.
5. К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М.: Химия, 1987. – 552с.
6. Бобков А.С. Охрана труда и экологическая безопасность в химической промышленности. - М.: Химия, 1997
7. ГН 2.2.5.1313-03 «Гигиенические нормативы. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
8. Э.С. Разумовский, Г.Л. Мезрин, В.А. Казарян - Очистка и обеззараживания сточных вод малых населенных пунктов - М.: Стройиздат, 1978.
9. Ласков Ю.М. Примеры расчета канализационных сооружений - М.: Стройиздат.
10. Канализация населенных мест и промышленных. Справочник проектировщика - М.: Стройиздат, 1981.
11. Эксплуатация систем водоснабжения, канализации и газоснабжения. Справочник. - М.: Стройиздат 1988.
12. Душкин С.С, Куликов И.И, Дрозд Г.Я. Эксплуатация водоотводящей сети. - Х.: ХГАГХ, 1999.
13. Душкин С.С, Краев И.О. Эксплуатация сетей водоснабжения и канализации. - К.: ИСДО, 1993.