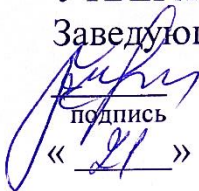


Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
«Инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

подпись Т.А. Кулагина
« 21 » 06 2017 г.
инициалы, фамилия

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

20.03.01 «Техносферная безопасность»
код и наименование специальности

ОПТИМИЗАЦИЯ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ХОЗЯЙСТВЕННО-БЫТОВЫХ ВОД
Тема

Пояснительная записка

Руководитель


подпись, дата К.т.н., доцент
должность, ученая степень

И.В. Андруняк
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата

М.А. Шкловец
инициалы, фамилия

Нормативно-пра-
вовая база


подпись, дата К.т.н., доцент
должность, ученая степень

С.В. Комонов
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата К.т.н., доцент
должность, ученая степень

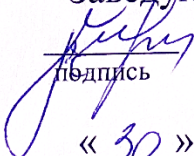
С.В. Комонов
инициалы, фамилия

Красноярск 2017

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
«Инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись Т.А. Кулагина
инициалы, фамилия

«30» 05 2017 г.

ЗАДАНИЕ

НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

в форме бакалаврской работы

Студенту Шкловец Маргарите Александровне

фамилия, имя, отчество

Группа ФЭ13 - 10Б Направление (специальность) 20.03.01
номер код

«Техносферная безопасность»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: «Оптимизация схемы очистки хозяйственно-бытовых вод».

Утверждена приказом по университету № 17235/с от 16.12.2016 г.

Руководитель ВКР И.В. Андруняк, к.т.н., доцент ПИ СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР:

- технический регламент схемы очистки сточных вод на ПОС;
- технологическая схема очистки сточных вод на ПОС;
- учебная литература;
- справочная литература;
- методические пособия;
- нормативно-правовая база.

Перечень разделов ВКР:

1. Общие сведения о предприятии.
2. Технологическая схема очистки сточных вод на ПОС.
3. Исходные данные и технологическая часть.
4. Оптимизация схемы очистки сточных вод.
5. Нормативно-правовое обеспечение.

Перечень графического материала:

- 1 лист – План-схема расположения предприятия.
- 2 лист – Технологическая схема очистки сточных вод.

- 3 лист – Зона процесса ацидофикации в первичном отстойнике.
- 4 лист – Система аэрации в аэротенке.
- 5 лист – Фильтр доочистки.
- 6 лист – Эффективность принятых мероприятий.

Руководитель ВКР



подпись

И.В. Андруняк
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению



подпись

М.А. Шкловец
инициалы и фамилия студента

« 05 » июня 2017 г

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

Сроки выполнения	Наименование и содержание этапа
05.06-09.06.2017	Сбор и анализ исходной документации и литературы, постановка основной задачи
10.06-17.06.2017	Освоение расчетных методик и программ, выполнение расчетов
18.06-20.06.2017	Оформление результатов, составление выводов
21.06-24.06.2017	Работа над нормативно-правовой базой, оформление расчетно-пояснительной записки
25.06-27.06.2017	Графическое оформление чертежей, оформление прочей документации и доклада

Руководитель ВКР

подпись

И.В. Андруняк

инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

М.А. Шкловец

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
институт
«Инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности»
кафедра

ОТЗЫВ

руководителя о дипломном проекте
студента факультета энергетики
группы ФЭ13-10Б
Шкловец Маргарита Александровна

Бакалаврская работа на тему «Оптимизация схемы очистки хозяйственно-бытовых вод» выполнена по заданию кафедры «Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности» СФУ ПИ, утвержденная приказом по университету № 17235/с от 16.12.2016г.

В результате выполнения бакалаврской работы была рассмотрена существующая схема очистки хозяйственно-бытовых вод и, с учётом анализа эффективности сооружений каждой стадии, была разработана оптимизация этой схема очистки сточных вод, также был произведен расчет каждого предлагаемого мероприятия.

Представлена нормативно-правовая база.

Замечаний нет.

В целом работа заслуживает оценки «отлично».

Руководитель


подпись, дата

И.В. Андруняк
инициалы, фамилия

АННОТАЦИЯ
к выпускной квалификационной работе
на тему: Оптимизация схемы очистки хозяйственно-бытовых вод

Выпускная квалификационная работа выполнена на 89 страницах, включает 17 таблиц, 73 формулы, 11 иллюстраций, 50 литературных источников.

Объектом исследования является правобережные очистные сооружения г. Красноярска.

Целью работы является разработка решений, позволяющих повысить эффективность очистки сточных вод.

В бакалаврскую работу входит введение, 5 глав, заключение.

Во введении раскрывается актуальность выпускной квалификационной работы по выбранному направлению, ставится проблема, цель и задачи.

В первой главе представлены общие сведения о предприятии.

Во второй главе дано описание технологической схемы очистки сточных вод на ПОС.

В третьей главе указаны основные исходные данные для расчета предлагаемых мероприятий и приведен расчёт концентраций загрязнений, содержащихся в сточных водах, необходимой степени очистки сточных вод, оценка качества воды для водоемов рыбохозяйственного назначения по обобщенным гидрохимическим показателям ЛПВ.

В четвертой главе приведен расчёт предлагаемых мероприятий для оптимизации схемы очистки сточных вод.

В пятой главе представлена нормативно-правовое обеспечение.

В заключении сформулированы выводы по выпускной квалификационной работе.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Оптимизация схемы очистки хозяйственно-бытовых вод» содержит 77 страницы текстового документа, 2 приложения, 50 использованных источников, 7 листов графического материала.

СТОЧНЫЕ ВОДЫ, ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ, МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА, БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА, ОПТИМИЗАЦИЯ, СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ, ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

Объект исследования – правобережные очистные сооружения г. Красноярска.

Целью работы является разработка решений, позволяющих повысить эффективность очистки сточных вод.

В выпускной квалификационной работе была рассмотрена технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на правобережных очистных сооружениях г. Красноярска. Анализ процессов на каждой стадии очистки показал её «слабые» звенья. В выпускной бакалаврской работе предложено оптимизировать стадию механической очистки путем замены механических решеток и песколовков на автоматизированный модуль, а в первичных отстойниках предусмотреть узел ацидификации, на биологической стадии повысить эффективность очистки за счёт использования другой системы аэрации аэротенков-смесителей, так же предложено ввести стадию доочистки сточных вод из-за достаточно большого выноса загрязняющих веществ после биологической очистки. Для каждого предложенного решения произведен расчёт.

Так же в выпускной квалификационной работе составлено нормативно-правовое обеспечение – список документов, правовых, нормативных актов и законов, используемых в данной работе.

В заключении сформулированы выводы по бакалаврской работе: оптимизация существующей схемы очистки хозяйственно-бытовых позволит снизить загрязнение водных объектов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
1. Общие сведения о предприятии	10
1.1 Район расположения ПОС	10
1.2 Климатические характеристики района размещения ПОС	10
1.3 Характеристика приемника сточных вод	12
2. Технологическая схема очистки сточных вод на ПОС	17
3. Исходные данные и технологическая часть	20
3.1 Исходные данные	20
3.2 Концентрация загрязнений, содержащихся в сточной воде	21
3.3 Расчет необходимой степени очистки сточных вод	22
3.4 Оценка качества воды для водоемов рыбохозяйственного назначения по обобщенным гидрохимическим показателям ЛПВ	25
4. Оптимизация схемы очистки сточных вод	29
4.1 Камера гашения напора	29
4.2 Механическая очистка	29
4.2.1. Очистка сточных вод на решетках	29
4.2.2. Очистка сточных вод на песколовках	31
4.2.3. Расчет модуля механической очистки	32
4.2.4. Первичные отстойники	35
4.3 Биологическая очистка	39
4.3.1. Аэротенк-смеситель	39
4.3.2. Расчет загрязнений, поступающих в аэротенки	40
4.3.3. Расчет аэротенка с нитрификацией и денитрификацией аммонийного азота	41
4.3.4. Аэрационная система аэротенка	46
4.3.5. Вторичное отстаивание	48
4.3.6. Расчет вторичных отстойников	49
4.4 Биологическая доочистка	50
4.4.1. Фильтры доочистки	51
4.4.2. Расчет фильтров доочистки	54
4.5 Обеззараживание сточных вод	56
4.5.1. Описание технологической схемы работы УФ станции	57
4.5.2. Механическая очистка кварцевых чехлов	61
4.5.3. Химическая промывка УФ модулей	62
4.6 Обезвоживание осадка	62
4.7 Расчет аварийных иловых площадок	65
4.8 Расчет площадки для компостирования	67
5. Нормативно-правовое обеспечение	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	80
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	81
ПРИЛОЖЕНИЕ А	85
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	89

ВВЕДЕНИЕ

Пресная вода, как природное сырьё, необходимое для нормальной жизнедеятельности людей, является наиболее значимым ресурсом для современной человеческой цивилизации. В процессе использования вода стала изменять свои природные свойства и в ряде случаев может быть и бывает опасной в отношении санитарии как для самих людей, так и для окружающей среды.

С ростом населения и городов, развитием промышленных объектов всё больше и больше увеличивается как потребление чистой воды, так и её загрязнение. Поскольку при таком использовании воды человечеством и учитывая круговорот воды в природе (изъятие чистой – сброс загрязненной) невозможно говорить о полном сохранении водного ресурса в нетронутым чистом состоянии, но можно говорить о создании малоотходных технологических процессов и совершенствовании уже существующих, которые бы снижали образование загрязнителей и их негативное влияние на окружающую среду.

Сброс сточных вод ненадлежащего качества в водоем является одним из основных источников загрязнения окружающей среды, отсюда следует высокая значимость оптимизации существующей схемы очистки сточных вод.

Для решения этой проблемы возникает необходимость в создании новой техники и технологий для схем очистки сточных вод, а также модернизации и оптимизации уже работающих схем очистки, что имеет особое значение, так как обеспечивает необходимую степень защиты окружающей природной среды от загрязнения.

Целью данной выпускной квалификационной работы является оптимизация схемы очистки сточных вод, а именно разработка решений, позволяющих повысить эффективность сооружений очистки сточных вод.

1. Общие сведения о предприятии

Оптимизация схемы очистки сточных вод проводится на примере Правобережных очистных сооружений (ПОС) г. Красноярска. Основной хозяйственной деятельностью предприятия является сбор производственных и хозяйственно-бытовых стоков г. Красноярска и их очистка.

На ПОС отводятся: промышленно-бытовые сточные воды системой напорно-самотечных, уличных, квартальных трубопроводов и канализационных насосных станций.

Очистные сооружения построены в две очереди проектной производительностью – 360 тыс. м³ в сутки. Первая очередь производительностью 167 тыс. м³/сут введена в эксплуатацию в 1970 г. Вторая очередь производительностью 233 тыс. м³/сут введена в эксплуатацию: первый пусковой комплекс производительностью 130 тыс. м³/сут в 1986 г., второй пусковой комплекс производительностью 63 тыс. м³/сут в 1989 г. (в связи с незавершенностью строительства производительность очистных сооружений второй очереди составляет 193 тыс. м³/сут). Средняя фактическая производительность правобережных очистных сооружений за 2015 г. составила – 167,227 тыс. м³/сут.

В настоящее время очистные сооружения первой и второй очереди общей производительностью 360 тыс. м³/сут работают стабильно по схеме полной биологической очистки сточных вод.

1.1 Район расположения ПОС

ПОС расположены в северно-восточной части г. Красноярска в Ленинском районе. Промышленная площадка ПОС расположена в северной части Шумковского гравийного карьера. Расстояние от очистных сооружений до ближайшей жилой застройки ПГТ Берёзовка 1,5 км, расстояние до р. Енисей примерно 2,7 км.

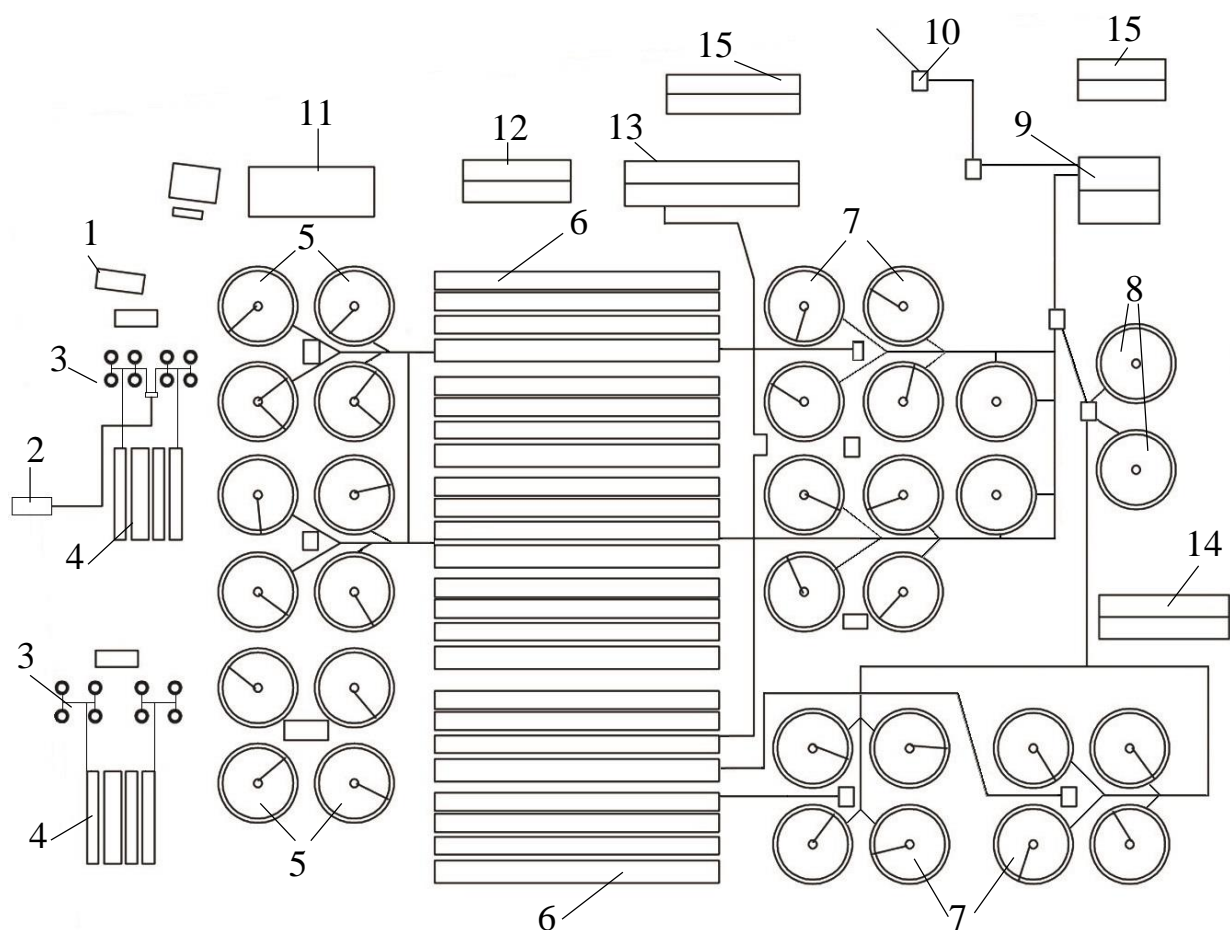
Блок-схема предприятия представлена на рисунке 1.

1.2 Климатические характеристики района размещения ПОС

Район размещения ПОС согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [16] относится к I климатическому району, подрайон В. Климат резко-континентальный, умеренно засушливый, характеризуется резкими перепадами температуры, как в течение суток, так и в течение года, а также продолжительной холодной зимой и коротким жарким летом.

Среднегодовая температура здесь равна +0,8 °С, показатель осадков за весь год не превышает 527 мм.

Средняя температура самого тёплого месяца года – июля – 24,2 °С, максимальная температура в году (в июле) +37 °С. Средняя температура самого холодного месяца года – января – 21 °С. Средняя месячная и годовая температура воздуха представлены в таблице 1.



1 – ГНС №1 и №2; 2 – камера гашения напора; 3 – круговые песколовки; 4 – преаэраторы; 5 – первичные отстойники; 6 – аэротенки-смесители; 7 – вторичные отстойники; 8 – контактные резервуары; 9 – станция УФО; 10 – выпуск сточных вод в водоём; 11 – станция перекачки сырого осадка; 12 – воздуходушная насосная станция; 13 – главная иловая насосная станция; 14 – станция циркулирующего активного ила; 15 – административные и хозяйственные здания.

Рисунок 1 – Блок-схема ПОС

Таблица 1 – Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Месяц												
Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	
-14.0	-15.0	-13.6	-8.5	-1.2	+9.8	+15.7	+19.1	+16.1	+8.5	+1.0	-8.7	

Продолжительность безморозного периода – 97 дней.

Среднегодовое количество осадков составляет – 520 мм, из них 372 мм приходится на тёплый период.

Число дней со снежным покровом – 172 дня. Снежный покров отличается небольшой мощностью. Среднее число дней с сильными ветрами за год – 34 дня. Средняя скорость ветра за год составляет 4,4 м/с. Среднее число дней с метелью за год – 47 дней. Продолжительность снеготаяния – 18 дней.

На территории города преобладают ветра юго-западного и западного направления, в начале зимы и весной они достигают наибольшей силы. Зимой ветра выдувают снег в пониженные элементы рельефа и в колки, обнажая наветренные склоны, а весной они сильно иссушают верхние горизонты почвы.

1.3 Характеристика приемника сточных вод

Очищенные сточные воды от очистных сооружений 3 коллекторами через глубинные выпуски с рассеивающими оголовками, вынесенными в русло реки на 86 м от берега, отводятся в протоку р. Енисей вблизи поселка Березовка.

Р. Енисей – водоем I категории рыбохозяйственного значения, природная граница между Восточной и Западной Сибирью. Берегам реки характерна резкая несимметричность: правый берег выше левого больше чем в 5 раз.

Индекс загрязнённости воды (ИЗВ) – показатель степени загрязненности поверхностных вод, представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных ингредиентов, его рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций. Для оценки качества воды в реках и водоёмах их разделяют по загрязнённости на классы, основанные на интервалах ИЗВ. Классы загрязнённости:

- I. очень чистые ($< 0,25$);
- II. чистые ($0,25-0,75$);
- III. умеренно-загрязнённые ($0,75-1,25$);
- IV. загрязнённые ($1,25-1,75$);
- V. грязные ($1,75-3,00$);
- VI. очень грязные ($3,0-5,0$);
- VII. чрезвычайно грязные ($> 5,0$).

ИЗВ рассчитывается по формуле (1) для следующих веществ: взвешенные вещества, ХПК, БПК₂₀, нитриты (NO₂), фосфаты (PO₄), АПАВ.

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}, \quad (1)$$

где n – число показателей, используемых для расчета индекса, $n = 6$;

C_i – концентрация компонента, мг/л;

ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта, мг/л.

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{14,3}{6} + \frac{66,5}{30} + \frac{12,3}{3} + \frac{1,12}{0,08} + \frac{7,54}{3,5} + \frac{0,086}{0,05} \right) = 4,429$$

По рассчитанной величине ИЗВ р. Енисей относится к VI классу загрязненности – очень грязная.

Контроль качества сточных вод осуществляет аттестованная служба аналитического контроля качества воды и технологическая лаборатория ЦПОС. Очищенные сточные воды контролируются на соответствие с нормами ГН, по индексу ИЗВ, объема допустимого сброса (НДС) по 43 показателям, приведенным в таблице 2. Очистка практически по всем показателям осуществляется в пределах установленных лимитов. Нормативы временного сброса сточных вод согласовываются ежегодно.

Учет количества сточных вод определяется тремя ультразвуковыми расходомерами марки «Взлет РСЛ».

Таблица 2 – Показатели норм допустимого сброса

Месяц	Декада	Наименование	Единицы измерения	Поступающая сточная вода	Осветленная сточная вода		Очищенная сточная вода				Преаэраторы	
					I очередь	II очередь	I очередь	II очередь	смешанный сток (камера №2 (до УФО))	смешанный сток (сборный резервуар (после УФО))	I очереди	II очереди
Январь	19.01.2016г.	pH	ед. pH	7,5	-	-	7,1	7,2	-	7,2	-	-
		Взвешенные вещества	мг/дм ³	136	60,4	67,6	9,3	34	14,3	15,6	160	187
		ХПК	мгО ₂ /дм ³	303	137	162	62,4	88,9	66,5	64,3	-	-
		БПК5	мгО ₂ /дм ³	119	67,6	74,8	5,8	16,5	6,3	6,5	-	-
		БПК20	мгО ₂ /дм ³	164	113	105	8,6	30,2	-	12,3	-	-
		Сульфаты	мг/дм ³	43,6	44,2	44,6	48,1	47	-	48,4	-	-
		Хлориды	мг/дм ³	86,4	87,4	92,6	89,6	93	-	86,3	-	-
		Фенолы	мг/дм ³	0,0069	-	-	0,0011	0,0028	-	0,0011	-	-
		Нефтепродукты	мг/дм ³	1,45	0,65	0,9	<0,02	0,18	0,044	0,053	-	-
		Ион аммония (NH ₄)	мг/дм ³	21,9	20	21,4	1,92	5,08	-	2,81	-	-
		Ион аммония (N)	мг/дм ³	17,1	15,6	16,7	1,5	3,96	-	2,19	-	-
		Нитриты (NO ₂)	мг/дм ³	1,77	0,025	0,026	0,24	3,93	-	1,12	-	-
		Нитриты (N)	мг/дм ³	0,53	0,008	0,008	0,07	1,18	-	0,34	-	-
		Нитраты (NO ₃)	мг/дм ³	8,96	0,57	0,58	93	65,4	-	72,2	-	-
		Нитраты (N)	мг/дм ³	2,02	0,13	0,13	21	14,8	-	16,3	-	-
		Фосфаты (PO ₄)	мг/дм ³	7,66	7,4	7,34	7,74	7,64	-	7,54	-	-
		Фосфаты (P)	мг/дм ³	2,5	2,41	2,39	2,52	2,49	-	2,46	-	-
		Фосфор общ.	мг/дм ³	2,64	-	-	2,21	2,64	-	2,17	-	-
АПАВ	мг/дм ³	2,02	1,8	1,59	0,053	0,091	-	0,086	-	-		

Продолжение таблицы 2

Январь 19.01.2016г.	НПАВ	мг/дм ³	0,57	0,21	0,19	0,079	0,079	-	0,1	-	-
	Железо (раств.)	мг/дм ³	0,16	0,14	0,14	0,036	0,047	0,042	0,038	-	-
	Хром+3 (раств.)	мг/дм ³	<0,001	-	-	<0,001	<0,001	-	<0,001	-	-
	Хром +6	мг/дм ³	<0,005	-	-	<0,001	<0,001	-	<0,001	-	-
	Никель (раств.)	мг/дм ³	0,0013	-	-	0,0016	0,0012	-	0,0012	-	-
	Медь (раств.)	мг/дм ³	0,012	0,014	0,011	0,033	0,017	-	0,0065	-	-
	Цинк (раств.)	мг/дм ³	0,039	0,039	0,037	0,15	0,093	-	0,035	-	-
	Марганец (раств.)	мг/дм ³	0,075	0,094	0,081	0,028	0,07	-	0,029	-	-
	Свинец (раств.)	мг/дм ³	0,0043	0,003	0,003	<0,001	<0,001	-	<0,001	-	-
	Кадмий (раств.)	мг/дм ³	0,00023	0,00036	0,0002	0,002	0,0005 2	-	0,0013	-	-
	Мышьяк (раств.)	мг/дм ³	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	-	<0,005	-	-
	Стронций (раств.)	мг/дм ³	0,27	0,25	0,26	0,25	0,26	-	0,25	-	-
	Алюминий (раств.)	мг/дм ³	0,038	-	-	0,015	0,021	-	0,016	-	-
	Жиры	мг/дм ³	20,9	-	-	0,6	1,2	-	0,6	-	-
	Метанол	мг/дм ³	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	<0,1	-	-
	Формальдегид	см	0,029	0,03	0,026	<0,02	<0,02	-	<0,02	-	-
	Сухой остаток	°С	424	392	400	428	422	-	415	-	-
	Прозрачность	мг/дм ³	2,5	6,5	6	24,5	13,5	-	24,5	-	-
	Температура	балл	16,7	-	-	13,8	14,6	-	14,2	-	-
Раств. кислород	КОЕ в 100мл	-	-	-	7,2	6,6	-	8,1	-	-	
Запах	КОЕ в 100мл	-	-	-	-	-	-	2	-	-	
ОКБ	БОЕ в 100мл	4,9·10 ⁶	-	-	-	-	2,1·10 ⁵	47,1	-	-	
ТКБ	НВЧ КОЕ в 1000мл	3,9·10 ⁶	-	-	-	-	1,4·10 ⁵	11,8	-	-	

Окончание таблицы 2

Январь 19.01.2016г.	Колифаги	экз/V	1,6·10 ³	-	-	-	-	227	не обнаружены	-	-
	Возбудители киш. инф.	экз/V	не обнаружены	-	-	-	-	не обнаружены	не обнаружены	-	-
	Яйца гельминтов (жизнеспособные)	-	5,0/5л (4экз.- широкий лентец; 1экз.- аскарида собачья)	-	-	-	-	не обнаружены в 25л	не обнаружены в 25л	-	-
	Цисты патогенных простейших (жизнеспособные)	-	не обнаружены в 5л	-	-	-	-	не обнаружены в 25л	не обнаружены в 25л	-	-
	Токсичность	-	не оказывает острое токсическое действие	-	-	не оказывает острое токсическое действие	не оказывает острое токсическое действие	-	не оказывает острое токсическое действие	-	-

2. Технологическая схема очистки сточных вод на ПОС

Схема очистки сточных вод на ПОС следующая:

1. Сточные воды правобережной части города поступают на главные насосные станции (ГНС), откуда насосными агрегатами перекачиваются по трубопроводам в камеру гашения напора и далее самостоятельными потоками направляются на механическую очистку I и II очередей, включающую механические решетки, песколовки, преаэраторы и первичные отстойники.

2. Осветленная сточная вода после механической очистки направляется на биологическую очистку в аэротенки-смесители и затем во вторичные радиальные отстойники.

3. Очищенные сточные воды, пройдя полную биологическую очистку, обеззараживаются на станции УФО и далее сбрасываются в естественный канал и в р. Енисей по береговым сосредоточенным выпускам.

4. Сырой осадок из первичных отстойников и избыточный активный ил иловыми насосными станциями перекачиваются на иловые пруды, расположенные в районе д. Няша.

В таблице 3 представлены все сооружения ПОС по блокам очистки.

Таблица 3 – Сооружения ПОС по блокам очистки

Блок очистки	Наименование сооружения/оборудования	Марка	Количество
Блок механической очистки	Решетки I очереди (ГНС-1)	МГ 12Т	3 шт. (техн. №2 _I -2 _{III})
	Решетки II очереди (ГНС-2)	МГ 12Т РКЭ1524	1шт. (техн. №2 _{IV}) 2шт. (техн. №2 _V -№2 _{VI})
	Песколовка горизонтальная с круговым движением воды I очереди	Ø6,0 м Q _{песк.} = 1215 м ³ /час	8шт. (техн. №15 ₁ -15 ₈)
	Песколовка горизонтальная с круговым движением воды II очереди	Ø6,0 м Q _{песк.} = 1215 м ³ /час	8шт. (техн. №15 ₉ -15 ₁₆)
	Преаэратор I очереди	2-х коридорный 36×12×4,5 м	2 шт. (техн. №17 ₁ -№17 ₂)
	Преаэратор II очереди	2-х коридорный 36×12×4,5 м	2 шт. (техн. №17 ₃ -№17 ₄)
	Первичный отстойник I очереди	Ø28 м W _{отст.ч.} = 1970 м ³	8 шт. (техн. №18 ₍₁₎ -18 ₍₈₎)
	Первичный отстойник II очереди	Ø30 м W _{отст.ч.} = 2190 м ³	4 шт. (техн. №18 ₍₉₎ -№18 ₍₁₂₎)

Блок биологической очистки	Аэротенк-смеситель 4-х коридорный I очереди	Размер 1 секции 108×36×4,2 $W_{1 \text{ сек.}} = 16330 \text{ м}^3$	4 секции (техн. №33 ₍₁₎ -№33 ₍₄₎)
----------------------------	---	---	--

Окончание таблицы 3

	Аэротенк-смеситель 4-х коридорный I очереди II очереди	Размер 1 секции 108×36×4,2 $W_{1 \text{ сек.}} = 16330 \text{ м}^3$	2 секции (техн. №33 ₍₅₎ -№33 ₍₆₎)
	Вторичный отстойник I очереди	Ø28 м $W_{\text{отст.ч.}} = 1970 \text{ м}^3$	8шт. (техн. №34 ₍₁₎ -№34 ₍₈₎)
	Вторичный отстойник II очереди	Ø30 м $W_{\text{отст.ч.}} = 2190 \text{ м}^3$	8шт. (техн. №34 ₍₉₎ -№34 ₍₁₆₎)
	Контактные резервуары I очереди	Ø28 м $W_{\text{отст.ч.}} = 1970 \text{ м}^3$	2шт. (техн. №48 ₍₁₎ -№48 ₍₂₎)
	Контактные резервуары II очереди	Ø30 м $W_{\text{отст.ч.}} = 2190 \text{ м}^3$	2шт. (техн. №48 ₍₃₎ -№48 ₍₄₎)
	Иловые карты I очереди		20 карт
	Иловые карты II очереди		34 карты

Подробно схема очистки рассмотрена на примере I очереди.

Производственно-бытовые сточные воды правобережья г. Красноярска поступают от главных внегородских коллекторов по подводящему каналу до камеры СК-34. Из камеры СК-34 по трубопроводу сточные воды поступают в «мокрое» отделение ГНС-1, где разводятся по 3 лоткам, с установленными на них решетками с механическими граблями марки МГ-12Т. Характеристики механических граблей представлены в таблице А.1. Отбросы с решеток сбрасываются в ленточный конвейер, затем с помощью отжимного винтового пресса освобождаются от воды и удаляются в бункер.

Освобожденные от отбросов сточные воды поступают в приемный резервуар ГНС-1 и оттуда насосами по трубопроводам подаются в камеру гашения напора, её характеристики представлены в таблице А.2.

Из камеры гашения напора сточные воды поступают на песколовки. Комплекс горизонтальных песколовок с круговым движением воды состоит из 4 двухсекционных песколовок и оборудованы гидроэлеваторам для удаления пульпы. Пульпа подается в бункеры для обезвоживания песка, а далее обезвоженный песок вывозится на песковые площадки. Характеристики песколовок представлены в таблице А.3.

После песколовок сточные воды поступают в преаэратор. На всем протяжении преаэратора сточные воды аэрируются. Воздух в преаэраторы

подается из воздуходувной станции по системе трубопроводов. Характеристики преаэратора представлены в таблице А.4.

Из преаэратора сточные воды направляются в первичные радиальные отстойники, где происходит осаждение нерастворимых взвешенных веществ и удаление плавающих веществ. Характеристики первичного радиального отстойника представлены в таблице А.5. Плавающие вещества собираются полупогружной доской в жируловители, затем в жиросборники. Из жиросборников сырой осадок самотеком поступает в приемный резервуар сырого осадка №21 СПСО-1, откуда насосами перекачиваются в приемный резервуар №57 иловой насосной станции №1. Характеристики жиросборника представлены в таблице А.6.

После первичных отстойников по 2 лоткам осветленные сточные воды поступают в канал осветленных стоков аэротенков и далее в распределительные лотки секций аэротенков № 1-4. Характеристики одной секции аэротенка-смесителя представлены в таблице А.9. Перелив сточных вод из распределительных лотков осуществляется через выпускные отверстия во 2 и 3 коридоры каждой секции. Одновременно со сточной водой в аэротенк подается циркулирующий (возвратный) активный ил. Он подается в первые коридоры каждой секции аэротенка, являющийся регенератором активного ила. Для аэрации иловой смеси подается сжатый воздух нагнетателями типа 750-23-4 и 750-23-6, их характеристики представлены в таблицах А.7 и А.8 соответственно. Аэрация воздуха осуществляется через полиэтиленовые аэраторы марки «Экополимер».

Иловая смесь после аэротенков-смесителей поступает во вторичные радиальные отстойники, где происходит осаждение активного ила и осветление собственно иловой смеси. Характеристики вторичных радиальных отстойников представлены в таблице А.10.

Осажденный активный ил удаляется с помощью илососов в иловую камеру. С иловой камеры вторичных отстойников I очереди активный ил подается в резервуары приема активного ила №37 (1), №37 (2) главной иловой насосной станции, оттуда активный ил насосами подается в первый коридор каждой секции аэротенков, а избыточный активный ил насосами подается в коридор активного ила преаэраторов, и далее, осаждаясь в первичных отстойниках, совместно с сырым осадком он поступает на иловые поля.

Очищенные сточные воды после вторичных отстойников направляются по выбросному коллектору в Шумковскую протоку р. Енисей.

Принципиальная технологическая схема очистки сточных вод и обработки осадка I и II очередей приведена на чертеже.

3. Исходные данные и технологическая часть

3.1 Исходные данные

Общие данные

1. район строительства: Красноярский край, г. Красноярск;
2. название реки: р. Енисей;
3. грунты на территории строительства: супеси;
4. грунтовые воды встреченные на глубине 10,2 м.

Данные о населенном пункте

1. количество жителей: 406,1 тыс. чел.;
2. норма водоотведения города: $n_n = 400$ л/чел сут;
3. плотность заселения поселка: $\rho = 500$ чел/га;
4. температура хоз.-бытовых сточных вод среднезимняя: $T_6 = 13^\circ\text{C}$.

Характеристика водоема

1. вид водопользования: рыбохозяйственный;
2. категория водоема: I;
3. расход минимальный в гидрологический год 95% обеспеченности:
 $Q_p = 15 \text{ м}^3/\text{с}$;
4. скорость движения воды в водоеме: $v_p = 0,2$ м/с;
5. глубина воды в месте выпуска: $H_p = 1,7$ м;
6. коэффициент извилистости русла: $\varphi = 1,0$;
7. температура воды в реке: $T = 10^\circ\text{C}$;
8. цветность: 17 град;
9. прозрачность: 10;
10. рН = 8,0;
11. содержание кислорода: 11,75 мг/л;
12. содержание магния: 4,7 мг/л;
13. содержание железа-общего: 0,31 мг/л;
14. содержание хлоридов: 3,4 мг/л;
15. содержание сульфатов: 12,7 мг/л;
16. содержание N-NH₄: 0,182 мг/л;
17. содержание N-NO₂: 0,357 мг/л;
18. содержание P_{общ.}: 0,09 мг/л;
19. содержание P-PO₄: 0,09 мг/л;
20. содержание БПК_{полн.}: 2,6 мгО₂/л;
21. содержание нефтепродуктов: 0,06 мг/л;
22. содержание взвешенных веществ: 5,78 мг/л.

3.2 Концентрация загрязнений, содержащихся в сточной воде

Концентрация загрязнений бытовых сточных вод, мг/л, рассчитывается по формуле

$$C_{\text{б}}^{\text{в.в.}} = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где a – количество загрязняющих веществ от одного жителя, г/сут, по таблице А.11;

N – количество жителей, чел, $N = 406100$ чел.;

$Q_{\text{общ}}$ – общее количество бытовых сточных вод, м³/сут, определяемое по формуле

$$Q_{\text{общ}} = \frac{n_{\text{н}} \cdot N}{1000}, \quad (3)$$

где $n_{\text{н}}$ – норма водоотведения, сут, $n_{\text{н}} = 400$ л/чел сут.

$$Q_{\text{общ}} = \frac{400 \cdot 406100}{1000} = 162440 \text{ м}^3/\text{сут}$$

- Концентрация загрязнений по взвешенным веществам:

$$C_{\text{б}}^{\text{в.в.}} = \frac{65 \cdot 406100}{81220} = 162,5 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по БПК_{полн}:

$$C_{\text{б}}^{\text{БПК}} = \frac{75 \cdot 406100}{162440} = 187,5 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по азоту общему:

$$C_{\text{б}}^{\text{Nобщ.}} = \frac{13 \cdot 406100}{162440} = 32,5 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по аммонийному азоту:

$$C_{\text{б}}^{\text{N}} = \frac{10,5 \cdot 406100}{162440} = 26,25 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по фосфору общему:

$$C_6^{P_{\text{общ}}} = \frac{2,5 \cdot 406100}{162440} = 6,25 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по фосфатам:

$$C_6^P = \frac{1,5 \cdot 406100}{162440} = 3,75 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по хлоридам:

$$C_6^{Cl} = \frac{9 \cdot 406100}{162440} = 22,5 \text{ мг/л}$$

- Концентрация загрязнений по СПАВ:

$$C_6^{СПАВ} = \frac{2,5 \cdot 406100}{162440} = 6,25 \text{ мг/л}$$

Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Концентрация загрязнений бытовых сточных вод

Загрязняющее вещество	Концентрация загрязняющего вещества, мг/л
Взвешенные вещества	162,5
БПК _{полн}	187,5
Азот общий	32,50
Аммонийный азот	26,25
Фосфор общий	6,250
Фосфаты	3,750
Хлориды	22,50
СПАВ	6,250

3.3 Расчет необходимой степени очистки сточных вод

Смешение сточных вод с водой водоёма

- Коэффициент смешения, рассчитывается по формуле

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_\Phi}}}{1 + \frac{Q_p}{q} \cdot e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L_\Phi}}}, \quad (4)$$

где α – коэффициент условий смешения, рассчитывается по формуле (6);

L_{ϕ} – расстояние от места выпуска до расчетного створа по фарватеру, м, рассчитывается по формуле (5);

Q_p – расход воды в реке, м³/с;

q – расход сточных вод, м³/с.

- Расстояние от места выпуска до расчетного створа по фарватеру рассчитывается по формуле

$$L_{\phi} = L \cdot \varphi, \quad (5)$$

где L – расстояние от места выпуска до расчетного створа, по прямой, м;

φ – коэффициент извилистости русла, $\varphi = 1$.

- Коэффициент условий смешения рассчитывается по формуле

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{E/q}, \quad (6)$$

где ξ – коэффициент типа выпуска, $\xi = 1,5$, так как тип выпуска русловой;

E – коэффициент турбулентной диффузии, рассчитывается по формуле

$$E = v \cdot H / 200,$$

$$E = 0,2 \cdot 1,7 / 200 = 0,0017,$$

$$\alpha = 1,0 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{0,0017/1,88} = 0,145,$$

$$\gamma = \frac{1 - e^{-0,145 \cdot \sqrt[3]{500}}}{1 + \frac{19800}{1,88} \cdot e^{-0,145 \cdot \sqrt[3]{500}}} = 0,000198$$

- Кратность разбавления сточных вод, рассчитывается по формуле

$$n_0 = \frac{q + \gamma \cdot Q_p}{q}, \quad (7)$$

$$n_0 = \frac{1,88 + 0,000198 \cdot 19800}{1,88} = 3,085$$

Необходимая степень очистки сточных вод

Допустимая концентрация в очищенных сточных вод:

- по взвешенным веществам рассчитывается по формуле

$$m = \Delta C \cdot \left(\frac{\gamma \cdot Q_p}{q} + 1 \right) + C_p, \quad (8)$$

где ΔC – дополнительное увеличение содержание взвешенных веществ в водоёме после спуска сточных вод, $\Delta C = 0,25$ мг/л, так как водоём I категории рыбохозяйственного назначения;

C_p – содержание взвешенных веществ в водоёме до спуска в него сточных вод, мг/л, $C_p = 5,78$ мг/л.

$$m = 0,25 \cdot \left(\frac{0,000198 \cdot 19800}{1,88} + 1 \right) + 5,78 = 6,55 \text{ мг/л}$$

- по БПК_{полн} рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{ст}}^{\text{БПК}} = \frac{\gamma \cdot Q_p}{q \cdot 10^{-K_c \cdot t}} \cdot (L_{ng} - L_p \cdot 10^{-K_c \cdot t}) + \frac{L_{ng}}{10^{-K_p \cdot t}}, \quad (9)$$

где $K_{c,p} \cdot t$ – константы скорости потребления кислорода загрязнениями, содержащимися в сточной и речной воде, соответственно, химическая составляющая загрязнения сточной и речной воды одинакова следовательно: $K_c = K_p = f(T_p) = 0$;

L_{ng} – ПДК БПК_{полн} в реке, мгО₂/л, $L_{ng} = 3$ мгО₂/л;

L_p – содержание БПК_{полн} в реке, мгО₂/л;

t – время протока воды до речного створа, сут, рассчитывается по формуле

$$t = \frac{500 \cdot \varphi}{v \cdot 86400}, \quad (10)$$

$$t = \frac{500 \cdot 1}{0,2 \cdot 86400} = 0,029 \text{ сут},$$

$$L_{\text{ст}}^{\text{БПК}} = \frac{0,000198 \cdot 19800}{1,88 \cdot 10^{-0,07 \cdot 0,029}} \cdot (3 - 2,6 \cdot 10^{-0,07 \cdot 0,029}) + \frac{3}{10^{-0,07 \cdot 0,029}} = 3,8806 \text{ мгО}_2/\text{л}$$

- по растворенному кислороду в воде водоёма определяется по формуле

$$L_{\text{ст}}^{\text{O}_2} = \frac{2,5 \cdot \gamma \cdot Q_p}{q} \cdot (C_{\text{O}_2\text{p}} - 0,4 \cdot L_p - 6) - 15, \quad (11)$$

$$L_{\text{ст}}^{\text{O}_2} = \frac{2,5 \cdot 0,000198 \cdot 19800}{1,88} \cdot (11,75 - 0,4 \cdot 2,6 - 6) - 15 = 9,554 \text{ мг/л}$$

Результаты расчёта представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Допустимая концентрация очищенных сточных вод

Показатель	Допустимая концентрация очищенных сточных вод	Единицы измерения
взвешенные вещества	6,5501	мг/л
БПК _{полн}	3,8806	мгО ₂ /л
растворенный О ₂ в воде водоёма	9,5545	мг/л

3.4 Оценка качества воды для водоемов рыбохозяйственного назначения по обобщенным гидрохимическим показателям ЛПВ

Лимитирующий показатель вредности (ЛПВ) – показатель, характеризующийся наибольшей безвредной концентрацией вещества в воде; иными словами, это показатель, который определяет собой наиболее ранний и вероятный характер неблагоприятного влияния в случае появления в воде химического вещества в концентрации, превышающей ПДК.

Анализ качества речной воды по обобщенным гидрохимическим показателям по каждому ЛПВ проводится по соотношению

$$J_i^{\text{ЛПВ}} = \sum_{i=1}^N \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (12)$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества, мг/л;

ПДК_{*i*} – ПДК загрязняющего вещества в речной воде, мг/л.

Показатели состава воды в р. Енисей приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели состава речной воды

Показатели состава речной воды	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л	ЛПВ
Растворенный О ₂	11,75	-	-
Магний	4,700	40,00	с-т
Железо общее	0,310	0,100	т
Хлориды	3,400	300,0	с-т
Сульфаты	12,70	100,0	с-т
Азот аммонийный	0,182	0,500	т
Азот нитратный	0,357	0,045	с-т
Фосфор общий	0,090	0,200	с-т
Фосфор фосфатов	0,090	1,500	с-т
Взвешенные вещества	5,780	6,000	обобщ.
БПК _{полн}	2,600	3,000	обобщ.
Нефтепродукты	0,060	0,050	р-х

- по санитарно-токсикологическому ЛПВ:

$$J_i^{\text{сг}} = \frac{4,7}{40,0} + \frac{3,4}{300,0} + \frac{12,7}{100,0} + \frac{0,357}{0,045} + \frac{0,09}{0,2} + \frac{0,09}{1,5} = 8,6658$$

- по токсикологическому ЛПВ:

$$J_i^{\text{т}} = \frac{0,31}{0,1} + \frac{0,1825}{0,5} = 3,465$$

- по рыбохозяйственному ЛПВ:

$$J_i^{\text{р/х}} = \frac{0,06}{0,05} = 1,2$$

- по БПК:

$$J_i^{\text{БПК}} = \frac{2,6}{3,0} = 0,866$$

- по взвешенным веществам:

$$J_i^{\text{в-в}} = \frac{5,78}{6,0} = 0,963$$

Обобщенные гидрохимические характеристики допустимого состава сточных вод для каждого ЛПВ определены из условий:

1. если $J_{\text{р}}^{\text{ЛПВ}} \leq 1$, то $J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = n - (n - 1) \cdot J_{\text{р}}^{\text{ЛПВ}}$

где n – кратность разбавления сточных вод;

2. если $J_{\text{р}}^{\text{ЛПВ}} \geq 1$, т.е. фоновое загрязнение водоема не позволяет получить требуемое качество воды в расчетном створе, то $J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = 1$ и устанавливается исходя из отношения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов и самим сточным водам.

- По санитарно-токсикологическому ЛПВ:

$$J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = 1$$

- По токсикологическому ЛПВ:

$$J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = 1$$

- По рыбохозяйственному ЛПВ:

$$J_{\text{СВ}}^{\text{ЛПВ}} = 1$$

- По БПК:

$$J_{\text{СВ}}^{\text{ЛПВ}} = 3,388 - (3,388 - 1) \cdot 0,866 = 1,319$$

- По взвешенным веществам:

$$J_{\text{СВ}}^{\text{ЛПВ}} = 3,388 - (3,388 - 1) \cdot 0,963 = 1,08$$

Состав сточных вод, допустимого к водоотведению в водный объект определяется по формуле

$$C_i^{\text{доп}} = \frac{J_{\text{СВ}}^{\text{ЛПВ}}}{N_i^{\text{ЛПВ}}} \cdot \text{ПДК}_i, \quad (13)$$

- по азоту аммонийному:

$$C_{\text{а. а.}}^{\text{доп}} = \frac{1}{1} \cdot 0,5 = 0,5$$

- по СПАВ:

$$C_{\text{СПАВ}}^{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot 0,5 = 0,016$$

- по фосфатам:

$$C_{\text{фосф}}^{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot 0,2 = 0,006$$

- по хлоридам:

$$C_{\text{хл}}^{\text{доп}} = \frac{1}{3} \cdot 300 = 99,99$$

Результаты расчёта сведены в таблицу 7.

Показатель загрязнения	ПДК, мг/л	ЛПВ	Состав сточных вод, г/м ³		
			фактический	допустимый (расчетный)	принятый к проектированию
Взвешенные вещества	6,000	обобщ.	162,5	6,000	16,41
БПК _{полн}	3,000	обобщ.	187,5	3,000	18,93
Азот аммонийный	0,500	т	26,25	0,500	2,651
СПАВ	0,500	с-т	6,250	0,500	0,631
Фосфаты	0,200	с-т	3,750	1,500	0,378
Хлориды	300,0	с-т	22,50	300,0	2,272

4. Оптимизация схемы очистки сточных вод

При ужесточении природоохранных требований, предъявляемых к качеству очищенных сточных вод, для существующих схем очистки появляется необходимость их оптимизации – повышение эффективности.

Основу оптимизации составляет существующая технологическая схема очистки, включающая механическую очистку (механические решетки, песколовки, преаэраторы и первичные отстойники), биологическую очистку (аэротенки-смесители, вторичные отстойники, контактные резервуары и иловые карты) и обеззараживание сточных вод.

Оптимизация схемы очистки предусматривает модернизацию механической стадии очистки, внедрение узла ацидофикации в первичных отстойниках, замену распределительной системы аэрации в аэротенках, а также внедрение доочистки.

Оптимизация схемы очистки промышленно-бытовых сточных вод должна обеспечить снижение загрязняющих веществ в сбрасываемых водах до требуемых законодательством концентраций и ниже.

4.1 Камера гашения напора

Для стабильной работы всего комплекса очистных сооружений, а в частности сооружений механической и биологической очистки, важно, чтобы сточная вода подавалась на них в течении суток равномерно.

Задачей камеры является гашение напора сточных вод после насосных станций и распределение их по последующим сооружениям: песколовкам, отстойникам и биологическим сооружениям.

4.2 Механическая очистка

В сточных водах, поступающих на ПОС содержится большое количество нерастворимых и малорастворимых веществ, образующие с водой дисперсные системы (различные суспензии и эмульсии). Эти системы кинетически неустойчивые и в определённых условиях способны выпадать в осадок или всплывать на поверхность воды. Механическая очистка используют как предварительный этап перед биологической очисткой.

4.2.1. Очистка сточных вод на решетках

Решётки являются сооружениями предварительной очистки, на них задерживается бумага, тряпье, полимерные и волокнистые материалы.

Решетки I очереди – МГ 12Т, II очереди – МГ 8Т и РКЭ 1524.

Решётки типа МГ предназначены для задержания крупных отбросов в сточной жидкости и выгрузки их на транспортирующее устройство. Грабли механические могут быть исполнены как из конструкционной стали, так и из нержавеющей стали.

Технические характеристики решеток марки МГ 12Т и МГ 8Т представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики механических решеток МГ 12Т и МГ 8Т

Технические характеристики	Единицы измерения	МГ 8Т	МГ 12Т
Пропускная способность сточных вод	м ³ /сут	80000 – 100000	80000 – 100000
Прозоры решетки граблей	мм	16	16
Ширина канала в месте установки механических граблей	мм	1570	1790
Ширина граблей в месте установки в канал	мм	1525	1700
Глубина канала	мм	2000	2000
Площадь живого сечения	м ²	3	3,4
Потребляемая мощность	кВт	1,1	1,1
Габаритные размеры			
длина	мм	1470	1470
ширина		1955	2175
высота		4345	4345
Масса	кг, не более	1850	2000

На рисунке 2 показан общий вид механических решеток типа МГ.

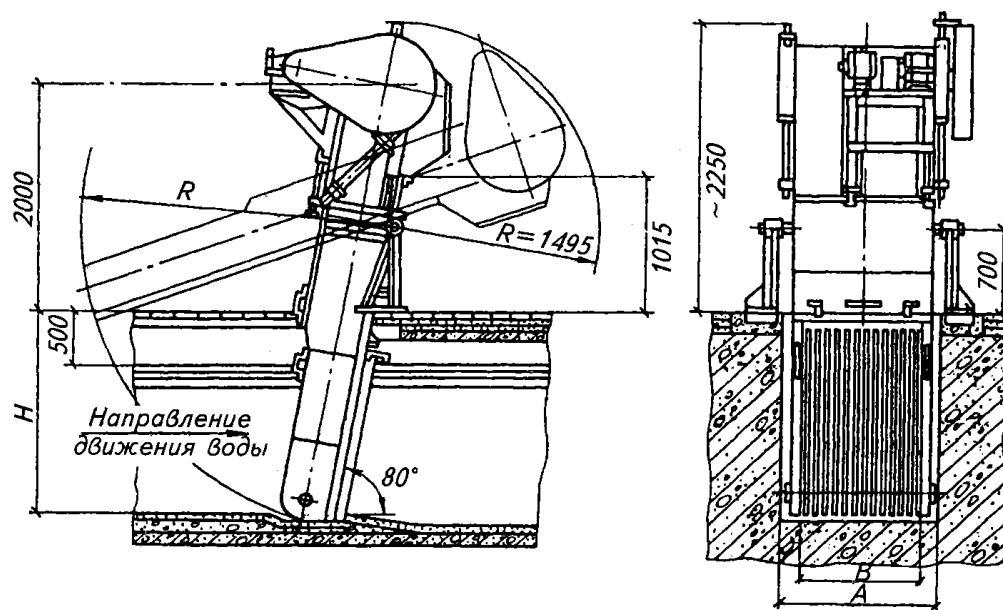


Рисунок 2 – Общий вид граблевой механизированной решетки типа МГ.

На рисунке 3 показана схема установки решеток.

Решетки типа РКЭ 1524 вместе с конвейером, отжимным прессом и щитовыми затворами составляют высокоэффективный комплекс механической очистки сточных вод. В нижней части решетки отсутствуют элементы вращения, а цепи привода граблей движутся по полимерным ползунам. Материал решеток – нержавеющая сталь. Преимущество данных

решеток в компоновке сооружений с одномоментным обезвоживанием и утилизацией осадка.

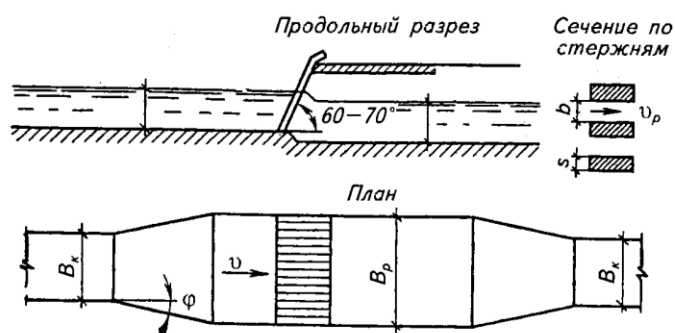


Рисунок 3 – Схема установки решетки

Технические характеристики решёток типа РКЭ 1524 представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики решётки типа РКЭ 1524

Технические характеристики	Единицы измерения	РКЭ 1524
Ширина прозора	мм	5-70
Угол наклона к горизонту	град	80
Шаг цепи	мм	100
Электропривод		трехфазный, 380 В, 50 Гц, с частотным регулированием
Мощность	кВт	0,75
Обороты	об/мин	1500
Редуктор		червячно-цилиндрический
Обороты редуктора	об/мин	до 6

В таблице 10 представлены типовые размеры решеток типа РКЭ 1524.

Таблица 10 – Типовые размеры решеток типа РКЭ

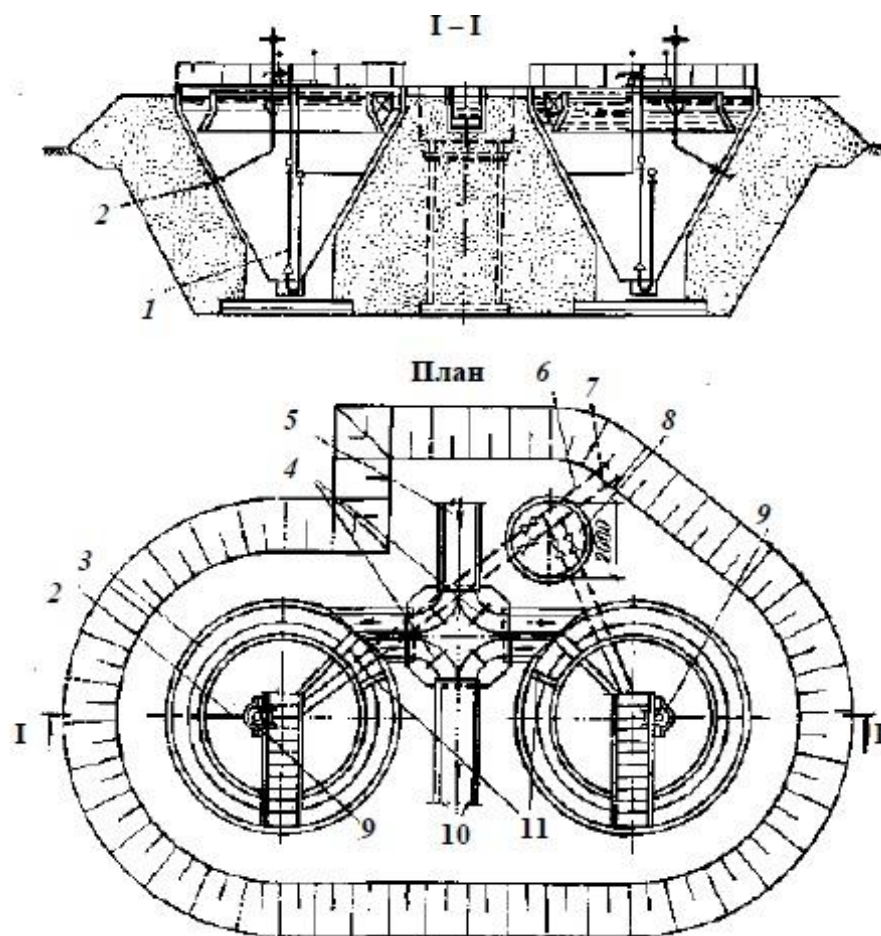
Типоразмер	Размеры решетки, мм		Размеры канала, мм		Площадь сечения, м ²	Радиус поворота, мм
	ширина	длина	ширина	глубина		
06	500-600	2360	500-700	до 800	< 0,5	2246
09	500-900	2665	550-1000	1000-1300	0,5-1,2	2100
12	700-900	2965	750-1000	1300-1600	0,9-1,4	2394
15	900-1400	3265	950-1100	1500-1900	1,4-2,7	2687
21	1100-2000	3865	1150-2100	2200-2500	2,4-5,0	3278
24	1600-2000	4165	1750-2100	2500-2800	4,0-5,6	3580
27	1700-2000	4465	1850-2100	2800-3100	4,8-6,2	3870
30	1800-2000	4756	1900-2100	3000-3400	5,4-6,8	4170

4.2.2. Очистка сточных вод на песколовках

Песколовки предназначены для задержания, содержащихся в сточной воде, минеральных примесей. Необходимость их предварительного выделения обуславливается тем, что при раздельном выделении минеральных и органических загрязнений из сточной жидкости облегчается эксплуатация сооружений дальнейшей обработки воды и осадка.

Принцип действия песколовки основан на том, что по мере движения частиц вместе с водой в резервуаре, под влиянием сил тяжести они выпадают на дно, поскольку удельный вес этих частиц больше, чем удельный вес воды.

Песколовка с круговым движением воды показана на рисунке 4.



1 – гидроэлеватор; 2 – трубопровод для отвода всплывающих примесей; 3 – желоб; 4 – поверхностные затворы с ручным приводом; 5 – подводящий лоток; 6 – пульпопровод; 7 – трубопровод для рабочей жидкости; 8 – камера переключения; 9 – устройства для сбора всплывающих примесей; 10 – отводящий лоток; 11 – полупогружные щиты.

Рисунок 4 – Песколовка с круговым движением воды

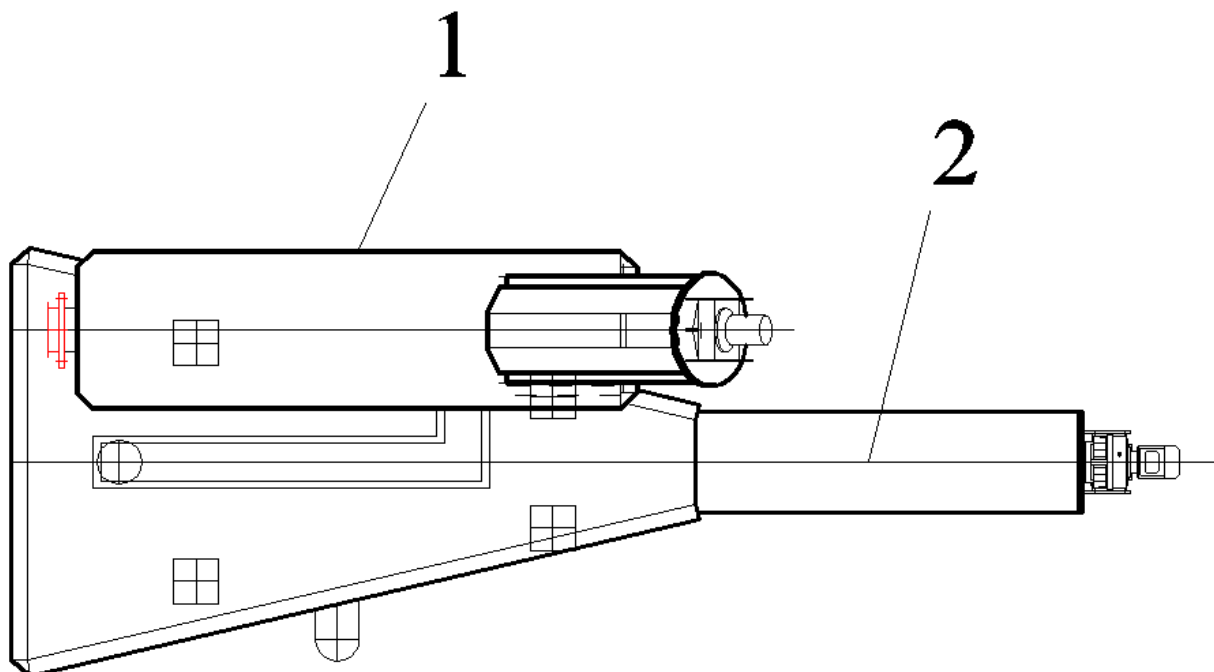
Движение воды происходит по кольцевому лотку. Выпавший песок через щели попадает в конусную часть, откуда периодически откачивается гидроэлеватором. Песчаная пульпа может направляться в песковые бункера.

4.2.3. Расчет модуля механической очистки

Для оптимизации механической очистки входящего стока предполагается использовать 2 автоматические модульные установки закрытого типа.

Каждая установка состоит из:

1. автоматической решетки SSC 400/d3/1000/2000;
2. автоматической песколовки GC-50.



- 1 – автоматическая решетка SSC 400/d3/1000/2000;
2 – автоматическая песколовка GC-50.

Рисунок 5 – модуль механической очистки

Очистка поступающих стоков от мусора, отбросов, грубодисперсных примесей и части взвешенных веществ осуществляется на 2-х автоматических решетках закрытого типа с прозором 3 мм. Уловленные и обезвоженные отбросы по шнековому транспортеру сбрасываются в передвижной контейнер-накопитель.

Далее, очищенная от отбросов и грубодисперсных примесей сточная вода поступает на 2 автоматические песколовки, оборудованные шнековыми сепаратором-обезвоживателем песка.

Обезвоженный песок из песколовки так же сбрасывается в передвижной контейнер далее вывозится на песковые площадки.

Работа модуля предусматривается в автоматическом режиме, с управлением от локальных щитов, входящих в комплект оборудования.

Количество задержанных на решетке отбросов, м³/сут, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{сут}} = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}}{365 \cdot 1000}, \quad (14)$$

где a – норма водоотведения, $a = 400$ л/чел. год;

$N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}$ – приведенное количество жителей по взвешенным веществам, чел, рассчитывается по формуле

$$N_{\text{сут}}^{\text{ВВ}} = \frac{C_{\text{см}}^{\text{ВВ}} \cdot Q_{\text{общ}}}{B}, \quad (15)$$

где $C_{\text{см}}^{\text{ВВ}}$ – концентрация смеси по взвешенным веществам, мг/л;
 B – количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут, $B = 65$ г/чел·сут.

$$N_{\text{сут}}^{\text{ВВ}} = \frac{162,5 \cdot 162440}{65} = 406100 \text{ чел.},$$

$$V_{\text{сут}} = \frac{400 \cdot 406100}{365 \cdot 1000} = 445,041 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Часовой расход задержанных отбросов, м³/сут, определяется по формуле

$$V_{\text{час}} = \frac{V_{\text{сут}}}{24} \cdot K_{\text{ч}}, \quad (16)$$

где $V_{\text{сут}}$ – суточный расход задержанных отбросов, м³/сут;
 $K_{\text{ч}}$ – коэффициент часовой неравномерности поступления отбросов, $K_{\text{ч}} = 2$.

$$V_{\text{час}} = \frac{445,041}{24} \cdot 2 = 37,086 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Количество задержанных отбросов по сухому веществу, т/сут, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{сух}} = V_{\text{сут}} \cdot \rho_{\text{отб}}, \quad (17)$$

где $\rho_{\text{отб}}$ – удельный вес отбросов, $\rho_{\text{отб}} = 0,75$ т/м³.

$$P_{\text{сух}} = 445,041 \cdot 0,75 = 333,780 \text{ т/сут}$$

Часовой расход задержанных отбросов по сухому веществу, т/ч, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{сух}} = V_{\text{час}} \cdot \rho_{\text{отб}}, \quad (18)$$

где $V_{\text{час}}$ – часовой расход задержанных отбросов, м³/сут;
 $\rho_{\text{отб}}$ – удельный вес отбросов, $\rho_{\text{отб}} = 0,75$ т/м³.

$$P_{\text{сух}} = 37,086 \cdot 0,75 = 27,814 \text{ т/ч}$$

Отбросы дезинфицируются, вывозятся в места, согласованные СЭС, то есть на полигон твёрдых промышленных отходов (ТПО).

Количество задержанного песка (осадка) на песколовках, м³/сут, рассчитывается по формуле

$$W_{\text{песк}} = \frac{P \cdot N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}}{1000}, \quad (19)$$

где P – количество задерживаемого песка, л/чел · сут;

$N_{\text{пр}}^{\text{ВВ}}$ – приведенное количество жителей по взвешенным веществам, чел.

$$W_{\text{песк}} = \frac{0,03 \cdot 406100}{1000} = 12,183 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Количество задержанных отбросов по сухому веществу, т/сут, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{сух}} = W_{\text{песк}} \cdot \rho_{\text{отб}} \cdot (W_{100\%} - W_{60\%}), \quad (20)$$

$$P_{\text{сух}} = 12,183 \cdot 1,5 \cdot (1 - 0,6) = 7,3098 \text{ т/сут}$$

4.2.4. Первичные отстойники

Радиальный отстойник – это разновидность горизонтального отстойника, он представляет собой круглый неглубокий резервуар, в котором вода движется от центра к периферии.

Первичное отстаивание (или осветление) предназначено для выделения из сточных вод нерастворимых взвешенных (оседающих или всплывающих) грубодисперсных веществ, присутствие которых в сточных водах негативно отражается на работе аэротенков с биоценозом.

Оптимизацией этой стадии механической очистки заключается во внедрении узла ацидификации. Ацидификация [от лат. *acidus* – кислый и *facere* – делать] – увеличение кислотности (уменьшение величины водородного показателя – рН) природных компонентов; происходит вследствие применения физиологически кислых минеральных удобрений и выпадения кислых осадков.

Применение процесса ацидификации сточной воды является перспективным технологическим приемом, обеспечивающим увеличение содержания легкодоступной для биоценоза в аэротенках органики с целью интенсификации очистки сточных вод от биогенных элементов.

В качестве подкислителя используют коагулянт Аква-Аурат 30 (кристаллический порошок желтоватого цвета) – один из наиболее эффективных коагулянтов для химической водоподготовки питьевой воды и очистки сточных вод. Технологическая активность Аква-Аурата 30

практически не зависит от температуры очищаемой воды, не образует в воде, воздухе и почве токсических веществ.

Состав коагулянта Аква-Аурата 30 представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Состав коагулянта Аква-Аурата 30

Вещество	Массовая доля, %
Оксид алюминия	30,0 ± 3,0
Хлор	35,0 ± 5,0
Железо	0,04
Свинец	0,005
Кадмий	0,005
Мышьяк	0,004
Нерастворимый в воде остаток, не более	0,004
Растворы продукта обладают кислой реакцией и раздражающим действием на кожные покровы и слизистую оболочку глаз. Продукт относится к 3-му классу опасности, ПДК в воздухе рабочей зоны – 6 мг/м ³ .	

Аква-Аурат 30 по трубопроводам подается в первичные отстойники подкисляя сточные воды, которые в дальнейшем отправляются на стадию биологической очистки.

Приготовление рабочего раствора предусматривается в автоматической установке приготовления и дозирования коагулянта. Процесс дозирования сухого реагента, его растворения и дозирования в установке автоматизирован полностью.

Необходимый эффект осветления в отстойниках, %, рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \cdot 100, \quad (21)$$

где C_{en} – концентрация взвешенных веществ в сточных водах, мг/л;

C_{ex} – концентрация взвешенных веществ в осветленной воде, мг/л.

$$\mathcal{E} = \frac{162,5 - 6,0}{162,5} \cdot 100 = 96 \%$$

Концентрация взвешенных веществ в осветленной воде при $\mathcal{E}_{oc} = 96 \%$ рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E}_{oc} = C_{en} \cdot \mathcal{E} \quad (22)$$

$$\mathcal{E}_{oc} = 162,5 \cdot 0,04 = 6,6625 \text{ мг/л}$$

Расчетная гидравлическая крупность частиц, удаление которых обеспечит требуемый эффект осветления, мм/с, рассчитывается по формуле

$$u_0 = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{t_{set} \cdot \left(\frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h_1}\right)^{n_2}}, \quad (23)$$

где H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, м, по таблице А.13 $H_{set} = 3$ м;
 K_{set} – коэффициент использования объема проточной части отстойника по таблице А.13 $K_{set} = 0,35$;

t_{set} – продолжительность отстаивания, сек, по таблице А.12 для городских сточных вод $t_{set} = 7200$ с;

h_1 – глубина слоя, $h_1 = 0,5$ м;

n_2 – показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения, принимается по рисунку Б.1, $n_2 = 0,35$.

$$u_0 = \frac{1000 \cdot 3 \cdot 0,35}{7200 \cdot \left(\frac{0,35 \cdot 3}{0,5}\right)^{0,35}} = 0,112 \text{ мм/с}$$

Диаметр отстойника, м, рассчитывается по формуле

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000 \cdot q_{max}}{\pi \cdot n \cdot K_{set} \cdot (u_0 - v_{tb})}} + d_{en}^2, \quad (24)$$

где q_{max} – максимальный секундный расход сточных вод, м³/с, $q_{max} = 0,117$ м³/с;

n – количество отделений отстойников, $n = 8$;

v_{tb} – скорость турбулентной составляющей, мм/с, по таблице А.14 $v_{tb} = 0$ м/с при $V_w = 5$ м/с;

d_{en}^2 – диаметр центральной трубы, м, рассчитывается по формуле

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{max}}{\pi \cdot n \cdot v_{en}}}, \quad (25)$$

где v_{en} – скорость движения рабочего потока в центральной трубе, $v_{en} = 0,03$ м/с.

$$d_{en} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,117}{\pi \cdot 8 \cdot 0,03}} = 0,788 \text{ м,}$$

$$D_{\text{set}} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 0,117}{\pi \cdot 8 \cdot 0,35 \cdot (0,112 - 0)}} + 0,788 = 21,8 \text{ м}$$

По рассчитанному диаметру по таблице А.15 принимается типовой первичный отстойник.

Общая высота отстойника, м, рассчитывается по формуле

$$H = H_{\text{set}} + H_1 + H_2, \quad (26)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, м, $H_1 = 0,3-0,5$ м;

H_2 – высота нейтрального слоя (от дна на выходе), м, $H_2 = 0,3$ м.

$$H = 3 + 0,4 + 0,3 = 3,7 \text{ м}$$

Время нахождения воды в отстойнике t_{set} принимается равным 7200 с.

Объем отстойника, м^3 , рассчитывается по формуле

$$W_{\text{отст}} = q_{\text{max}} \cdot t_{\text{set}}, \quad (27)$$

$$W_{\text{отст}} = 0,117 \cdot 7200 = 842,4 \text{ м}^3$$

Количество осадка, задерживаемого в первичных отстойниках:

- по сухому веществу, т/сут, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{ос}} = \frac{C_{\text{см}}^{\text{в.в.}} \cdot \mathcal{E} \cdot Q_{\text{общ}}}{10^8}, \quad (28)$$

$$P_{\text{ос}} = \frac{162,5 \cdot 96 \cdot 81220}{10^8} = 12,67 \text{ т/сут}$$

- по объёму, $\text{м}^3/\text{сут}$, рассчитывается по формуле

$$V_{\text{ос}} = \frac{P_{\text{ос}} \cdot 100}{(100 - W) \cdot \rho}, \quad (29)$$

где W – влажность осадка, %, $W = 95\%$

ρ – плотность осадка, $\text{т}/\text{м}^3$, $\rho = 1 \text{ т}/\text{м}^3$.

$$V_{\text{ос}} = \frac{12,67 \cdot 100}{(100 - 95) \cdot 1} = 253,406 \text{ м}^3/\text{сут}$$

4.3 Биологическая очистка

Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов в процессе жизнедеятельности использовать для питания растворенные органические вещества, находящиеся в сточных водах. Часть органических веществ превращается в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат-ионы, часть идет на образование биомассы.

Аэротенк представляет собой резервуар, в котором движется очищаемая сточная жидкость и смесь активного ила. Они постоянно перемешиваются путем подачи сжатого воздуха или с помощью специальных приспособлений для лучшего и непрерывного контакта.

Активный ил представляет собой биоценоз микроорганизмов-минерализаторов, способных сорбировать на своей поверхности и окислять в присутствии кислорода воздуха органические вещества сточной жидкости.

Эффект очистки в аэротенках, качество и окислительная способность активного ила определяются составом и свойствами сточных вод, гидродинамическими условиями перемешивания, температурой и активной реакцией среды, наличием элементов питания и другими факторами.

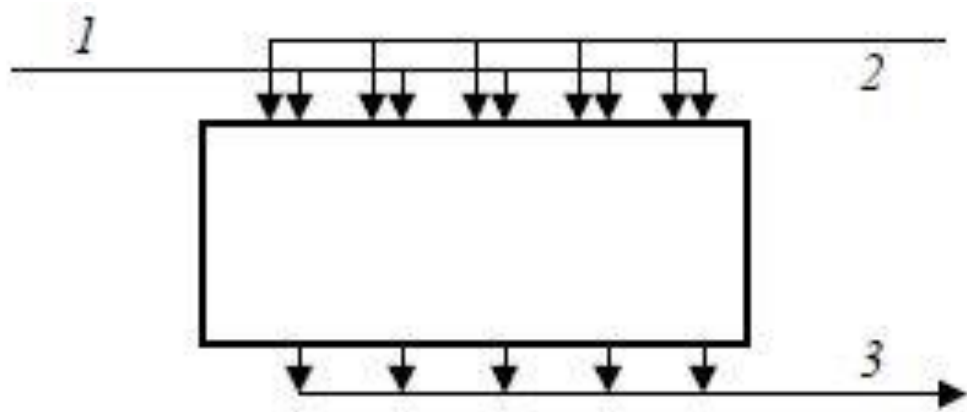
Смесь сточной жидкости с активным илом должна аэрироваться на всем протяжении аэротенка. Это необходимо не только для того, чтобы обеспечить микроорганизмы-минерализаторы достаточным количеством кислорода воздуха, но и для поддержания ила во взвешенном состоянии. Чем длительнее процессы аэрации, чем больше воздуха и активного ила, тем лучше очищается вода.

4.3.1. Аэротенк-смеситель

Биологическая очистка осветленных сточных вод предусматривает многоступенчатый процесс аэробной очистки со свободно плавающим активным илом. В качестве основы биологической очистки предусмотрен 4-коридорный аэротенк-смеситель, представленный на рисунке 6, с подводом воды и активного ила равномерно вдоль одной из длинных сторон аэротенка. По всему объему аэротенка наблюдается одинаковая нагрузка на активный ил. Достоинством является сглаживание залповых нагрузок на активный ил. В результате смешивания воды и активного ила образуется иловая смесь.

Благодаря балансу между бактериальным приростом ила и формированием простейших, объем избыточного ила минимален. Высокий возраст прикрепленного ила обеспечивает высокий эффект нитрификации.

Специфика условий, возникающих в толще биомассы, позволяет денитрификации происходить одновременно с денитрификацией. На внешнем слое (граница вода-биопленка) в присутствии кислорода воздуха ведется окисление азота аммонийных солей (нитрификация), в то же время в толще биомассы, где доступ кислорода затруднен, идет процесс денитрификации. При благоприятных условиях, процент единовременной денитрификации составляет 55 – 65%.



1 – сточная вода; 2 – активный ил; 3 – иловая смесь
Рисунок 6 – Упрощенная схема аэротенка-смесителя

Насыщение очищаемой сточной жидкости кислородом воздуха для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов, а так же эффективное перемешивание иловой смеси в каждой секции осуществляется за счет периметральной пневматической системы аэрации.

Процессы дефосфотации происходят с одновременным процессом отстаивания и регенерации биоила во вторичных отстойниках.

4.3.2. Расчет загрязнений, поступающих в аэротенки

Расчет аэротенков состоит в определении размеров, расходов активного циркуляционного ила и воздуха, необходимых для обеспечения требуемой степени очистки сточных вод.

Концентрация загрязнений, поступающих на очистку, с учетом иловых и дренажных вод:

- по взвешенным веществам, мг/л, рассчитывается по формуле

$$C'_{en} = \frac{C_{осв} + C_{ил.в.} \cdot 0,01}{1,01} = \frac{C_{осв}}{2}, \quad (30)$$

где $C_{осв}$ – концентрация взвешенных веществ в сточной воде после первичного отстаивания, мг/л;

$C_{ил.в.}$ – концентрация взвешенных веществ в иловой воде, $C_{ил.в.} = 1000-2000$ мг/л.

$$C'_{en} = \frac{6,6625}{2} = 3,33125 \text{ мг/л}$$

- по БПК_{полн} в осветленной воде, мгО₂/л, рассчитывается по формуле

$$L_{en} = L_{см} - C_{см} \cdot (1 - S) \cdot (1 - \varepsilon), \quad (31)$$

где $L_{см}$ – концентрация БПК_{полн} в сточной воде после первичного отстаивания, мг/л;
 $C_{см}$ – концентрация взвешенных веществ в сточной воде после первичного отстаивания, мг/л;
 S – зольность ила, $S = 0,3$;
 \mathcal{E} – эффект осветления, д.е.

$$L_{ен} = 9,375 - 8,275 \cdot (1 - 0,3) \cdot (1 - 0,96) = 9,1433 \text{ мг/л}$$

БПК_{полн} на выходе из аэротенка

$$L_{ex} = 8 \text{ мг/л}$$

4.3.3. Расчет аэротенка с нитрификацией и денитрификацией аммонийного азота

Удельная скорость роста нитрификаторов, сут^{-1} , определяется по формуле

$$\mu = \frac{k_{pH} \cdot k_T \cdot k_{oc} \cdot \mu_{max} \cdot N}{k_{II} + N}, \quad (32)$$

где k_{pH} – коэффициент, учитывающий влияние pH = 8, $k_{pH} = 0,78$;
 k_T – коэффициент, учитывающий влияние температуры жидкости (среднезимней), $k_T = 1$;
 k_{oc} – коэффициент, учитывающий влияние растворенного кислорода, рассчитывается по формуле (33);
 μ_{max} – максимальная скорость роста интрифицирующих микроорганизмов, сут^{-1} , $\mu_{max} = 1,77 \text{ сут}^{-1}$;
 N – концентрация аммонийного азота в очищенной жидкости, $N = 2 \text{ мг/л}$;
 k_{II} – константа полунасыщения аммонийного азота, рассчитывается по формуле (34).

Коэффициент, учитывающий влияние растворенного кислорода, рассчитывается по формуле

$$k_{oc} = \frac{C_o}{k_o + C_o}, \quad (33)$$

где k_o – константа полунасыщения, $k_o = 2 \text{ мгO}_2/\text{л}$;
 C_o – концентрация растворенного кислорода в иловой смеси, $C_o = 2 \text{ мгO}_2/\text{л}$.

$$k_{oc} = \frac{2}{2 + 2} = 0,5$$

Константа полунасыщения аммонийного азота, определяется по формуле

$$k_{\Pi} = \frac{C_{\text{см}}^{NH_4}}{2}, \quad (34)$$

$$k_{\Pi} = \frac{26,25}{2} = 13,125,$$

$$\mu = \frac{0,78 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1,77 \cdot 2}{13,125 + 2} = 0,09127 \text{ сут}^{-1}$$

Минимальный возраст нитрифицируемого ила, сут, рассчитывается по формуле

$$\theta = \frac{1}{\mu}, \quad (35)$$

где μ – удельная скорость роста нитрификаторов, сут⁻¹.

$$\theta = \frac{1}{0,09127} = 10,956 \text{ сут}^{-1}$$

Удельная скорость окисления органических веществ, мг/г·час, рассчитывается по формуле

$$\rho = k_3 + \frac{0,0417 \cdot k_p}{\theta}, \quad (36)$$

где k_3 – энергетическо-физиологический коэффициент микроорганизмов ила для городских сточных вод, мг БПК_{полн}/г·час, $k_3 = 3,7$ мг БПК_{полн}/г·час;
 k_p – физиологический коэффициент роста микроорганизмов ила, мг БПК_{полн}/час, $k_p = 864$ мг БПК_{полн}/час.

$$\rho = 3,7 + \frac{0,0417 \cdot 864}{10,956} = 6,988 \text{ мг/г·час}$$

По формуле (37), зная удельную скорость окисления органических веществ, находим дозу ила a_i .

Удельная скорость окисления загрязнений, мгБПК_{полн}/г·час:

$$\rho = \frac{\rho_{\text{max}} \cdot L_{\text{ex}} \cdot C_0}{L_{\text{ex}} \cdot C_0 + K_1 \cdot C_0 + K_0 \cdot L_{\text{ex}}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_i}, \quad (37)$$

где ρ_{max} – максимальная скорость загрязнений, зависит от вида сточных вод, для городских сточных вод, $\rho_{\text{max}} = 70$ мг·БПК/(гб.з.·час);

L_{ex} – БПК_{полн} на выходе из аэротенка, $L_{ex} = 8$ мгО₂/л;
 C_0 – концентрация растворенного кислорода, $C_0 = 2$ мг/л;
 K_1 – константа, характеризующая свойство органических загрязняющих веществ, для городских стоков, $K_1 = 65$ (мг · БПК_{полн})/л;
 K_0 – константа, характеризующая влияние кислорода, $K_0 = 0,625$ мгО₂/л;
 φ – коэффициент ингибирования процесса продуктами распада активного ила, $\varphi = 0,14$.

$$\rho = \frac{70 \cdot 8 \cdot 2}{(8 \cdot 2 + 65 \cdot 2 + 0,625 \cdot 8)} \cdot \frac{1}{(1 + 0,14 \cdot a_i)} = 6,988 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час},$$

$$\frac{1120}{151} \cdot \frac{1}{(1 + 0,14 \cdot a_i)} = 6,988 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час},$$

$$\frac{7,417}{(1 + 0,14 \cdot a_i)} = 6,988 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час},$$

$$6,988 \cdot (1 + 0,14 \cdot a_i) = 7,417 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час},$$

$$0,978 \cdot a_i = 0,429 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час},$$

$$a_i = 0,438 \text{ мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}/\text{Г} \cdot \text{час}$$

Продолжительность аэрации сточных вод, мин, определяется по формуле

$$t_{atm} = \frac{L_{en} - L_{ex}}{a_i \cdot \rho}, \quad (38)$$

где L_{en} – концентрация загрязнений по БПК_{полн}, поступающих на очистку, с учетом иловых и дренажных вод (на входе), мг/л;
 L_{ex} – БПК_{полн} на выходе из аэротенка, мгО₂/л.

$$t_{atm} = \frac{187,5 - 8}{0,438 \cdot 6,988} = 58,646 \text{ мин}$$

Концентрация нитрифицирующего ила в иловой смеси, г/л, рассчитывается по формуле

$$a_{in} = 1,2 \cdot a_{is} \cdot \frac{\Delta C_N}{t_{atm}}, \quad (39)$$

где a_{is} – концентрация микроорганизмов, зависит от возраста ила, $a_{is} = 0,036$;
 ΔC_N – концентрация между $C_{см}$ на входе и на выходе, мг/л, рассчитывается по формуле (40);

t_{atm} – концентрация нитрифицирующего ила в иловой смеси, г/л.

$$\Delta C_N = C_{см}^{NH_4} - 2, \quad (40)$$

$$\Delta C_N = 26,25 - 2 = 24,25 \text{ мг/л},$$

$$a_{in} = 1,2 \cdot 0,036 \cdot \frac{24,25}{58,646} = 0,0178 \text{ г/л}$$

Общая концентрация беззольного ила, г/л, рассчитывается по формуле

$$a_{б.з.} = a_i + a_{in}, \quad (41)$$

где a_i – доза ила, г/л;

a_{in} – концентрация нитрифицирующего ила в иловой смеси, г/л.

$$a_{б.з.} = 0,438 + 0,0178 = 0,4558 \text{ г/л}$$

Общая концентрация беззольного ила с учетом 30%-зольности, доза ила по сухому веществу, г/л, рассчитывается по формуле

$$a = \frac{a_{б.з.}}{0,7}, \quad (42)$$

$$a = \frac{0,4558}{0,7} = 0,65 \text{ г/л}$$

Удельный прирост избыточного ила, мг/мг·БПК_{полн}, рассчитывается по формуле

$$k_g = \frac{41,7 \cdot a \cdot t_{atm}}{(L_{en} - L_{ex}) \cdot \theta}, \quad (43)$$

где a – общая концентрация беззольного ила с учетом 30%-зольности, доза ила по сухому веществу, г/л;

t_{atm} – продолжительность аэрации сточных вод, мин;

L_{en} – концентрация загрязнений по БПК_{полн}, поступающих на очистку, с учетом иловых и дренажных вод (на входе), мг/л;

L_{ex} – БПК_{полн} на выходе из аэротенка, мгО₂/л;

θ – минимальный возраст нитрифицируемого ила, сут.

$$k_g = \frac{41,7 \cdot 0,65 \cdot 58,646}{(187,5 - 8) \cdot 10,956} = 0,808 \text{ мг/мг} \cdot \text{БПК}_{\text{полн}}$$

Суточное количество избыточного ила по сухому веществу, т/сут, рассчитывается по формуле

$$G = \frac{k_g \cdot (L_{en} - L_{ex}) \cdot Q_{сут}}{1000}, \quad (44)$$

где k_g – удельный прирост избыточного ила, мг/мг·БПК_{полн};
 $Q_{сут}$ – суточный расход сточных вод, м³/сут.

$$G = \frac{0,808 \cdot (187,5 - 8) \cdot 81220}{1000} = 11779,82 \text{ кг/сут} = 11,779 \text{ т/сут}$$

Сухое количество избыточного ила по объему, м³/сут, рассчитывается по формуле

$$V_{изб} = \frac{G \cdot 100}{(100 - W) \cdot \rho}, \quad (45)$$

где G – суточное количество избыточного ила по сухому веществу, т/сут;
 W – влажность, $W = 99,2-99,5\%$;
 ρ – плотность, $\rho = 1,01 \text{ т/м}^3$.

$$V_{изб} = \frac{11,779 \cdot 100}{(100 - 99,2) \cdot 1,01} = 1457,79 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Объем аэротенка, м³, рассчитывается по формуле

$$W = \frac{Q_{сут} \cdot t_{atm}}{24}, \quad (46)$$

где $Q_{сут}$ – суточный расход сточных вод для I очереди, м³/сут;
 t_{atm} – продолжительность аэрации сточных вод, мин.

$$W = \frac{81220 \cdot 58,646}{24} = 198467,838 \text{ м}^3$$

Объём одного аэротенка 49616,959 м³. Одной секции – 12404,239 м³.
 Основные параметры аэротенка:

- длина – 108 м;
- ширина – 9 м;
- рабочая глубина аэротенка – 4,2 м;
- рабочий объём 1 секции – 16330 м³;

4.3.4. Аэрационная система аэротенка

Система аэрации аэротенка – это комплекс специальных сооружений и оборудования, которое обеспечивает снабжение очищаемой жидкости кислородом, поддержание ила во взвешенном состоянии и постоянное перемешивание сточной воды с илом. Оптимизацией биологической стадии очистки является замена периметральной системы аэрации на импульсную эжекторную, распределенную по всей площади дна аэротенка.

Струйные, или эжекторные, аэраторы по принципу действия аналогичны механическим поверхностным аэраторам с вертикальной осью вращения. В них используется кинетическая энергия струи рабочей жидкости при напорном истечении через сопло в камеру смешения. Конструктивное оформление эжекторных аэраторов разнообразно, но, как правило, они состоят из сопла для пропуска рабочей жидкости, патрубка для вовлечения воздуха из атмосферы, камеры смешения и диффузора.

Импульсный эжекторный аэратор работает следующим образом: циркуляционный насос непрерывно по напорному трубопроводу подает очищаемую жидкость в распределительные камеры. После заполнения одной из распределительных камер до определенного уровня, происходит зарядка сифона и происходит интенсивное удаление жидкости из распределительной камеры по отводной трубе сифона через сопло в аэрационную трубу с конусной насадкой. Сопло отводной трубы соосно введено в конусную насадку, образуя кольцевую щель, через которую в аэрационную трубу интенсивно поступает атмосферный воздух, диспергируется и, в виде водо-воздушной смеси, поступает в аэрационный резервуар.

Импульсный ввод водо-воздушной смеси в аэрируемый резервуар с расходом, значительно превышающим циркуляционный расход, способствует интенсивному перемешиванию иловой смеси в резервуаре без дополнительных энергозатрат и повышает степень использования кислорода воздуха.

Удельный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3$, определяется по формуле

$$q_{air} = \frac{q_0 \cdot [(L_{en} - L_{ex}) + (C_{en} - C_{ex}) \cdot 4,6]}{k_1 \cdot k_2 \cdot k_T \cdot k_3 \cdot (C_a - C_0)}, \quad (47)$$

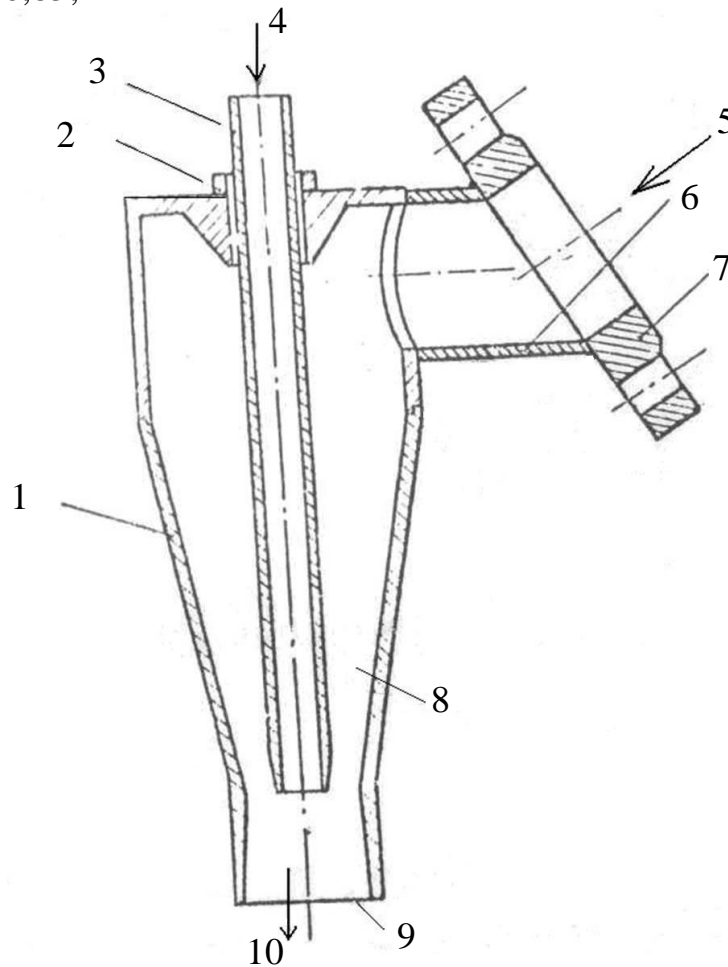
где q_0 – удельный расход кислорода воздуха, мг на 1 мг снятой БПК_{полн}, принимаемый при очистке до БПК_{полн} 15-20 мг/л, $q_0 = 1,1$;

k_1 – коэффициент, учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей аэрируемой зоны и аэротенка, принимается по [18], $k_1 = 1,47$;

k_2 – коэффициент, зависящий от глубины погружения аэраторов, принимается по [18], $k_2 = 1,81$;

k_T – коэффициент, учитывающий температуру сточных вод, $k_T = 1$;

k_3 – коэффициент качества воды, принимаемый для городских сточных вод по [18], $k_3 = 0,85$;



1 – корпус; 2 – контргайка; 3 – трубка; 4 – подсос воздуха; 5 – вода от насоса; 6 – патрубок; 7 – фланец; 8 – кольцевой зазор; 9 – сопло; 10 – водо-воздушная струя

Рисунок 7 – Воздуходувка для аэрации

C_{ex} – средняя концентрация кислорода в аэротенке, $C_{ex} = 2$ мг/л;

C_{en} – растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л. рассчитывается по формуле (48);

C_a – удельная концентрация кислорода на 1 человека, мг/л, $C_a = 65$ мг/л;

C_0 – приведенная концентрация, равная эффекту разбавления, мг/л, $C_0 = 2$ мг/л.

Растворимость кислорода воздуха в воде, мг/л, определяется по формуле

$$C_{en} = C_T \cdot \frac{10,3 + h_{\text{аэр}}/2}{10,3}, \quad (48)$$

где C_T – растворимость кислорода воздуха в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, $C_T = 9,02$ мг/л;

h_a – глубина погружения аэратора, м, $h_{\text{аэр}}$

$$C_{en} = 9,02 \cdot \frac{10,3 + 0,3/2}{10,3} = 9,15 \text{ мг/л},$$

$$q_{air} = \frac{1,1 \cdot [(187,5 - 8) + (9,15 - 2) \cdot 4,6]}{1,47 \cdot 1,81 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot (65 - 2)} = 1,639 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Интенсивность аэрации, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, рассчитывается по формуле

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{at}}, \quad (49)$$

где t_{at} – период аэрации, ч.

$$J_a = \frac{1,639 \cdot 4,2}{0,977} = 7,045 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Общий расход воздуха для аэротенка, $\text{м}^3/\text{ч}$, рассчитывается по формуле

$$Q_B^1 = q_{air} \cdot q_w, \quad (50)$$

где q_{air} – удельный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3 \text{ с.в.}$;

q_w – максимальный часовой расход сточной воды для I очереди, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$Q_B^1 = 1,639 \cdot 0,94 = 1,54 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Напор, м, рассчитывается по формуле

$$H_{тр} = (h_l + h_m) + h_{ф.пл.} + h_{аэр}, \quad (51)$$

где $(h_l + h_m) = 0,3 \text{ м}$.

$$H_{тр} = 0,3 + 0,6 + 0,3 = 1,2 \text{ м}$$

4.3.5. Вторичное отстаивание

Биологически очищенные сточные воды из аэротенка поступают в вторичные радиальные отстойники, где происходит осаждение активного ила и осветление иловой смеси.

Эффективность осветления во вторичных отстойниках определяет общий эффект очистки воды и эффективность работы всего комплекса очистных сооружений биологической очистки.

Осажденный активный ил удаляется с помощью илососов в иловую камеру. Из иловой камеры ил подается в резервуары приема активного ила

главной иловой насосной станции, откуда активный ил насосами подается в первый коридор каждой секции аэротенков, а избыточный активный ил насосами подается в коридор активного ила преаэраторов, и далее, осаждаясь в первичных отстойниках, совместно с сырым осадком поступает на иловые поля.

4.3.6. Расчет вторичных отстойников

Расчет вторичных отстойников ведется по гидравлической нагрузке, которая зависит от илового индекса, дозы ила в аэротенке и допустимого выноса ила из вторичных отстойников, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$, по формуле

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_i \cdot a_i)^{(0,5 - 0,01 \cdot a_t)}}, \quad (52)$$

где K_{ss} – коэффициент использования зоны отстаивания, $K_{ss} = 0,35$;

a_t – допустимый вынос взвешенных веществ, $a_t = 10-15 \text{ мг/л}$;

a_i – доза ила, г/л ;

H_{set} – глубина проточной части в отстойнике, $H_{set} = 3 \text{ м}$;

J_i – иловый индекс, для городских сточных вод принимается $J_i = 100$.

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot 0,35 \cdot 3^{0,8}}{(0,1 \cdot 100 \cdot 0,438)^{(0,5 - 0,01 \cdot 10)}} = 2,1 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$$

Площадь вторичного отстойника, м^2 , рассчитывается по формуле

$$F = \frac{q_w}{n \cdot q_{ssa}}, \quad (53)$$

где n – число отстойников, шт.

$$F = \frac{6768,33}{8 \cdot 2,1} = 402,876 \text{ м}^2$$

Диаметр отстойника, м , рассчитывается по формуле

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (54)$$

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4 \cdot 402,876}{3,14}} = 22,6 \text{ м}$$

По рассчитанному диаметру по таблице А.16 принимается типовой вторичный отстойник.

Полная строительная высота отстойника на выходе, м, рассчитывается по формуле

$$H = H_{\text{set}} + H_1 + H_2 + H_3 \quad (55)$$

где H_1 – высота борта над слоем воды, равна 0,3-0,5 м;

H_2 – высота нейтрального слоя (от дна на выходе), равна 0,3 м;

H_3 – высота слоя ила, равна 0,3-0,5 м.

$$H = 3 + 0,4 + 0,3 + 0,4 = 4,1 \text{ м}$$

Количество осадка (активного ила), выделяемое при отстаивании, м³/сут, рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{mud}} = \frac{Q \cdot (1000 \cdot a_i - a_t)}{(100 - p_{\text{mud}}) \cdot \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4}, \quad (56)$$

где p_{mud} – влажность активного ила, равна 99,2-99,7%;

γ_{mud} – плотность активного ила, равна 1г/см³.

$$Q_{\text{mud}} = \frac{81220 \cdot (1000 \cdot 0,438 - 10)}{(100 - 99,5) \cdot 1 \cdot 10^4} = 6952,432 \text{ м}^3/\text{сут}$$

4.4 Биологическая доочистка

Биологическая доочистка заключается в биофильтрации иммобилизованными микроорганизмами в аэробных условиях. Бактериальная составляющая биоценозов доочистки осуществляет глубокую доочистку по органическим соединениям, азотной группе, а так же 99% очистку от патогенных микроорганизмов.

Биологическая доочистка происходит в биореакторе, который представляет собой 2-х секционный аэротенк с затопленной биозагрузкой.

Для получения гарантированного высокого биосорбционного эффекта в биореактор вводится низкоконцентрированный раствор порошкообразного сорбента с рабочей дозой 5 мг/дм³ очищаемой сточной воды.

После биореактора, очищенные сточные воды направляются в резервуар-накопитель биологически очищенной воды, совмещенный с последней секцией биореактора, откуда насосом подаются на фильтры доочистки.

Потребность в воздухе для биореакторов доочистки принята аналогично аэротенкам, учитывая одинаковые конструктивные характеристики:

$$Q_{\text{в}}^2 = 0,409 \times 4 = 1,639 \text{ м}^3/\text{ч},$$

где 4 – количество биореакторов, шт;

1,639 – расход воздуха на одну секцию аэротенка, м³/ч.

Общее необходимое количество воздуха, м³/ч, определяется по формуле

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{в}}^1 + Q_{\text{в}}^2, \quad (57)$$

$$Q_{\text{в}} = 1,639 + 1,639 = 3,278 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Принимаем воздуходувку марки ВК-12-М (3 рабочих+1 резервная), характеристики которой представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики воздуходувки ВК-12-М

Характеристики	Единицы измерения	ВК-12-М
Объём засасываемого воздуха	м ³ /ч	720
Давление нагнетания	ата (МПа)	0,5-2 (0,05-0,2)
Частота вращения	об/мин	960
Мощность электродвигателя	кВт	40
Размер в плане:		
Длина	мм	1840
Ширина		1360
Высота		1280
Масса агрегата	кг	1150

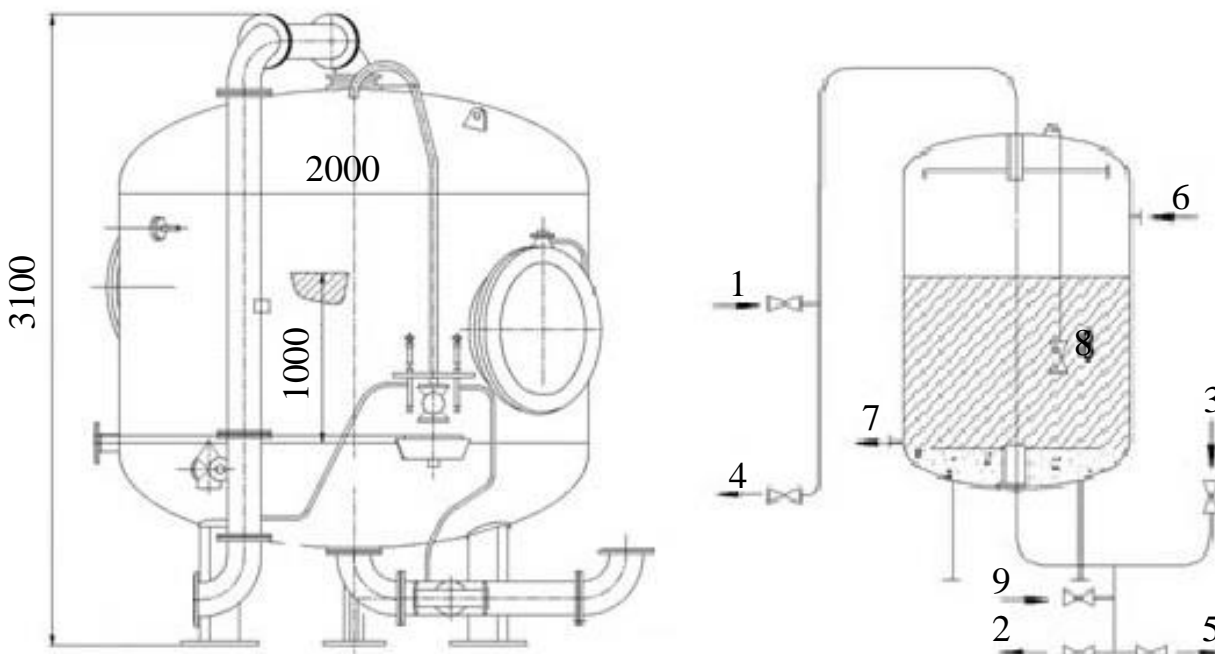
4.4.1. Фильтры доочистки

Доочистка на фильтрах осуществляется путем напорной фильтрации сточной жидкости через слой сорбционно-каталитической загрузки. Блок доочистки состоит из 10 фильтров ФОВ-3,4-0,6. Схема фильтра представлена на рисунке 8. Технические характеристики фильтра представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Технические характеристики фильтра ФОВ-3,4-0,6

Технические характеристики	Единицы измерения	Ф-3,4-0,6
Производительность	м ³ /ч	90
Рабочее давление	МПа (кгс/см ²)	0,6 (6,0)
Температура среды	°С на входе (в корпусе)	45
Объём фильтрующей загрузки	м ³	4,3
Высота фильтрующей загрузки	мм	1000
Габаритные размеры:		
условный диаметр	мм	3400
высота		4280

Масса в объеме заводской поставки	кг, не более	5438
Срок изготовления	дни	15-30



1 – подвод исходной воды; 2 – отвод обработанной воды; 3- подвод промывной воды; 4 отвод промывной воды; 5 – сброс первого фильтрата; 6 - гидрозагрузка фильтрующего материала; 7 – гидровыгрузка фильтрующего материала; 8 – воздушник; 8 – подача сжатого воздуха.

Рисунок 8 – Схема фильтра ФОВ-3,4-0,6

Принятая производительность насосов фильтрации – $100 \text{ м}^3/\text{ч}$. При данной производительности расчетная скорость фильтрации составляет $10 \text{ м}/\text{ч}$, что соответствует рекомендованным скоростям фильтрования. Обратная промывка осуществляется очищенной и обеззараженной водой насосом производительностью $120 \text{ м}^3/\text{ч}$ в течение 6-8 мин, что обеспечивает требуемую интенсивность и продолжительность промывки фильтров. Промывные воды сбрасываются по канализационному коллектору в дренажную насосную станцию и перекачиваются в секции регулирующего резервуара.

Осветительный вертикальный фильтр ФОВ-3,4-0,6 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, состоящий из корпуса, нижнего и верхнего (отбойный щиток) распределительных устройств, трубопроводов, запорной арматуры, пробоотборного устройства и фильтрующей загрузки.

Корпус фильтра ФОВ-3,4-0,6 цилиндрический с с приваренными эллиптическими верхним и нижним днищами. В центре верхнего и нижнего днищ фильтра приварены фланцы, к которым снаружи по фронту фильтра присоединяют трубопроводы, а внутри – сборно-распределительные устройства (НРУ – обеспечивает равномерный сбор обработанной воды и равномерное распределение по сечению фильтра промывочной воды и

сжатого воздуха и ВРУ – служит для гашения энергии потока воды, поступающей на обработку).

К нижнему днищу фильтра приварены 3 опоры для установки его на фундамент. Для загрузки фильтрующего материала и периодического осмотра состояния его поверхности корпус фильтра снабжён верхним лазом. Для гидравлической загрузки фильтрующего материала на цилиндрической части корпуса фильтра имеется штуцер. Для периодического отвода воздуха, скапливающегося в верхней части фильтра, имеется трубка с вентилем.

Принцип действия фильтра ФОВ-3,4-0,6

Осветление воды происходит в результате пропуска её через осветительный фильтр, где грубодисперсные примеси воды методом прилипания к зернам фильтрующего материала, задерживаются на поверхности и в порах фильтрующего материала. В качестве которого может использоваться дробленый антрацит, кварцевый песок и мраморная крошка.

Под давлением до 0,6 МПа исходная вода поступает в фильтр и проходит слой зернистого фильтрующего материала в направлении сверху вниз.

Механические примеси воды (взвесь) задерживаются фильтрующей загрузкой, а осветлённая вода собирается нижней сборно-распределительной системой и отводится из фильтра.

Рабочий цикл фильтра ФОВ-3,4-0,6 заканчивается при достижении одного из заданных показателей:

- разность давления воды, поступающей на обработку;
- обработанная или осветленная, определённого количества, вода за фильтроцикл.

В первом случае работа фильтра ФОВ-3,4-0,6 контролируется по разности показаний манометров, установленных на трубопроводе воды, поступающей на обработку, и трубопроводе, отводящем из фильтра осветлённую воду. Во втором случае фиксируется суммарное количество воды, обработанной за фильтроцикл.

По окончании рабочего цикла фильтр ФОВ-3,4-0,6 отключается от рабочих магистралей для промывки фильтрующей загрузки и удаления задержанных механических примесей.

Промывка производится водой или водой со сжатым воздухом в направлении снизу вверх до резкого посветления, сбрасываемой в дренаж, промывочной воды. По окончании промывки фильтр включается в работу.

В процессе эксплуатации трубопроводы и запорная арматура, расположенные по фронту фильтра ФОВ-3,4-0,6, позволяют переключать все потоки воды и сжатого воздуха и обеспечивают:

- подвод воды к фильтру;
- отвод из фильтра обработанной воды;
- подвод промывочной воды;
- отвод промывочной воды;

- сброс первого фильтрата;
- подвод сжатого воздуха;
- гидровыгрузку фильтрующего материала.

Пробоотборное устройство состоит из трубок, соединённых с трубопроводами воды, подаваемой на обработку, и обработанной воды, вентилей и манометров, показывающих давление до и после фильтра.

Корпус фильтра ФОВ-3,4-0,6, отбойные щитки и трубопроводы изготавливаются из углеродистой стали; доска нижнего распределительного устройства и дренажные колпачки – из полимерных материалов.

4.4.2. Расчет фильтров доочистки

Для доочистки городских сточных вод рекомендуются однослойные и двухслойные фильтры. Фильтры с двухслойной загрузкой имеют лучшие показатели, но их верхний слой загрузки состоит из лёгких материалов, что создаёт трудности с использованием наиболее эффективного способа промывки фильтров водо-воздушной промывкой. Исходя из этого доочистку сточных вод принимается на однослойных фильтрах.

Основные технологические параметры фильтров:

- загрузка – антрацит с диаметром частиц 0,6-1,8 мм при высоте слоя 1200-1300 мм;
- продолжительность промывки $T = 0,2$ ч;
- интенсивность промывки $J = 15$ л/(с · м²).

Требуемая общая площадь фильтров, м², рассчитывается по формуле

$$F_{\text{общ}} = \frac{Q_{\text{общ}}^{\text{сут}}}{12 \cdot V_{\text{ф}}}, \quad (58)$$

где $V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрации в рабочем режиме, м/ч, $V_{\text{ф}} = 10$ м/ч.

$$F_{\text{общ}} = \frac{423}{12 \cdot 10} = 84,6 \text{ м}^2$$

Площадь одного фильтра, м², рассчитывается по формуле

$$f = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (59)$$

где d – диаметр фильтра, м.

$$f = \frac{\pi \cdot 3,4^2}{4} = 9,07 \text{ м}^2$$

Принимаем число фильтров $N = 10$ (9 рабочих + 1 резервный).
Диаметр коллектора трубчатого дренажа, м, рассчитывается по формуле

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot q_{\text{пр}}}{\pi \cdot V_k}}, \quad (60)$$

где $q_{\text{пр}}$ – расход воды на промывку, м³/сут, рассчитывается по формуле

$$q_{\text{пр}} = \frac{J \cdot f \cdot T}{1000}, \quad (61)$$

$$q_{\text{пр}} = \frac{15 \cdot 9,07 \cdot 720}{1000} = 97,95 \text{ м}^3/\text{сут} = 0,0011336 \text{ м}^3/\text{с},$$

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0011336}{\pi \cdot 1,2}} = 0,0012 \text{ м}$$

БПК₂₀ сточных вод после песчаных фильтров снижается на 55% и составляет, мгО₂/л, рассчитывается по формуле

$$L_t = L_a \cdot \frac{100 - 55}{100}, \quad (62)$$

$$L_t = 8 \cdot \frac{100 - 55}{100} = 3,6 \text{ мгО}_2/\text{л}$$

Концентрация взвешенных веществ в сточной воде после ее доочистки, мг/л, рассчитывается по формуле

$$B_1 = B \cdot \frac{100 - 75}{100}, \quad (63)$$

где B – эффективность всего очистного оборудования до доочистки.

$$B_1 = 89,9 \cdot \frac{100 - 75}{100} = 22,475 \text{ мг/л}$$

В данном случае предусматривается устройство закрытых напорных фильтров в зданиях, обеспечивающих хорошую вентиляцию, так как климатическая зона в месте расположения ПОС обладает низкими температурами.

Загрузка фильтров представляет собой антрацит, традиционно используемый много лет для удаления взвешенных частиц и мутности.

4.5 Обеззараживание сточных вод

Наиболее безопасной технологией из безреагентных способов обеззараживания является обработка воды ультрафиолетовым излучением. Ультрафиолетовое обеззараживание воды – это сочетание высокой эффективности уничтожения вредных веществ и микроорганизмов, отсутствия выработки побочных продуктов и безопасной эксплуатации.

Ультразвуковое излучение создает кавитацию в воде. Благодаря кавитации разрушаются оболочки вредных бактерий и вирусов. Также происходит образование активных радикалов, что улучшает эффективность обработки воды ультрафиолетом и приводит к интенсивному окислению органических примесей. Ультразвуковое излучение препятствуют биообрастанию и соляризации как защитной кварцевой трубки, так и внутренней поверхности корпуса реактора.

Для обеспечения надлежащего качества очищенных сточных вод по микробиологическим и паразитологическим показателям на ПОС построена станция ультрафиолетового обеззараживания, благодаря чему есть 100% уверенность, что прошедшая все этапы очистки канализационная вода абсолютно безопасна для человека и окружающей среды.

УФ станция состоит из распределительного резервуара, шести (5 рабочих и 1 резервный) параллельных железобетонных каналов, сборного резервуара и расположенного над ними здания, обеспечивающего необходимые технические и климатические условия для работы УФ оборудования, и оснащённого кран балкой. Нумерация каналов слева направо по ходу движения воды. В каждом из шести каналов установлено по три УФ секции. В каждом канале расположены приборы КИПиА отвечающие за поддержания рабочего уровня.

УФ секция (технологический номер 1_I- 1_ш; 2_I- 2_ш; 3_I- 3_ш; 4_I- 4_ш; 5_I-5_ш; 6_I - 6_ш; (18шт)) состоит из шкафа (блока) ЭПРА и двух модулей 88МЛВ-36А350-М ПКВ, установленных в канале при помощи опоры крепления модулей и связанных со шкафом ЭПРА электрическими кабелями с разъемами. В каждом модуле установлено 36 бактерицидных УФ ламп в защитных кварцевых чехлах. В одном из модулей канала установлен УФ датчик в кварцевом чехле, предназначенный для контроля интенсивности излучения УФ ламп. Продольные оси ламп ориентированы поперек направления потока воды. Каждый модуль оснащён системой механической очистки кварцевых чехлов.

Характеристики модуля 88МЛВ-36А350-М предназначенного для обеззараживания очищенных сточных вод приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Характеристики модуля 88МЛВ-36А350-М

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Напряжение питания	В	380/220±5%

Частота питающего напряжения	Гц	50-60
Коэффициент мощности, не менее	-	0,96
Тип лампы	-	ДБ 350
Срок службы лампы, не менее	час.	12 000

Окончание таблицы 14

Тип ЭПРА	-	Л-3x380-6x350-2222-51
Потребляемая мощность, не более	кВт	13,1
Тепловыделение в одном шкафу ЭПРА, не более	кВт	2,5
Срок службы ЭПРА, не менее	час.	25 000
Количество ламп	шт.	36
Масса, не более	кг	250
Габаритные размеры, не более	мм	1110×800×2112

4.5.1. Описание технологической схемы работы УФ станции

Очищенные сточные воды после вторичных отстойников I и II очереди поступают в камеру №1, где происходит смешение очищенных сточных вод двух очередей. Далее стоки поступают в камеру №2, откуда по двум трубопроводам диаметром 1400 мм направляются в распределительный резервуар станции УФО. Из распределительного резервуара очищенные сточные воды распределяются по каналам, где обтекают кварцевые чехлы и под воздействием УФ излучения, расположенных в них бактерицидных ламп, обеззараживаются. Затем из каналов обеззараженные очищенные сточные воды поступают в сборный резервуар и далее по двум трубопроводам диаметром 1400 мм направляются в камеры №3, №4 и затем по выпускным трубопроводам отводятся в протоку Шумковская р. Енисей.

Показатели технологического режима:

- максимальная проектная производительность станции УФ-обеззараживания составляет – 18300 м³/час.
- максимальный расход через 1 канал не должен превышать 3660 м³/ч.
- минимальный расход через 1 канал не должен быть меньше 1300 м³/ч.

Показатели качества сточных вод, поступающих на УФ-обеззараживание представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Показатели качества сточных вод, поступающих на УФ-обеззараживание

№	Показатель	Значение
1	Взвешенные вещества, не более	30 мг/л
2	БПК ₅ , не более	27 мг/л

3	ХПК, не более	62 мг/л
4	Нефтепродукты, не более	0,53 мг/л
5	Железо общее, не более	0,82 мг/л
6	Коэффициент УФ пропускания, не менее	70 %

Технические характеристики бактерицидного облучателя приведены в таблице 16. Общий вид и схематический разрез УФ-облучателя изображен на рисунке 9, 10 соответственно.

Таблица 16 – Технические характеристики бактерицидного облучателя

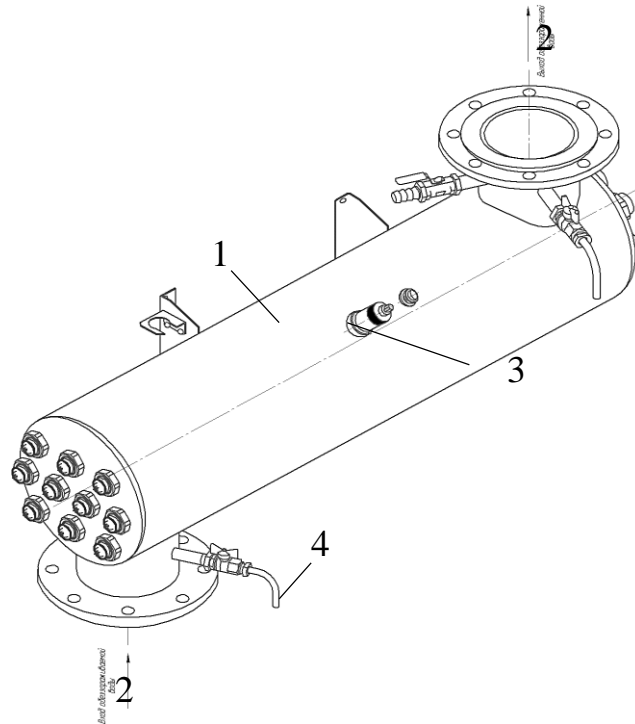
Наименование показателей	Единицы измерения	Значение		
		Вода из поверхностного источника	Вода из подземного источника	Вода, прошедшая глубокую очистку
Производительность установки	м ³ /ч	60	87	133
Доза УФ облучения	мДж/см ²	25	25	25
Потери напора в установке за счет гидравлического сопротивления	см вод. ст.	19	40	92
Минимальный и максимальный расходы	м ³ /ч	20...140		
Условный диаметр входного и выходного патрубков камеры обеззараживания	мм	150		
Рабочее давление в камере обеззараживания, не более	МПа (бар)	1(10)		
Разрежение в камере обеззараживания, не более	МПа (бар)	-0,01 (-0,1)		
Тип лампы		ДБ 300Н		
Количество ламп в камере	шт	10		
Срок службы лампы, не менее	ч	12000		
Напряжение питания	В	220±10%		
Коэффициент мощности	не менее	0,96		
Габариты: камера обеззараживания пульт управления насос промывочный	мм	1231×450×410 800×600×252 512×210×345		
Объем камеры обеззараживания	дм ³	42		

Обеззараживание воды происходит вследствие фотохимического воздействия на бактерии, находящиеся в воде, ультрафиолетовой бактерицидной энергией, излучаемой специальными лампами.

Основными факторами, влияющими на процесс обеззараживания воды бактерицидными облучателями являются:

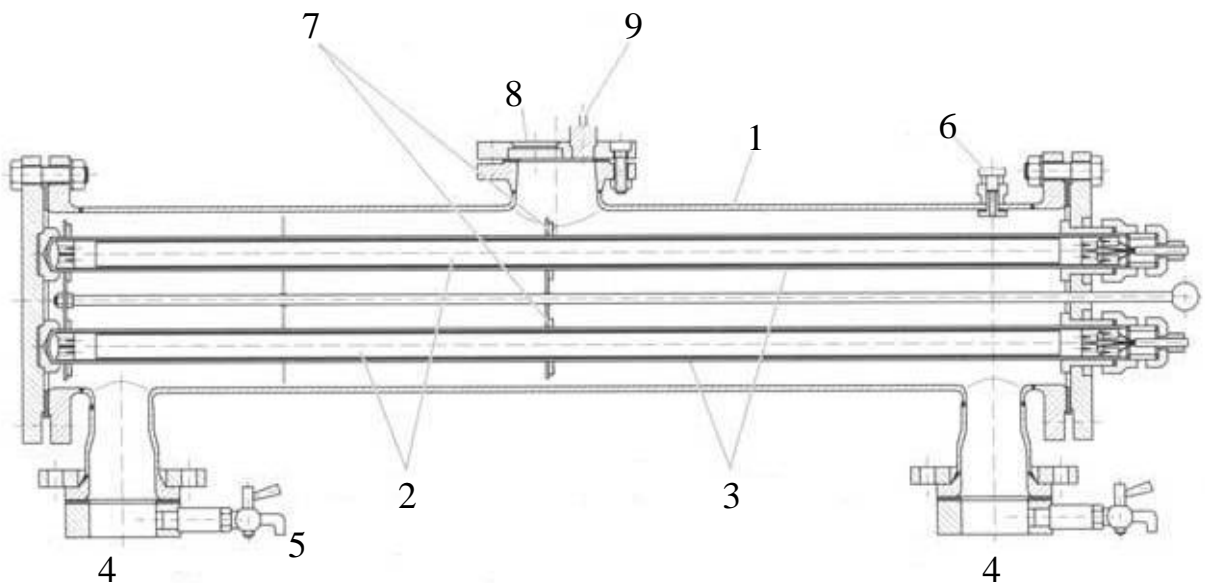
1. бактерицидный поток используемых источников облучения;
2. поглощение излучения водой;
3. сопротивляемость бактерий воздействию бактерицидных лучей.

Для обеззараживания воды могут быть использованы аргоно-ртутные лампы низкого давления, типа БУВ-30 и БУВ-60П, ртутно-кварцевые лампы высокого давления типа ПРК-7 и РКС-2,5.



1 – стальной корпус; 2 – потоки воды; 3 – автоматическая вентиляция; 4 – кран подключения к блоку промывки

Рисунок 9 – Общий вид УФ-облучателя



1 – стальной корпус; 2 – бактерицидные лампы; 3 – кварцевые чехлы; 4 – потоки воды; 5 – кран подключения к блоку промывки; 6 - автоматическая вентиляция; 7 – щётки для очистки кварцевых чехлов; 8 – стекло визуального контроля; 9 – датчик контроля УФ-излучения

Характеристики ламп для бактерицидного облучения приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Характеристика ламп для бактерицидного облучения

Тип ламп	Потребляемая мощность электрической энергии, Вт	Номинальная мощность лампы Вт·ч	Напряжение, В		Сила тока на лампе, А	Бактерицидная облученность, мкВт/см ² ·м	Бактерицидный поток в лампе, Вт	
			В сети	На лампе			Номинальный	Расчетный
БУВ-15	19	15	127	57	0,3	12	1,2	0,8
БУВ-30	36	30	220	110	0,32	30	3,2	2
БУВ-30П	38	30	127	46	0,65	21	2,5	1,7
БУВ-60П	72	60	220	100	0,65	100	6	4
ПРК-7	1000	1000	220	135	8	-	50	35
РКС-2,5	2500	2500	220	850	3,4	-	125	50-75

Расчетный бактерицидный поток, Вт, рассчитывается по формуле

$$F_{\text{б}} = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha \cdot k \cdot \log(P/P_0)}{1563,4 \cdot \eta \cdot \eta_0}, \quad (64)$$

где $Q_{\text{час}}$ – часовой расход обеззараживаемой воды, м³/ч;

α – коэффициент поглощения облучаемой воды см⁻¹, для обработанной воды из поверхностных источников водоснабжения, равен $\alpha = 0,3$ см⁻¹;

k – коэффициент сопротивляемости облучаемых бактерий, принимаемый равным $k = 2500$;

P_0 – количество бактерий в 1 л воды, максимальное расчетное загрязнение исходной воды принимаемое равным $P_0=1000$;

P – количество бактерий после облучения;

η – коэффициент использования бактерицидного потока, для установок с погруженным источником, принимается равным $\eta = 0,9$;

η_0 – коэффициент использования бактерицидного излучения, зависящий от толщины слоя воды, ее физико-химических свойств и конструктивного типа установки, принимается равным $\eta_0 = 0,9$.

$$F_{\text{б}} = \frac{3384,1667 \cdot 0,3 \cdot 2500 \cdot \log(1000/227)}{1563,4 \cdot 0,9 \cdot 0,9} = 1266,354 \text{ Вт} = 1,29 \text{ кВт}$$

Расход электроэнергии на обеззараживание воды, Вт · ч/м³, вычисляется по формуле

$$S = \frac{N_n}{Q_{\text{ч}}}, \quad (65)$$

где N_n – мощность потребляемая одной лампой, Вт.

$$S = \frac{80}{3384,1667} = 0,0236 \text{ Вт} \cdot \text{ч/м}^3$$

Потребляемое количество ламп, шт, определяется по формуле

$$n = F_{\text{с}}/N_n \quad (66)$$

$$n = 1266,354/0,0236 = 29,88 \approx 30 \text{ шт.}$$

Комплектация одного модуля не более 7 ламп, исходя из этого принимается 5 модулей по 6 ламп.

4.5.2. Механическая очистка кварцевых чехлов

В ходе эксплуатации УФ модулей происходит загрязнение внешней поверхности кварцевых чехлов. Это приводит к ослаблению интенсивности УФ излучения, т.е. снижению эффективности обеззараживания. Степень загрязнения кварцевых чехлов контролируется с помощью УФ датчика.

Для предотвращения загрязнения кварцевых чехлов каждый модуль УФ станции укомплектован системой механической очистки.

Плиты механической очистки приходят в движение от пневмоцилиндра, расположенного на центральной стойке лампового модуля. Подача воздуха в пневмоцилиндр осуществляется от компрессора через систему пневмоавтоматики, размещённую в шкафу управления.

Управление системой механической очистки осуществляется с панелей управления пультов управления и контроля УФ станции. В режиме местного управления существует возможность включения/выключения механической очистки УФ модулей канала с панели управления шкафа управления лоткового.

Производителем установлен интервал включения системы механической очистки, равный 12 часов. При включении системы происходит 5 возвратно-поступательных проходов верхней и нижней плиты модулей. В случаях интенсивного загрязнения кварцевых чехлов, связанных с аварийным ухудшением физико-химического качества поступающей на обеззараживание воды, имеется возможность изменения интервала включения системы механической очистки.

Интервал включения системы механической очистки уточняется по результатам реальной эксплуатации УФ станции в течение полугода.

В ходе эксплуатации производится механическая очистка также и секций, находящихся в резерве с выключенными УФ лампами.

При загрязнении кварцевых чехлов, не устраняемом механическим путем, предусмотрена возможность химической промывки модулей в отдельно расположенной емкости – приемке промывочном.

4.5.3. Химическая промывка УФ модулей

В процессе эксплуатации УФ модулей наружные поверхности кварцевых чехлов покрываются тонкой пленкой загрязнений, которая не удаляется механической очисткой. Наличие таких загрязнений уменьшает интенсивность УФ излучения, и, следовательно, снижает эффективность обеззараживания. Для удаления таких загрязнений применяется химическая промывка.

Показаниями к проведению химической промывки чехлов служит устойчивое (более 2-х недель) снижение показаний УФ датчиков, не связанное со спадом интенсивности УФ излучения.

Периодичность проведения химической промывки уточняется по результатам реальной эксплуатации УФ станции в течение полугода.

Также химическая промывка модулей производится при выводе канала в резерв, а также перед вводом его в работу из резерва при нахождении его в резерве в течение более 7-ми суток.

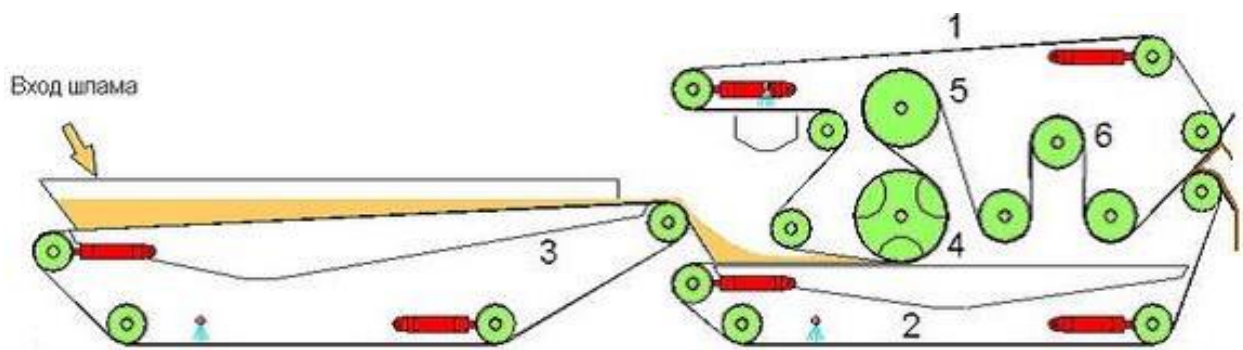
При химической промывке УФ модулей вначале в работу вводится резервный канал, затем выводится на техническое обслуживание из работы рабочий канал.

4.6 Обезвоживание осадка

Технологическая схема предполагает, что в процессе обработки воды из первичных и вторичных отстойников выводится осадок. Накопление и первичная обработка осадка (аэробная стабилизация) происходят в резервуаре накопителе-уплотнителе осадка (подземное железобетонное исполнение).

Аэрация иловой смеси предусматривается погружными аэраторами эжекторного типа. Осадок уплотняется перед началом процесса механического обезвоживания в течение 3-5 ч.

Обезвоживание осадка осуществляется на ленточном фильтр-прессе, представленном на рисунке 11.



1 – верхний слой ленты; 2 – нижний слой ленты; 3 – гравитационная дегидратация; 4 – секция низкого давления; 5 – секция среднего давления; 6 – секция высокого давления.

Рисунок 11 – Схема работы ленточного фильтра

Принцип работы ленточного фильтр-пресса заключается в смешении осадка сточных вод полимерным коагулянтom и применении методов сжатия и резки для разрушения границ между грязным осадком и молекулами воды для достижения цели дегидратации, скорость которой и степень влажности зависит от дизайна и устройства валового давления, а также новой технологии угла сдвига на входе грязи.

Процесс дегидратации включает в себя смешение входящего осадка сточных вод, гравитационную дегидратацию, клинообразное предварительное натяжение, вал низкого давления, вал среднего давления и вал высокого давления для отжима воды.

1. Смешение входящего осадка сточных вод: уникальная конструкция резервуара способствует смешиванию грязевого осадка и химических веществ при постоянной скорости для выполнения соединительных реакций.

2. Гравитационная дегидратация: высокоточный дизайн направляющих планок и сепараторов с соответствующей сеткой могут удалить большую часть воды с поверхности без разрушения соединений структуры осадка.

3. Клинообразное предварительное натяжение: метод, представляющий собой простое гармоническое предварительное натяжение для постепенно возрастающего давления для стабилизации входа осадка и избегания боковой утечки грязи.

4. Вал низкого давления: равномерное распределение отверстий на поверхности способствует стоку большого количества свободной воды. Благодаря относительной скорости и касательному напряжению между фильтровальными тканями и валами происходит легкое трение, что перекомпоновывает осадок.

5. Вал среднего давления: ключевой момент заключается в том, как уменьшить натяжение резательной поверхности маленького вала, чтобы постепенно повышать давление для удаления капиллярно-спаренной воды среди частиц осадка.

6. Вал высокого давления: повышает давление фильтровальной ткани и срезающего усилия до максимально возможного, чтобы окончательно

разрушить структуру шлама и молекул воды, а также спрессовать их на поверхности фильтровальной ткани, чтобы удалить свободную воду. Шлам счищается с помощью резинового валика и срезающего усилия.

Для улучшения влагоотдающих свойств, осадок обрабатывается флокулянтами. Ориентировочный расход флокулянта 5-10 г/кг осадка по сухому веществу. Учитывая наличие коагулянта в иловой смеси, расход флокулянта может быть существенно снижен и определен опытным путем в процессе проведения пуско-наладочных работ.

Объем обезвоженного на фильтр-прессе осадка снижается в 18-20 раз по сравнению с первоначальным объемом. Фильтрат из фильтр-пресса сбрасывается в контейнер и вывозится на утилизацию, фильтрат и надильная вода по системе производственной канализации отводятся в дренажную насосную станцию и перекачиваются в регулирующий резервуар.

Заполненные контейнеры с обезвоженным осадком вывозятся на площадку временного хранения для последующего вывоза автотранспортом с территории очистных сооружений на полигон для утилизации.

Для аварийных случаев с оборудованием механического обезвоживания проектом предусмотрено использование аварийных иловых площадок.

Отходы производства

На очистных сооружениях образуются отходы 3-х наименований III класса опасности (мусор, песок, обезвоженный осадок очистных сооружений).

Проектом предусматривается временное хранение образующихся отходов в специальных герметичных контейнерах на асфальтобетонной площадке с навесом для защиты от атмосферных осадков.

Отбросы с решеток:

- по объему = 445,041 м³/сут = 162439,965 м³/год;
- по сухому веществу = 333,78 т/сут = 121829,7 т/год.

Количество песка с песколовки:

- по объему = 12,18 м³/сут = 4445,7 м³/год;
- по сухому веществу = 7,3 т/сут = 2664,5 т/год.

Количество осадка образующегося при первичном отстаивании при принятой эффективности 96 %:

- по объему = 253,4 м³/сут = 92491 м³/год;
- по сухому веществу = 12,67 т/сут = 1,77 т/год.

Количество осадка образующегося при вторичном отстаивании:

- по объему = 6952,4 м³/сут = 2537637,68 м³/год;
- по сухому веществу = 1390,48 т/сут = 507525,2 т/год.

Общее суточное количество осадка по сухому веществу составляет, т:

$$Q_{oc} = 12,67 + 1390,48 = 1403,15 \text{ т/сут}$$

Общий суточный объем осадка составляет, м³:

$$W_{oc} = 253,4 + 6952,4 = 7205,8 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Обезвоживание осадка предусматривается в 2 стадии:

1. Предварительное обезвоживание на барабанном сгустителе до влажности 92-97%;
2. Финишное обезвоживание на фильтр-прессе до влажности 80%.
Объем уплотненного до влажности 98% осадка:

$$W = ((12,67 + 1390,48) \cdot 100) / ((100 - 98) \cdot 1,02) = 68781,86 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Количество отделяемой иловой воды, м³/сут:

$$68781,86 - 1403,15 = 67378,7 \text{ м}^3/\text{сут}$$

В кек переходит 92% сухого вещества, т/сут:

$$(12,67 + 1390,48) \cdot 0,92 = 1290,898 \text{ т/сут}$$

Количество обезвоженного на фильтр-прессе осадка (кек) до влажности 80%, м³/сут:

$$W_{\text{обезв}} = (1290,898 \cdot 100) / ((100 - 80) \cdot 0,8) = 8068,11 \text{ м}^3/\text{сут}$$

Годовое количество обезвоженного осадка – 2944860,15 м³/год.

Количество фильтрата (фугат) после механического обезвоживания, м³/сут:

$$68781,86 - 8068,11 = 60713,75 \text{ м}^3/\text{сут}$$

4.7 Расчет аварийных иловых площадок

Иловые площадки предусматриваются как аварийные для обезвоживания, наливаемого небольшим слоем на иловые карты образующегося осадка и его просушивания. Часть влаги испаряется, а часть организованно отводится через дренажи, заложенные в основании иловых площадок, в канализационную сеть.

Площадь иловых площадок рассчитана в зависимости от количества осадка, его структуры и климатических условий.

Годовой объем осадка, перекачиваемого на аварийные иловые площадки, составит – 8831,4 м³/год, на полную производительность – 29645300 м³/год.

Для засыпки дренажа применяется только отмытый и сортированный материал.

Для складирования песка предусматриваются песковые площадки.

При отключении фильтр-пресса предусмотрен сброс на иловые площадки существующих очистных сооружений. Объем сброса рассчитан на 20% годового количества осадка.

Аварийные иловые площадки рассчитываем на 20% производительности станции, нагрузку принимаем на иловые площадки (аварийные), на искусственном основании с дренажем.

Требуемая площадь иловых площадок, м², рассчитывается по формуле

$$F_{\text{ил.пл.}} = \frac{V_{\text{исх.}} \cdot 365}{q_{\text{уд.}} \cdot k_1} \cdot 0,2, \quad (67)$$

где $V_{\text{исх}}$ – объем уплотненного осадка, м³; =7,68

0,2 – коэффициент аварийного запаса;

$q_{\text{уд}}$ – удельная нагрузка на площадку, $q_{\text{уд}} = 0,8 \text{ м}^3/\text{м}^3 \cdot \text{год}$

k_1 – климатический коэффициент, принимается согласно [2] $k_1 = 0,9$.

$$F_{\text{ил.пл.}} = \frac{7,68 \cdot 365}{0,8 \cdot 0,9} \cdot 0,2 = 778,78 \text{ м}^2 = 0,0778 \text{ га}$$

Полная площадь иловых площадок с валиками и проездами, м², рассчитывается по формуле

$$F_{\text{полн.}} = F_{\text{ил.пл.}} \cdot k_2, \quad (68)$$

где $F_{\text{ил.пл.}}$ – требуемая площадь иловых площадок, м²;

$k_2 = 1,2-1,4$.

$$F_{\text{полн.}} = 778,78 \cdot 1,3 = 1012,4 \text{ м}^2 = 0,10124 \text{ га}$$

Площадь одной карты, м², определяется по формуле

$$f_{\text{карт}} = \frac{V_{\text{исх.}}}{h_{\text{сл.}}}, \quad (69)$$

где $V_{\text{исх}}$ – объем уплотненного осадка, м³;

$h_{\text{сл}}$ – слой одноразового напуска, $h_{\text{сл}} = 0,25-0,3$.

$$f_{\text{карт}} = \frac{7,68}{0,27} = 28,448 \text{ м}^2 = 0,0028448 \text{ га}$$

Высота слоя намораживания, м, определяется по формуле

$$h_{\text{н}} = \frac{V_{\text{исх.}} \cdot t_{\text{н}} \cdot k_3}{F_{\text{пл.}} \cdot k_4}, \quad (70)$$

где $V_{исх}$ – объем уплотненного осадка, м³;
 t_n – период намораживания, $t_n = 110$ дней;
 k_3 – коэффициент, учитывающий уменьшение объёма осадка вследствие зимней фильтрации и испарения, $k_3 = 0,75$;
 k_4 – часть площади, отводимой под зимнее намораживание, $k_4 = 0,8$;
 $F_{пл}$ – требуемая площадь иловых площадок, м².

$$h_n = \frac{7,68 \cdot 110 \cdot 0,75}{1012,4 \cdot 0,8} = 0,782 \text{ м}$$

Высота валика, м, определяется по формуле

$$h_{вал} = h_n + 0,1, \quad (71)$$

где h_n – высота слоя намораживания, м.

$$h_{вал} = 0,782 + 0,1 = 0,882 \text{ м}$$

Высота валика принимается равной 1 м.

4.8 Расчет площадки для компостирования

Кек вывозится на площадки для компостирования грядами с водонепроницаемым бетонным основанием. В качестве наполнителя может использоваться торф, опилки, листья.

Требуемый объём при складировании в течение $n_m = 6$ месяцев, м³, рассчитывается по формуле

$$V_{км} = W_k \cdot n_m \cdot n_{дн/м}, \quad (72)$$

где $n_{дн/м}$ – количество дней в месяце, $n_{дн/м} = 30$ дней.

$$V_{км} = 8068,11 \cdot 6 \cdot 30 = 1452259,8 \text{ м}^3$$

Необходимая площадь для компостирования при высоте слоя насыпки $h = 1,5$ м и коэффициенте использования площадки $k = 0,5$, рассчитывается по формуле

$$F_{км} = \frac{V_{км}}{h \cdot k}, \quad (73)$$

$$F_{км} = \frac{725,868}{1,5 \cdot 0,5} = 967,8 \text{ м}^2 = 0,967 \text{ га}$$

Принимаем площадку для компостирования размером 194×194 м.

5. Нормативно-правовое обеспечение

Основу законодательства Российской Федерации по отведению сточных вод от населения и предприятий составляют:

1. Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 N 6-ФКЗ, от 30.12.2008 N 7-ФКЗ, от 05.02.2014 N 2-ФКЗ, от 21.07.2014 N 11-ФКЗ) [1].

2. Федеральный закон РФ 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (ред. от 03.07.2016 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017) [2].

3. Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении» (ред. от 19.12.2016) [3].

4. Федеральный закон РФ от 30.03.1999 № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (ред. от 03.07.2016, с изм. и доп., вступ. в силу с 04.07.2016) [4].

5. Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации» (ред. от 31.10.2016) [5].

6. Федеральный закон от 20.12.2004 №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов» (последняя редакция) [6].

Конституция Российской Федерации

Статья 42. Каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, достоверную информацию о ее состоянии и на возмещение ущерба, причиненного его здоровью или имуществу экологическим правонарушением.

Федеральный закон РФ 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»

Настоящий Федеральный закон определяет правовые основы государственной политики в области охраны окружающей среды, обеспечивающие сбалансированное решение социально-экономических задач, сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущих поколений, укрепления правопорядка в области охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.

Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Основные принципы охраны окружающей среды, которыми должно руководствоваться любое физическое и юридическое лицо на территории страны:

- соблюдение права человека на благоприятную окружающую среду;
- обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека;
- научно обоснованные сочетания экологических, экономических интересов и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среде;
- ответственность органов государственной власти РФ, субъектов РФ, органов местного самоуправления за обеспечение благоприятной окружающей среды и экологической безопасности на соответствующих территориях;
- платность природопользования и возмещение вреда окружающей среде;
- независимость контроля в области окружающей среды;
- презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности;
- обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

Нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов.

Государственными стандартами и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды устанавливаются:

- требования, нормы и правила в области охраны окружающей среды к продукции, работам, услугам и соответствующим методам контроля;
- ограничения хозяйственной и иной деятельности в целях предотвращения ее негативного воздействия на окружающую среду;
- порядок организации деятельности в области охраны окружающей среды и управления такой деятельностью.

Негативное воздействие на окружающую среду является платным.

Федеральный закон от 07.12.2011 № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении»

Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере водоснабжения и водоотведения.

Статья 7. Водоснабжение и водоотведение осуществляются в соответствии с правилами водоснабжения и водоотведения, утверждаемыми Правительством Российской Федерации и определяющими соответственно:

- требования к составу и свойствам сточных вод, отводимых в централизованные системы водоотведения, устанавливаемые в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованной системы водоотведения, в том числе с учетом видов таких систем;
- порядок подачи абонентами декларации о составе и свойствах сточных вод, отводимых в централизованную систему водоотведения;

- порядок предоставления организацией, осуществляющей водоотведение, в территориальные органы федерального органа исполнительной власти, осуществляющего государственный экологический надзор, информации об изменении состава и свойств сточных вод по сравнению с заявленными абонентом в декларации о составе и свойствах сточных вод.

Статья 26. Предотвращение негативного воздействия на окружающую среду при осуществлении водоотведения

1. В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду для объектов централизованных систем водоотведения устанавливаются нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов, а также лимиты на сбросы загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов.

2. Организация, осуществляющая водоотведение, разрабатывает план снижения сбросов и утверждает такой план по согласованию с уполномоченным органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации, органом местного самоуправления и территориальным органом федерального органа исполнительной власти, осуществляющего государственный экологический надзор.

3. Орган местного самоуправления обязан при разработке технического задания на разработку или корректировку инвестиционной программы предусматривать мероприятия по охране окружающей среды в сфере водоотведения, в том числе в части снижения сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов. Указанные мероприятия подлежат включению в план снижения сбросов.

4. Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации обязаны не реже одного раза в год размещать в средствах массовой информации и на официальном сайте субъекта Российской Федерации в сети «Интернет» сведения об очистке сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения на территории субъекта Российской Федерации, информацию о планах снижения сбросов организаций, осуществляющих водоотведение, и их абонентов и об итогах реализации таких планов.

Статья 30. Контроль состава и свойств сточных вод

1. Контроль состава и свойств сточных вод, отводимых абонентами в централизованную систему водоотведения, осуществляется организацией, осуществляющей водоотведение, либо уполномоченной ею организацией в соответствии с программой контроля состава и свойств сточных вод в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

2. Программа контроля состава и свойств сточных вод включает:

- перечень абонентов, для объектов которых установлены нормативы допустимых сбросов абонентов;
- указание периодичности планового контроля абонентов и основания для проведения внепланового контроля;

- указание мест отбора проб сточных вод.

3. Анализ отобранных проб сточных вод осуществляется юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, аккредитованными в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации. Данные анализов отобранных проб сточных вод используются при проведении проверок территориальным органом федерального органа исполнительной власти, осуществляющего государственный экологический надзор.

Федеральный закон от 30.03.1999 №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»

Настоящий Федеральный Закон направлен на обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения как одного из основных условий реализации конституционных прав граждан на охрану здоровья и благоприятную окружающую среду.

Санитарно-эпидемиологические требования к водным объектам

1. Водные объекты, используемые в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также в лечебных, оздоровительных и рекреационных целях, в том числе водные объекты, расположенные в границах городских и сельских населенных пунктов, не должны являться источниками биологических, химических и физических факторов вредного воздействия на человека.

2. Критерии безопасности и (или) безвредности для человека водных объектов, в том числе предельно допустимые концентрации в воде химических, биологических веществ, микроорганизмов, уровень радиационного фона устанавливаются санитарными правилами.

3. Использование водного объекта в конкретно указанных целях допускается при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии водного объекта санитарным правилам и условиям безопасного для здоровья населения использования водного объекта.

4. Для охраны водных объектов, предотвращения их загрязнения и засорения устанавливаются в соответствии с законодательством Российской Федерации согласованные с органами, осуществляющими федеральный государственный санитарно-эпидемиологический надзор, нормативы предельно допустимых вредных воздействий на водные объекты, нормативы предельно допустимых сбросов химических, биологических веществ и микроорганизмов в водные объекты.

5. Органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органы местного самоуправления, индивидуальные предприниматели и юридические лица в случае, если водные объекты представляют опасность для здоровья населения, обязаны в соответствии с их полномочиями принять меры

по ограничению, приостановлению или запрещению использования указанных водных объектов.

Границы и режим зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения устанавливаются органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации при наличии санитарно-эпидемиологического заключения о соответствии их санитарным правилам.

Санитарно-эпидемиологические требования к питьевой воде, а также к питьевому и хозяйственно-бытовому водоснабжению

1. Питьевая вода должна быть безопасной в эпидемиологическом и радиационном отношении, безвредной по химическому составу и должна иметь благоприятные органолептические свойства.

2. Организации, осуществляющие горячее водоснабжение, холодное водоснабжение с использованием централизованных систем горячего водоснабжения, холодного водоснабжения, обязаны обеспечить соответствие качества горячей и питьевой воды указанных систем санитарно-эпидемиологическим требованиям.

СанПиН 2.1.5.980-00 «2.1.5. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод».

СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения».

СанПиН 2.1.4.1110-02 «Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения».

ГОСТ 17.1.1.02-77 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов».

Распространяется на водные объекты единого государственного водного фонда и устанавливает классификацию водных объектов по категориям и классам, отражающим их физико-географические, режимные и морфометрические особенности.

ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения».

Распространяется на поверхностные воды и устанавливает общие требования к охране их от загрязнения. Стандарт не распространяется на воды морей.

ГОСТ 17.1.1.03- 86 «Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований».

Распространяется на водопользования, связанные с эксплуатацией объектов водного фонда. Стандарт не распространяется на системы водопровода и канализации.

Федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации»

Водное законодательство и изданные в соответствии с ним нормативные правовые акты основываются на следующих принципах:

- значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека. Регулирование водных отношений осуществляется исходя из представления о водном объекте как о важнейшей составной части окружающей среды, среде обитания объектов животного и растительного мира, в том числе водных биологических ресурсов, как о природном ресурсе, используемом человеком для личных и бытовых нужд, осуществления хозяйственной и иной деятельности, и одновременно как об объекте права собственности и иных прав;
- приоритет охраны водных объектов перед их использованием. Использование водных объектов не должно оказывать негативное воздействие на окружающую среду;
- сохранение особо охраняемых водных объектов, ограничение или запрет использования которых устанавливается федеральными законами;
- целевое использование водных объектов. Водные объекты могут использоваться для одной или нескольких целей;
- приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно- бытового водоснабжения перед иными целями их использования. Предоставление их в пользование для иных целей допускается только при наличии достаточных водных ресурсов;
- участие граждан, общественных объединений в решении вопросов, касающихся прав на водные объекты, а также их обязанностей по охране водных объектов. Граждане, общественные объединения имеют право принимать участие в подготовке решений, реализация которых может оказать воздействие на водные объекты при их использовании и охране. Органы государственной власти, органы местного самоуправления, субъекты хозяйственной и иной деятельности обязаны обеспечить возможность такого участия в порядке и в формах, которые установлены законодательством Российской Федерации;

- равный доступ физических лиц, юридических лиц к приобретению права пользования водными объектами, за исключением случаев, предусмотренных водным законодательством;
- равный доступ физических лиц, юридических лиц к приобретению в собственность водных объектов, которые в соответствии с настоящим Кодексом могут находиться в собственности физических лиц или юридических лиц;
 - регулирование водных отношений в границах бассейновых округов (бассейновый подход);
 - регулирование водных отношений в зависимости от особенностей режима водных объектов, их физико- географических, морфометрических и других особенностей;
 - регулирование водных отношений исходя из взаимосвязи водных объектов и гидротехнических сооружений, образующих водохозяйственную систему;
 - гласность осуществления водопользования. Решения о предоставлении водных объектов в пользование и договоры водопользования должны быть доступны любому лицу, за исключением информации, отнесенной законодательством Российской Федерации к категории ограниченного доступа;
 - комплексное использование водных объектов. Использование водных объектов может осуществляться одним или несколькими водопользователями;
 - платность использования водных объектов. Пользование водными объектами осуществляется за плату, за исключением случаев, установленных законодательством Российской Федерации;
 - экономическое стимулирование охраны водных объектов. При определении платы за пользование водными объектами учитываются расходы водопользователей на мероприятия по охране водных объектов;
 - использование водных объектов в местах традиционного проживания коренных малочисленных народов Севера, Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации для осуществления традиционного природопользования.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов включают в себя систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании и являются основой осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов.

Схемы комплексного использования и охраны водных объектов разрабатываются в целях:

- определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты;

- определения потребностей в водных ресурсах в перспективе;
- обеспечения охраны водных объектов;
- определения основных направлений деятельности по предотвращению негативного воздействия вод.

Схемами комплексного использования и охраны водных объектов устанавливаются:

- целевые показатели качества воды в водных объектах на период действия этих схем;
- перечень водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов;
- водохозяйственные балансы, предназначенные для оценки количества и степени освоения доступных для использования водных ресурсов в границах речных бассейнов и представляющие собой расчеты потребностей водопользователей в водных ресурсах по сравнению с доступными для использования водными ресурсами в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности (с учетом неравномерного распределения поверхностного и подземного стоков вод в различные периоды, территориального перераспределения стоков поверхностных вод, пополнения водных ресурсов подземных водных объектов);
- лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и лимиты сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности;
- квоты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и сброса сточных вод, соответствующих нормативам качества, в границах речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности в отношении каждого субъекта Российской Федерации;
- основные целевые показатели уменьшения негативных последствий наводнений и других видов негативного воздействия вод, перечень мероприятий, направленных на достижение этих показателей;
- предполагаемый объем необходимых финансовых ресурсов для реализации схем комплексного использования и охраны водных объектов.

Разработка и установление нормативов допустимого воздействия на водные объекты и целевых показателей качества воды в водных объектах

Поддержание поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем требованиям законодательства, обеспечивается путем установления и соблюдения нормативов допустимого воздействия на водные объекты.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты разрабатываются на основании предельно допустимых концентраций

химических веществ, радиоактивных веществ, микроорганизмов и других показателей качества воды в водных объектах.

Утверждение нормативов допустимого воздействия на водные объекты осуществляется в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Количество веществ и микроорганизмов, содержащихся в сбросах сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, не должно превышать установленные нормативы допустимого воздействия на водные объекты.

Виды водопользования

По способу использования водных объектов водопользование подразделяется на:

- водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов при условии возврата воды в водные объекты;
- водопользование с забором (изъятием) водных ресурсов из водных объектов без возврата воды в водные объекты;
- водопользование без забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов.

Основные требования к использованию водных объектов

При проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации гидротехнических сооружений должны предусматриваться и своевременно осуществляться мероприятия по охране водных объектов, а также водных биологических ресурсов и других объектов животного и растительного мира.

При использовании водных объектов, входящих в водохозяйственные системы, не допускается изменение водного режима этих водных объектов, которое может привести к нарушению прав третьих лиц.

Работы по изменению или обустройству природного водоема, или водотока проводятся при условии сохранения его естественного происхождения.

Использование водных объектов для целей сброса сточных, в том числе дренажных, вод

Использование водных объектов для целей сброса сточных, в том числе дренажных, вод осуществляется с соблюдением требований, предусмотренных настоящим Кодексом и законодательством в области охраны окружающей среды.

1. Запрещается сброс сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты:

- содержащие природные лечебные ресурсы;
- отнесенные к особо охраняемым водным объектам.

2. Запрещается сброс сточных, в том числе дренажных, вод в водные объекты, расположенные в границах:

- зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;
- первой, второй зон округов санитарной (горно- санитарной) охраны лечебно- оздоровительных местностей и курортов;
- рыбоохранных зон, рыбохозяйственных заповедных зон.

3. Сброс сточных, в том числе дренажных, вод может быть ограничен, приостановлен или запрещен по основаниям и в порядке, которые установлены федеральными законами.

Основные требования к охране водных объектов

Собственники водных объектов осуществляют мероприятия по охране водных объектов, предотвращению их загрязнения, засорения и истощения вод, а также меры по ликвидации последствий указанных явлений. Охрана водных объектов, находящихся в федеральной собственности, собственности субъектов Российской Федерации, собственности муниципальных образований, осуществляется исполнительными органами государственной власти или органами местного самоуправления в пределах их полномочий в соответствии со статьями 24- 27 настоящего Кодекса.

При использовании водных объектов физические лица, юридические лица обязаны осуществлять водохозяйственные мероприятия и мероприятия по охране водных объектов в соответствии с настоящим Кодексом и другими федеральными законами, а также правилами охраны поверхностных водных объектов и правилами охраны подземных водных объектов, утвержденными Правительством Российской Федерации.

Охрана водных объектов от загрязнения и засорения

Сброс в водные объекты и захоронение в них отходов производства и потребления, в том числе выведенных из эксплуатации судов и иных плавучих средств (их частей и механизмов), запрещаются.

Проведение на водном объекте работ, в результате которых образуются твердые взвешенные частицы, допускается только в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации.

Меры по предотвращению загрязнения водных объектов вследствие аварий и иных чрезвычайных ситуаций и по ликвидации их последствий определяются законодательством Российской Федерации.

Содержание радиоактивных веществ, пестицидов, агрохимикатов и других опасных для здоровья человека веществ и соединений в водных объектах не должно превышать соответственно предельно допустимые уровни естественного радиационного фона, характерные для отдельных водных

объектов, и иные установленные в соответствии с законодательством Российской Федерации нормативы.

Захоронение в водных объектах ядерных материалов, радиоактивных веществ запрещается.

Сброс в водные объекты сточных вод, содержание в которых радиоактивных веществ, пестицидов, агрохимикатов и других опасных для здоровья человека веществ и соединений превышает нормативы допустимого воздействия на водные объекты, запрещается.

Проведение на основе ядерных и иных видов промышленных технологий взрывных работ, при которых выделяются радиоактивные и (или) токсичные вещества, на водных объектах запрещается.

Захоронение в морях или их отдельных частях донного грунта допускается в соответствии с международными договорами Российской Федерации и законодательством Российской Федерации.

Федеральный закон от 20.12.2004 №166-ФЗ «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов»

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения и требования к водному режиму водных объектов рыбохозяйственного значения

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения, разрабатываются и утверждаются в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Сброс в водные объекты рыбохозяйственного значения и рыбоохранные зоны вредных веществ, предельно допустимые концентрации которых в водах водных объектов рыбохозяйственного значения не установлены, запрещается.

Установление требования к водному режиму водных объектов рыбохозяйственного значения (ограничение объема безвозвратного изъятия поверхностных вод, обеспечение оптимального уровня воды и сбросов вод в рыбохозяйственных целях) должно обеспечивать сохранение водных биоресурсов.

Федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ «О техническом регулировании»

Настоящий закон является техническим регламентом и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к таким объектам технического регулирования, как вода, содержит правила и методы отбора образцов, исследований и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была рассмотрена технологическая схема очистки хозяйственно-бытовых сточных вод на примере правобережных очистных сооружениях г. Красноярска. Анализ процессов на каждой стадии очистки показал её «слабые» звенья, что было основой разработки оптимизации схемы очистки.

В данной бакалаврской работе предложено оптимизировать стадию механической очистки путем замены механических решеток и песколовок на автоматизированный модуль из-за устаревшего оборудования, а в первичных отстойниках предусмотреть узел ацидификации, так как в отстойниках снижается количество органики для биомассы в аэротенках. На биологической стадии повысить эффективность очистки предлагается за счёт использования импульсной эжектрной системы аэрации аэротенков-смесителей, так же предлагается ввести стадию доочистки сточных вод из-за достаточно большого выноса загрязняющих веществ после биологической очистки. Для каждого предложенного решения произведен расчёт, показывающий снижение загрязняющих веществ на каждой оптимизируемой стадии.

Предложенная оптимизация оправдывает себя и позволяет осуществлять сброс сточных вод без особого вреда водному объекту. Кроме того, использование предложенной схемы очистки позволит улучшить экологическую ситуацию за счет ещё большего снижения загрязнения и защитить окружающую среду и человека от его же деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс] : принята всенародным голосованием 12.12.1993, с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 №6-ФКЗ, от 30.12.2008 №7-ФКЗ, от 05.02.2014 №2-ФКЗ, от 21.07.2014 №11-ФКЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
2. Об охране окружающей среды [Электронный ресурс] : федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 №7-ФЗ, в ред. от 03.07.2016 с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2017// Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
3. О водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс] : федеральный закон Российской Федерации от 07.12.2011 №416-ФЗ в ред. от 19.12.2016 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
4. О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения [Электронный ресурс] : закон Российской Федерации от 30.03.1999 №52-ФЗ в ред. от 03.07.2016, с изм. и доп., вступ. в силу с 04.07.2016 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
5. Водный кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] : федеральный закон от 03.06.2006 № 74-ФЗ в ред. от 31.10.2016 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
6. О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов [Электронный ресурс] : федеральный закон от 20.12.2004 №166-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
7. О техническом регулировании [Электронный ресурс] : федеральный закон от 27.12.2002 №184-ФЗ // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: <http://www.consultant.ru>.
8. ГОСТ 17.1.1.02- 77 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – Введен 01.07.1978. // Справочная правовая система «Консорциум кодекс». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.
9. ГОСТ 17.1.3.13- 86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. – Введен 07.07.1986. // Справочная правовая система «Консорциум кодекс». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.
10. ГОСТ 17.1.1.03- 86 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований. – Введен 25.06.1986. // Справочная правовая система «Консорциум кодекс». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.
11. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем

горячего водоснабжения. – Введен 26.09.2001. // Справочная правовая система «Консорциум кодекс». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.

12. СанПиН 2.1.4.1110-02 Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения. – Введен 01.06.2002. // Справочная правовая система «Консорциум кодекс». – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.

13. СанПиН 2.1.5-980-00 Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. – Введен 22.06.2000. – Москва : Стройиздат, 2012. – 15 с.

14. СНиП 2.04.03-85. Очистные сооружения. – Введен 29.09.1995. – Москва : Стройиздат, 2005. – 48 с.

15. СНиП 2.04.03-85 Канализация. Наружные сети и сооружения. – Введен 21.05.1985. – Москва : Стройиздат, 1986. – 39 с.

16. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99. – Введен 30.06.2012. – Москва : Стройиздат, 2012. – 44 с.

17. СТО 4.2-07-2014 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введен 09.01.2014. – Красноярск : ИПК СФУ, 2014. – 60 с.

18. Справочное пособие к СНиП 2.04.03-85. Проектирование сооружений для очистки сточных вод. – Москва : Стройиздат, 1990. – 191 с.

19. МДК 3-02.2001. Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения, и канализации. – Введен 30.12.1999. – Москва : 2000. – 57 с.

20. МУ 2.1.5.800-99. Организация госсанэпиднадзора за обеззараживанием сточных вод. Методические указания. – Введен 01.06.2000. – Москва : Минздрав, 2000. – 15 с.

21. МУ 2.1.5.732-99. Санитарно-эпидемиологический надзор за обеззараживанием сточных вод ультрафиолетовым излучением. – Введен 11.05.1999. – Москва : Минздрав, 2000. – 13 с.

22. Приказ «об утверждении инвестиционной программы ООО «КрасКом» в сфере водоснабжения и водоотведения правобережной части города Красноярска на 2014-2017 годы» [Электронный ресурс] : приказ от 25.09.2014 // Министерство энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Красноярского края, 2016. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.

23. Государственный доклад «О состоянии водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году» [Электронный ресурс] : доклад от 26.01.2017 // Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2016. – 270 с. – Режим доступа: <http://www.mnr.gov.ru/>.

24. Администрация г. Красноярска [Электронный ресурс] : информационный и справочный сайт администрации г. Красноярска. – Красноярск : - 2017. – Режим доступа: <http://www.admkrsk.ru/>.

25. ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс» [Электронный ресурс] : информационный и справочный сайт ООО «КрасКом». – Красноярск : 2017. – Режим доступа: <http://www.kraskom.com>.

26. Кулагина Т.А. Теоретические основы защиты окружающей среды : учебное пособие / Т.А. Кулагина. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2003. – 332 с
27. Родионов А. И. Техника защиты окружающей среды / А. И. Родионов, В. Н. Глушин. – Москва : «Химия», – 1989. – 450 с.
28. Калыгин В. Г. Промышленная экология : курс лекций. – Москва : Изд-во МНЭПУ, 2000. – 240с.
29. Шрага М. Х. Социальная безопасность (безопасность жизнедеятельности людей) : учебное пособие / М. Х. Шрага, Л. И. Кудря. – Архангельск : ИД САФУ, 2014. – 280 с.
30. Кожин В. Ф. Очистка питьевой и технической воды. / В. Ф. Кожин. – Москва : Стройиздат, 1971. – 304 с.
31. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко, Р. М. Марутовский, И. Г. Рода. – Москва : «Химия», 1983. – 288 с.
32. Фрог Б. Н. Водоподготовка : учебное пособие для вызов / Б. Н. Фрог, А. П. Левченко. – Москва : Издательство МГУ, 1996. – 680 с.
33. Ветошкин А. Г. Инженерная защита гидросферы от сбросов сточных вод : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. – Москва : Инфра-Инженерия, 2016. – 296 с.
34. Асонов А. М. Расчёт сооружений очистки городских сточных вод (механическая и биологическая очистки) : учебное пособие / А. М. Асонов. – Екатеринбург : Издательство УрГУПС, 2009. – 68 с.
35. Гудков А. Г. Биологическая очистка городских сточных вод : учебное пособие / А. Г. Гудков. – Вологда : ВоГТУ, 2002. – 127 с.
36. Гудков А. Г. Механическая очистка сточных вод : учебное пособие / А. Г. Гудков. – Вологда : ВоГТУ, 2003. – 152 с.
37. Демьянов А. А. Методические указания по расчету систем канализации и очистке сточных вод / А. А. Демьянов. – Казань : 2010. – 40 с.
38. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. / Ю. И. Дытнерский. – Москва : «Химия», – 1991. – 493 с.
39. Попкович Г. С. Системы аэрации сточных вод / Г. С. Попкович, Б. И. Репин. – Москва, Стройиздат, 1986. – 136 с.
40. Бадмаева С. Э. Гидрохимический анализ вод р. Енисей для целей ирригации / С. Э. Бадмаева, Ю. В. Бадмаева // Вестник КрасГАУ. – 2016. - №7. – 192 с.
41. Лукиных А. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формулам акад. Н.Н. Павловского / А. А. Лукиных, Н. А. Лукиных – Москва : Стройиздат, 1974. – 154 с.
42. Тимохин А. С. Инженерно-экологический справочник / А. С. Тимохин. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – Т.2. – 884 с.
43. Беликов С. Е. Водоподготовка: справочник / С. Е. Беликов. – Москва : Аква-Терм, 2007. – 240 с.
44. Кольман, Т. Я. Сравнительная характеристика методов обеззараживания сточных вод/ Т. Я. Кольман, В. А. Гроть // Развитие теории

сооружений и совершенствование методов очистки сточных вод. – Красноярск : СФУ. – 2010. – 6 с.

45. Букс, И. И. Экологическая экспертиза и оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) : книга 1 : учеб. пособие / И. И. Букс, С. А. Фомин. – Москва : МНЭПУ, 1998. – 127 с.

46. Комиссарова А. О. Основы нормативно-правового обеспечения в сфере водоснабжения и водоотведения // Молодой ученый. – 2015. – №19. – С. 384-386.

47. Справочник эколога [Электронный ресурс] : база данных. – Москва. – 2002. – Режим доступа: <http://www.profiz.ru/eco/>.

48. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] : база статистических данных. – Москва. – 1999. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>.

49. Справочная правовая система «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс] : электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Москва. – 1992. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/>.

50. Консорциум кодекс [Электронный ресурс] : электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Санкт-Петербург. – 2012. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Характеристики механических граблей марки МГ-12Т

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Механические грабли марки МГ-12Т	число прозоров	54 шт.
	ширина прозоров	20 мм
	электродвигатель	4АМ80В-6
	мощность двигателя	1,1 кВт
	число оборотов	1000 об/мин
	редуктор	ЦГУ-160-40-12

Таблица А.2 – Характеристики камеры гашения напора

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Камера гашения напора	резервуар	прямоугольный, ж/б
	секций	3
	размеры	12×6,0×3,5 м
	объем камеры	252 м ³

Таблица А.3 – Характеристики песколовок

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Песколовки	диаметр	5,5 м
	объем	47 м ³
	ширина кольцевого канала	1,4 м
	высота канала	1,25 м
	скорость	0,15-0,3 м/с

Таблица А.4 – Характеристики преаэратора

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Преаэратор	резервуар	2-х коридорный
	размер	36×12×4,5 м
	объем	1944 м ³ .
	размер коридора активного ила*	36×3×4,5
	объем коридора активного ила*	486 м ³
* – для приема избыточного активного ила и подачи его в преаэратор		

Таблица А.5 – Характеристики первичного радиального отстойника

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Первичный радиальный отстойник	диаметр	28 м
	объем	1970 м ³
	рабочая глубина	3,2 м
	строительная глубина	3,7 м

Таблица А.6 – Характеристики жиросборника

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Жиросборник	резервуар	круглый
	диаметр	2,5м.
	глубина	1,55м..

Таблица А.7 – Характеристики нагнетателя марки 750-23-4

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Нагнетатель 750-23-4	производительность	750 м ³ /мин
	потребляемая мощность	1300 кВт
	частота вращения ротора электродвигателя	1500 об/мин
	давление воздуха на выходе	1,65 кгс/см ²

Таблица А.8 – Характеристики нагнетателя марки 750-23-6

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Нагнетатель 750-23-6	производительность	750 м ³ /мин
	потребляемая мощность	1250 кВт
	частота вращения ротора эл. двигателя	3000 об/мин
	давление воздуха на выходе	1,65 кгс/см ²

Таблица А.9 – Характеристики одной секции аэротенка-смесителя

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Секция аэротенка-смесителя	длина коридора аэротенка	108 м
	ширина коридора	9 м
	рабочая глубина	4,2 м
	строительная глубина	5 м
	объем одной секции	16330 м ³

Таблица А.10 – Характеристики вторичных радиальных отстойников

Оборудование/сооружение	Характеристика	Значение
Вторичный радиальный отстойник	диаметр	28 м
	объём	1970 м ³
	строительная глубина	3,7 м
	рабочая глубина	3,2 м

Таблица А.11 – Количество загрязняющих веществ от одного жителя

Показатель	Количество загрязняющих веществ на одного жителя, г/сут.
Взвешанные вещества	65
БПКполн	75
Азот общий	13
Аммонийный азот	10,5
Фосфор общий	2,5
Фосфаты	1,5
Хлориды	9
СПАВ	2,5

Таблица А.12 – Продолжительность отстаивания воды в зависимости от эффекта её осветления

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания t_{set} , с, в слое $h_1 = 0,5$ м при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	-	-	7200

Таблица А.13 – Расчётные параметры первичных отстойников

Отстойник	Коэффициент использования объёма K_{set}	Рабочая глубина отстойной части H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Скорость рабочего потока v_w , мм/с	Уклон дна к иловому приемку
Горизонтальный	0,5	1,5-4	$2 H_{set} - 5 H_{set}$	5-10	0,005-0,05
Радиальный	0,45	1,5-5	-	5-10	0,005-0,05

Вертикальный	0,35	2,7-3,8	-	-	-
--------------	------	---------	---	---	---

Таблица А.14 – Турбулентная составляющая в зависимости от скорости рабочего потока

Турбулентная составляющая в зависимости от скорости рабочего потока			
Скорость рабочего потока v_w , мм/с	5	10	15
Турбулентная составляющая v_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

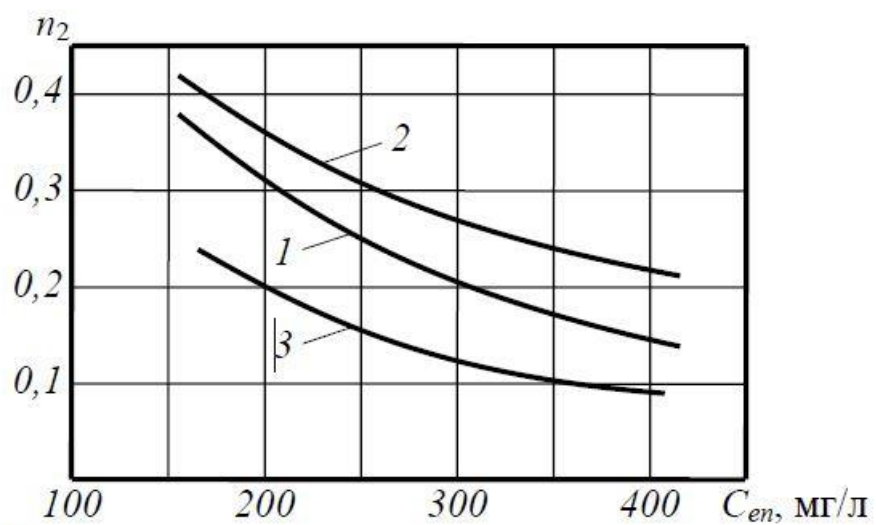
Таблица А.15 – Основные расчётные параметры первичных отстойников

Диаметр	Глубина зоны отстаивания, м	Расчётный объём зоны, м ³		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
		осадка	отстойной	
18	3,1	120	788	550
24	3,1	210	1400	930
30	3,1	340	2190	1460
40	3,65	710	4580	3054
50	4,7	1180	9220	6150
54	5,7	1370	10500	7000

Таблица А.16 – Основные расчётные параметры вторичных отстойников

Диаметр	Гидравлическая глубина, м	Глубина зоны отстаивания, м	Высота иловой зоны, м	Объём зоны, м ³		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
				иловой	отстойной	
18	3,7	3,1	0,6	160	788	525
24	3,7	3,1	0,6	280	1400	933
30	3,7	3,1	0,6	440	2190	1460
40	4,35	3,65	0,7	915	4580	3053
50	5,3	4,3	0,7	1380	9020	5989

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



1 – при $\mathcal{E} = 50\%$; 2 – при $\mathcal{E} = 60\%$; 3 – при $\mathcal{E} = 70\%$

Рисунок Б.1 – Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах $C_{см}$ при эффектом отстаивания \mathcal{E}