

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики  
(наименование института полностью)

---

Кафедра «Химическая технология и ресурсосбережение»  
(наименование)

18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии  
и биотехнологии  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

---

Рациональное природопользование, рециклинг и утилизация отходов  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА** **(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Повышение качества очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов на АО «Рыбинский завод приборостроения»

Студент

У.А. Скворцова  
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.Н. Шевченко  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Аннотация

Бакалаврскую работу выполнила Скворцова У.А.

Тема бакалаврской работы: Повышение качества очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения»

Руководитель: Шевченко Ю. Н.

Целью работы является повышение качества очистки сточных вод на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения».

Бакалаврская работа изложена на 48 листах, включает 11 таблиц, 6 рисунков, список из 30 используемых источников. Бакалаврская работа состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемых источников и приложений.

Во введении сформулированы цель и задачи исследования, обоснована актуальность выбранной темы.

Первый раздел посвящен анализу существующей технологической схемы очистки АО «Рыбинский завод приборостроения», анализу концентрации загрязняющих веществ.

Во втором разделе предложена схема очистки сточных вод, схема включает в себя механическую очистку в отстойнике, физико-химическую очистку в напорном флотаторе с использованием флокулянта и доочистку в сорбционном фильтре, приведен расчет основных аппаратов – тонкослойного отстойника (производительностью 40 м<sup>3</sup>/ч), флотатора, фильтра сорбционного.

В третьем разделе приведен расчет материального баланса тонкослойного отстойника, флотатора, фильтра сорбционного.

В заключении приведены основные выводы о проделанной работе.

Приложение А содержит расчеты освещения производственных помещений. Приложение Б содержит расчеты экономического ущерба от загрязнения водных объектов.

## Содержание

Введение .....	4
1 Процесс очистки сточных вод на АО «РЗП» .....	6
2 Разработка модернизированной схемы очистки .....	10
2.1 Анализ технологических решений .....	10
2.2 Описание модернизированной технологической схемы .....	15
3 Материальный баланс очистки сточных вод .....	20
3.1 Эффективность очистки .....	20
3.2 Расчет материального баланса тонкослойного отстойника .....	21
3.3 Расчет материального баланса флотатора .....	24
3.4 Расчет материального баланса сорбционного фильтра .....	26
4 Выбор и расчет основного технологического оборудования .....	29
Заключение .....	38
Список используемой литературы и используемых источников .....	39
Приложение А Освещение производственных помещений .....	42
Приложение Б Расчет экономического ущерба от загрязнения водных объектов .....	44

## Введение

Пленки жиров, масел, смазочных материалов на поверхности водоемов снижают газообмен между атмосферой и водой, что приводит к уменьшению насыщенности воды кислородом, большой гибели рыб и птиц, отрицательно сказывается на состоянии фитопланктона. Критическому загрязнению гидросферы сопутствовало быстрое развитие промышленности и транспорта, а также скопление большого количества людей в некоторых регионах планеты.

«Ежегодно в мире сбрасывается более 420 км<sup>3</sup> сточных вод, которые в состоянии сделать непригодной к употреблению около 7 тыс. м<sup>3</sup> чистой воды, что в 1,5 раза больше всего речного стока стран СНГ» [1].

Пресные поверхностные воды суши (болота, озера, а также реки, грунтовые и почвенные воды) более подвержены усиленному антропогенному воздействию.

Со сточными водами предприятий металлургии, нефтяной, газовой, химической, угольной, целлюлозно-бумажной промышленности, черной и цветной металлургии, а также производства сельского и коммунального хозяйства и поверхностных стоков других территорий, вносится довольно большое количество загрязняющих веществ в поверхностные воды.

Требования, предъявляемые отдельными категориями потребителей к количеству и качеству используемой воды, весьма различны. К воде, используемой для хозяйственно-питьевых целей, предъявляются высокие санитарные и вкусовые требования. Требуемые качества воды, используемой для нужд различных отраслей промышленности, определяется характером технологических процессов и весьма разнообразны. Наконец, к качеству воды, используемой для полива проездов и зеленых насаждений, а также для нужд пожаротушений, практически специальных требований не предъявляется [24].

Третья часть от общей массы загрязняющих веществ поступает в водоемы сточными и поверхностными водами с территорий, которые нарушают гигиенические и санитарные требования.

«Особое место в использовании водных ресурсов занимает потребление воды населением. На хозяйственно-питьевые цели в нашей стране приходится 10 % общего водопотребления» [2].

В связи со всем вышесказанным, в настоящее время стала очень актуальна проблема очистки сточных вод.

Объектом исследования являются сточные воды предприятия АО «Рыбинский завод приборостроения».

Целью работы является повышение качества очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения».

Цель осуществляется по средствам решения следующих задач:

- проанализировать очистку сточных вод предприятия АО «Рыбинский завод приборостроения».
- изучить доступные технологии для выбора наилучшего решения по водоочистке.
- предложить модернизированную схему очистки для АО «Рыбинский завод приборостроения» и произвести необходимые расчеты.

## **1 Процесс очистки сточных вод на АО «РЗП»**

Акционерное общество «Рыбинский завод приборостроения» находится в городе Рыбинск на окраине, рядом с рекой Волга. Основной вид деятельности предприятия - 26.51 производство инструментов и приборов для измерения, тестирования и навигации. Временной режим работы предприятия - 365(366) дней в году 24 часа в сутки [16].

Сточные воды предприятия по сетям канализации самотеком поступают в приёмную камеру, а далее на очистные сооружения.

Месторасположение точки сброса – правый берег реки Волга в черте г. Рыбинск, Заволжский район, между трассой Рыбинск – Пошехонье.

Ширина водоохраной зоны и прибрежно-защитной полосы Рыбинского водохранилища (р. Волга) составляет 200 м и 50 м соответственно. Береговая полоса – 20 м. Оборудование установки очистки сточных вод расположено на закрытой территории площадью 54 м<sup>2</sup>. Размеры помещения 6х9 м, высота 3,5м.

На территории предприятия АО «РЗП» очистка сточных вод на сегодняшний день производится с помощью трех засыпных фильтров: угольного, кварцевого и смоляного, система очистки не менялась с начала запуска работы завода.

На территории предусмотрено подсобное помещение, насосная, внутри имеется приточно-вытяжная вентиляция.

Характеристика сточных вод предприятия зависит от процессов, которые происходят в ходе работы цехов.

Содержание компонентов в сточной воде представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание компонентов в сточной воде

Наименование	Максимальное допустимое значение нормативных концентраций загрязняющих веществ в сточных водах (Постановление №644)	Норматив на сброс, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах перед очисткой, мг/ дм <sup>3</sup>	Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах после действующих очистных сооружений, мг/ дм <sup>3</sup>
Водородный показатель Ед.рН	6,0-9,0	6,0-9,0	8,86	8,86
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	300	3	29,4	2,54
<b>Взвешенные вещества, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>300</b>	<b>9,05</b>	<b>200</b>	<b>15</b>
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	1000	300	62,84	32,3
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	3	0,05	<0,04	<0,02
ПАВ анионоактивный, мг/дм <sup>3</sup>	10	0,1	<0,01	<0,01
<b>Нефтепродукты, мг/дм<sup>3</sup></b>	<b>10</b>	<b>0,05</b>	<b>15</b>	<b>3</b>
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	300	100	264,78	33
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0,5	0,001	0,008	<0,001
Никель, мг/дм <sup>3</sup>	0,25	0,0085	0,27	<0,002
Хром (+6,) мг/дм <sup>3</sup>	0,05	0,008	0,022	<0,002
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	1	0,01	<0,005	<0,001
Кадмий, мг/дм <sup>3</sup>	0,015	0,0009	<0,005	<0,0004
Свинец, мг/дм <sup>3</sup>	0,25	0,0001	0,005	<0,0001

Наличие большого количества нефтепродуктов в сточной воде объясняется технологическим циклом предприятия.

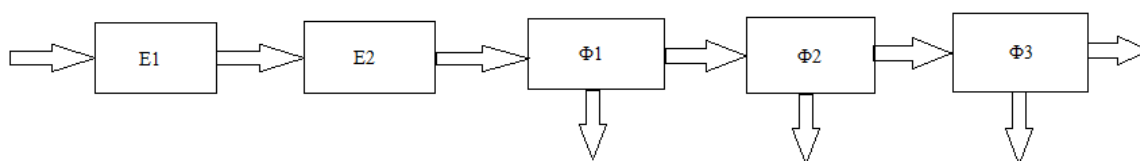
«При обработке металлов вода используется для охлаждения инструмента; для охлаждения оборудования станков; гидросбива металлической окалины; транспортировку и промывку формовочной земли в отделениях регенерации, а также на гидротранспортировку отходов горелой земли и систему обеспыливающей вентиляции при промывке деталей и обработке помещений.

При этом сточные воды загрязняются маслами, окалиной, мылами, металлической и абразивной пылью и эмульгаторами, глиной, песком,

зольными остатками от выгоревшей части стержневой смеси и связующими добавками формовочной смеси. Основное загрязнение вносят смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), применяемые при обработке деталей на станках» [20]. Также в сточной воде содержание нефтепродуктов объясняется лакокрасочным цехом.

Учитывая требования к предельно допустимым концентрациям загрязняющих веществ, сточные воды АО «Рыбинский завод приборостроения» на выходе из сточной системы имеют превышения взвешенных веществ и нефтепродуктов в сточной воде. Имеющиеся установки неэффективны. Очистку сточных вод можно модернизировать, облегчить и улучшить.

Технологическая схема очистки сточных вод на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения» представлена на рисунке 1.



E1 – аккумулярующая емкость; E2 – резервуар; Ф1 - фильтр сорбционный кварцевый; Ф2 - фильтр сорбционный угольный; Ф3 - фильтр сорбционный ионообменный смоляной

Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточных вод на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения»

Сточные промышленные воды поступают в систему очистки предприятия, попадая в аккумулярующую емкость (E1), после чего поступают в резервуар (E2), из которого насосом откачиваются в кварцевый фильтр (Ф1) [23].

Сточная вода, очищенная фильтром (Ф1), поступает в угольный фильтр (Ф2) [10].



Далее сточная вода, очищенная фильтром (Ф1) и (Ф2), поступает в ионообменный смоляной фильтр (Ф3) [12].

После прохождения очистки, сточные воды идут на выпуск, отработанные сорбенты удаляются, подвергаются очистке.

Вывод по разделу:

Рассмотрена технологическая схема очистки сточных вод на предприятии АО «Рыбинский завод приборостроения». Характеристика и качество сточных вод данного предприятия зависит от процессов, которые происходят в ходе работы производственных цехов.

Нами проведено исследование на основе анализа очистки сточных вод предприятия АО «Рыбинский завод приборостроения». Выявлены недостатки в качестве очистки сточных вод, найдены превышения, в сравнении с регламентом ПДК, взвешенных веществ и нефтепродуктов в сточной воде, так как очистка сточных вод на сегодняшний день на предприятии производится с помощью трех засыпных фильтров: угольного, кварцевого и смоляного. Основное загрязнение вносят смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), применяемые при обработке деталей.

Соответственно, имеющиеся установки и фильтры неэффективны. Очистку сточных вод можно модернизировать и улучшить.

## 2 Разработка схемы очистки

### 2.1 Анализ технологических решений

В ходе анализа сточных вод на АО «Рыбинский завод приборостроения», было выявлено, что необходимо внедрить новую модернизированную систему очистки, которая улучшит качество сточных вод и повысит эффективность очистки от взвешенных веществ и нефтепродуктов.

Для выбора подходящего метода, проведем анализ технологических решений [19]. Существующие методы очистки воды от нефтепродуктов представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Существующие методы очистки воды от нефтепродуктов

Метод	Описание
Механическая очистка	Продолжительный процесс отстаивания исходной жидкости и ее последующей фильтрации с применением специальных нефтеловушек или бензомаслоуловителей. Таким методом можно уловить до 75% нерастворимых нефтепродуктов.
Химическая очистка	Предполагает обязательное использование химических реагентов, вступающих в реакцию с различными нефтепродуктами. В результате такого взаимодействия образуется нерастворимый в воде осадок [5].
Физико-химическая очистка	Флотация: уровень очистки от нефтепродуктов при флотации может достигать 98%. Способ считается быстрым, не дорогим и достаточно эффективным. Сорбция: сорбционный метод применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика. Коагуляция: значительный объем коагулянтов, большой объем получающегося осадка, сложность его обработки и складирования, увеличение степени минерализации обрабатываемой сточной воды [7].

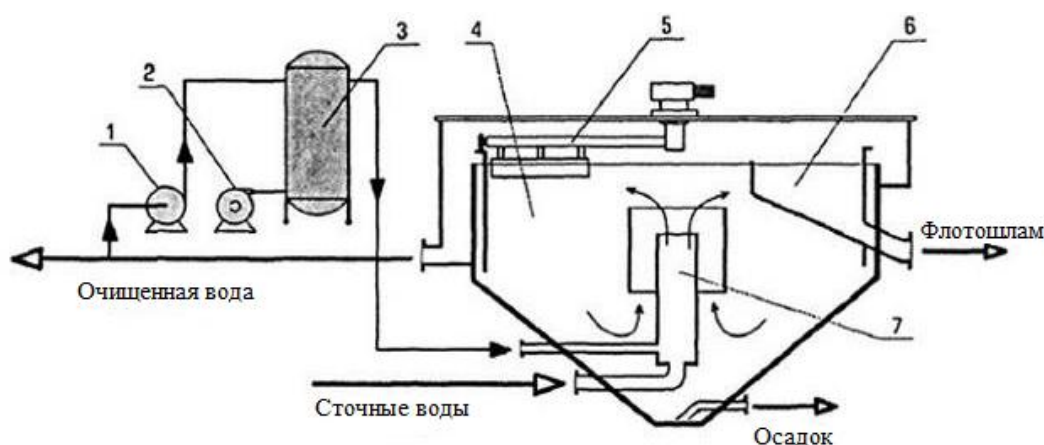
## Продолжение таблицы 2

Биологический метод	В роли активного вещества выступают особые формы микроорганизмов, которые питаются различными углеводородами, в том числе и нефтью. Системное удаление из воды излишней биомассы, сложности в плане поддержания популяции бактерий и сохранения их биологической активности [11].
---------------------	---

Анализ существующих методов очистки сточных вод от нефтепродуктов показывает, что при имеющейся концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ целесообразнее остановиться на методе физико-химической очистки, а именно флотации, данный способ позволит очистить сточные воды от нефтепродуктов с эффективностью 98% и с меньшими затратами.

«Флотация - способ извлечения дисперсных частиц из жидкости с помощью пузырьков воздуха. Этот метод используется для очистки сточных вод, загрязненных отходами нефти, продуктами её переработки, жирами, маслами, смолами, латексами, продуктами органического синтеза, поверхностно-активными веществами, красителями и другими» [6].

Схема флотационной установки представлена на рисунке 2.



1 – циркуляционный насос; 2 – компрессор; 3 – напорный бак; 4 – камера флотации; 5 – скребковый механизм; 6 – сборник флотошлама; 7 – система распределения воды и водовоздушной смеси

Рисунок 2 – Схема флотационного сооружения

Для выбора наиболее подходящего флотатора, проведем анализ флотаторов. Сравнительные характеристики флотаторов представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Сравнительные характеристики флотаторов

Наименование	Описание
Флотаторы «ТЕТРА»	Работают по самой практичной и эффективной флотационной технологии - напорной флотации с частичной проработкой стоков. Производительность: от 1 до 30 м <sup>3</sup> /час.
Флотатор «ВТП»	Реализует эффективную технологию 100% сатурации обрабатываемой жидкости. Больше всего подходят для промышленных предприятий: мясокомбинаты, бойни, масло-жиро комбинаты, а также прочие предприятия пищевой промышленности
Флотатор «DAF»	Компактные, размещаются над полом на раме, обеспечивая самотечный отвод задержанных загрязнений и осветленной воды. Производительность начинается от 45 м <sup>3</sup> /час.
Флотатор «Фламинго»	Предусматривает возможность работы при температуре стоков от 5 до 90 °С. предназначены для извлечения из сточных вод взвешенных веществ, нефтепродуктов, жиров, масел, смол, железа, СПАВ, ПАВ и прочих нерастворенных загрязнений. Производительность от 20 м <sup>3</sup> /час.

Наиболее подходящим является флотатор «Фламинго», нужная производительность и предназначение. Флотаторы «Фламинго» предназначены для очистки поверхностных сточных вод и сточных вод промышленных предприятий. Очистное оборудование «Фламинго» возможно применять на станциях водоподготовки (корпус изготавливается из пищевой нержавеющей стали). В состав флотатора ламинарного горизонтального (ФЛГ) «Фламинго» входит штатный дозатор для подачи различных типов жидких реагентов, скребковый механизм, датчики уровня жидкости, система защиты насосного оборудования.

Допускается работа оборудования в автоматическом режиме.

Для повышения эффекта флотации необходима подача флокулянта.

Подберем наиболее подходящий флокулянт [4].

Органические:

- меламина-формальдегидные;
- эпихлоргидрин-диметиламиновые (FLOQUAT FL-28, Суперфлок (Cytec Industries), Найколайт (NALCO), Каустамин-15 (Каустик));
- полихлориддиметиламмонийные (FLOQUAT FL-45, Суперфлок C591, C592, C597, Найколайт 8102, 8103, ВПК-402 (Каустик), Праестол 186-189 (Stockhausen)).

Неорганические:

- железосодержащие коагулянты - хлорное железо, сульфат окисного железа, сульфат закисного железа, хлорсульфат окисного железа;
- титаносодержащие - хлорид титана;
- алюмосодержащие.

Основываясь на научную работу В.С. Шевченко и В.Р. Захарова «Опыт применения флокулянта ВПК-402 в практике водоподготовки на очистных сооружениях», выбираем флокулянт ВПК-402 [9]. Эффективности очистки по взвешенным веществам, можно добиться с минимальной модернизацией и минимальными вложениями, путем установки тонкослойных пластин в существующий резервуар.

«Тонкослойные отстойники состоят из двух модулей, каждый из которых имеет конус (шламосборник), при этом каждый модуль собирается из двух частей, что делает транспортировку отстойников удобной. Применение тонкослойных блоков противоточного типа значительно увеличивает эффективность очистки сточных вод. Угол наклона тонкослойных блоков –  $60^{\circ}$ , что исключает их зашламляемость. Отстойники серии ТСО эффективно осаждают, как легкие загрязнения (ил, органические остатки), так и тяжелые примеси (песок, грунт).

Эффективность очистки стоков – 90-95%. Отстойники имеют глубокие конусы с углом наклона в  $53^\circ$ , что позволяет шламу легко сползать по стенкам конуса и накапливаться, не принося ущерба процессу очистки. Накопленный осадок легко удаляется из конусов, без опорожнения всего отстойника, и без прерывания технологического процесса очистки, простым открытием задвижки в нижней части конусов.

Это возможно благодаря давлению столба очищаемой воды, высота которого 3200 мм» [22]. Осадок потом вывозится на площадку для отходов.

Щеточный нефтесборщик. Позволяет проводить сбор нефти и нефтепродуктов с поверхности воды быстро, эффективно и экономически выгодно. «Принцип действия нефтесборщика основан на эффекте смачивания пластиковых щетинок в среде вода-нефтепродукт. Рабочий орган нефтесборщика представляет собой две щетки, расположенных на одном валу, которые в процессе вращения очищаются о гребенку, расположенную над сборным коллектором нефтесборщика. Собранный нефтепродукт из сборного коллектора поступает в емкость для временного хранения нефти и нефтепродуктов» [25].

На сегодняшний день существует достаточно большое количество методов очистки сточных вод. При выборе метода очистки сточных вод следует учитывать степень очистки, количество сточных вод, скорость процесса, капитальные и эксплуатационные затраты. В данной работе повышается качество очистки сточных вод предприятия АО «РЗП». Применение физико-химических методов, а именно отстаивания с последующей флотацией, позволяет достичь глубокой и стабильной степени очистки (95-98 %), большой скорости и непрерывности процесса, удаления из сточных вод токсичных, биохимически неокисляемых органических загрязнений, получение небольших капитальных и эксплуатационных затрат [1,30]. Напорная флотация позволяет очищать сточные воды с концентрацией взвесей до 8 мг/л. Для увеличения степени очистки в воду добавляют коагулянты. Установки просты и надежны в эксплуатации [2].

## 2.2 Описание модернизированной технологической схемы

На основании анализа и данных, полученных с очистных сооружений, принимаем следующую последовательность очистки стоков: аккумулирующая емкость, тонкослойный отстойник, станция флотации, реагентное хозяйство, станция фильтрации.

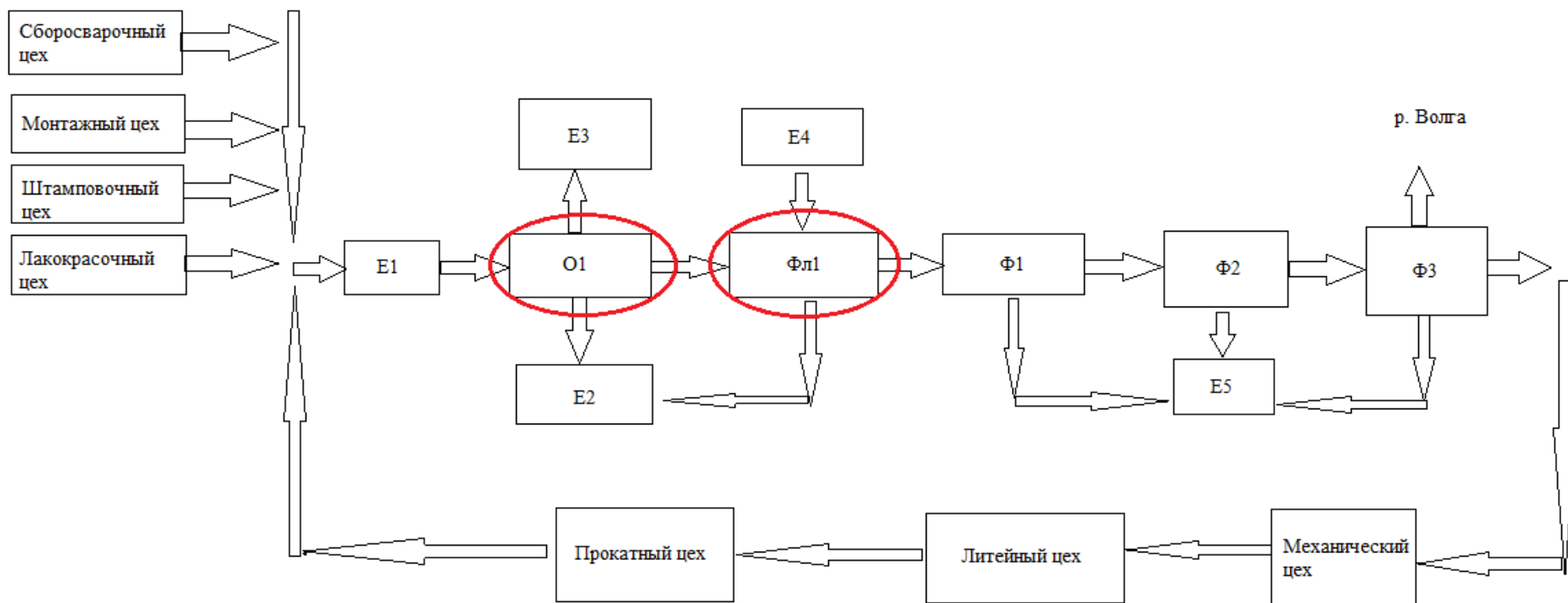
На АО «Рыбинский завод приборостроения» возможен ввод замкнутой системы водоснабжения. Состав сточных вод для технических нужд цехов может соответствовать допустимой концентрации загрязняющего вещества на выпуске сточных и в пределах нормативно допустимого сброса для водоемов рыбохозяйственного назначения. Очищенная вода будет поступать для обмывки деталей в прокатный, литейный и механический цех, а далее поступать снова на чистку.

Расход сточных вод, поступающих на установку 40 м<sup>3</sup>/ч.

Сточные воды по существующей сети канализации из цехов поступают в аккумулирующую емкость (Е1).

Для отсечения наиболее крупных загрязнений (песка), на входе в аккумулирующую емкость (Е1) устанавливается переливная железобетонная перегородка. Из аккумулирующей емкости (Е1) сточные воды насосом подаются в тонкослойный отстойник (О1).

На рисунке 3 изображена технологическая схема предлагаемой модернизированной системы очистки сточных вод для АО «РЗП».



Е1 - аккумулирующая емкость; О1 - тонкослойный отстойник; Е2 – бункер для осадка; Е3 - бункер для нефтепродуктов; Е4 – реagentное хозяйство; Фл1 – флотатор; Ф1 - фильтр сорбционный кварцевый; Ф2 - фильтр сорбционный угольный; Ф3 - фильтр сорбционный ионообменный смоляной; Е5 - бункер для осадка

Рисунок 3– Предлагаемая схема очистки сточных вод на АО «РЗП»



Из тонкослойного отстойника (О1) сточные воды насосом поступают на флотатор ФЛГ «Фламинго-40» (Фл1).

В работе принята реагентная напорная флотация [7,12].

Для повышения эффекта флотации предусмотрена подача 5 %-го раствора полиэлектролита водорастворимого катионного марки ВПК-402 [4].

Ввод реагентов осуществляется по гибким шлангам непосредственно в насадку насоса подачи воды на флотацию, аналогично реагенту в эжекционную насадку насоса подается воздух. Для обеспечения эффективного перемешивания реагента со сточной водой, а также для растворения поступающего воздуха, насос оборудован байпасной линией, позволяющей осуществлять циркуляцию части водо-воздушной смеси через насос. В результате снижения давления до атмосферного происходит интенсивное всплывание тонкодиспергированных пузырьков, которые уносят сорбированные на себе загрязнения в пенный слой. Пена, образующаяся на поверхности флотатора, удаляется с помощью системы скребков конвейера шламоудалителя в бункер осадка (Е2). Из камеры флотации вода через переливную перегородку поступает на сорбционный фильтр кварцевый (Ф1), далее в сорбционный фильтр угольный (Ф2) и сорбционный фильтр ионообменный смоляной (Ф3).

Осадок из тонкослойного отстойника насосом перекачивается в бункер осадка (Е2). Осветленные стоки после флотатора на фильтр доочистки (Ф1) подаются насосом, далее на фильтры (Ф2), (Ф3) поступают самотеком.

После фильтров доочистки сточные воды имеют показатели загрязнений ниже установленных экологическим требованиям ГУПР и часть сточных вод поступает в сеть канализации и далее в р. Волга [14]. После фильтров доочистки вода имеет показатели, соответствующие требованиям для технических нужд цехов: механического, литейного и прокатного, где вода используется для промывки формочной земли, гидротранспортировки горелой земли, промывки деталей. В ходе использования частично замкнутой системы значительно снизятся затраты на поступающую воду.

Для накопления, обработки осадка и пены предусмотрен ряд сооружений. Плавающие вещества с тонкослойного отстойника собирается скребковым механизмом, откуда самотеком в бункер для уловленных нефтепродуктов (Е3).

Бункер для нефтепродуктов (Е3) обеспечивает уплотнение осадка и спад пены. Осадок с фильтров собирается в бункер (Е5). Осадки из бункеров вывозятся в места захоронения, согласованные с СЭС [14]. Для приготовления 5 % раствора полиэлектролита катионного марки ВПК-402 предусмотрено реагентное хозяйство (Е4), оборудованное дозатором.

Подача реагентов производится за счет создания разряжения в эжекторе насосов подачи сточной воды на флотатор.

Характеристика отходов представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристика образующихся отходов от очистных сооружений сточных вод

Код отхода по ФККО	Наименование отхода	Агрегатное состояние	Количество отхода т/год	Место захоронения/ переработки	Возможный/ используемый способ переработки
7 21 100 01 39 4	Осадок очистных сооружений канализации малоопасный	Прочие дисперсные системы	4,2048	Полигон «Скоково»	Рекультивация полигона*
4 06 350 01 31 3	Всплывающие нефтепродукты из нефтеловушек и аналогичных сооружений (нефтепродукты в количестве менее 15%)	Жидкое в жидком/ эмульсия	62,196	Вывоз и дальнейшая переработка на ООО «ХАРТИЯ» г. Рыбинск [8].	Интеграционная минерально-матричная технология**

7 Номер блока ФККО

7 – отходы при водоснабжении, водоотведении, деятельности по сбору, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов [3].

7 20 000 00 00 0 Отходы при очистке сточных вод дождевой (ливневой) канализации

7 21 000 00 00 0 осадки очистных сооружений канализации с применением пескоуловителей, отстойников, аккумулирующих резервуаров.

Блок 4 – отходы потребления производственные и не производственные; материалы, изделия, утратившие потребительские свойства, не вошедшие в блоки 1-3, 6-9 [9].

4 06 000 00 00 0 Отходы нефтепродуктов.

4 06 300 00 00 0 Смеси нефтепродуктов отработанных.

4 06 350 00 00 0 Смеси нефтепродуктов, извлекаемые из очистных сооружений и нефтесодержащих вод.

4 Код класса опасности вида отходов в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду.

IV класс - Малоопасные отходы. Низкая степень негативного воздействия на окружающую среду, время восстановления после ущерба не менее 3 лет.

III класс, умеренно опасные. Степень вредного воздействия опасных отходов на ОПС – средняя. Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника [13].

Вывод: Применение данной схемы позволяет существенно снизить концентрацию по загрязняющим веществам на выходе с очистных сооружений до ПДК, установленных для сброса в водоемы рыбохозяйственного значения.

### 3 Материальный баланс очистки сточных вод

#### 3.1 Эффективность очистки

Очистные сооружения поверхностных вод в составе:

- аккумулирующая емкость,
- тонкослойный отстойник,
- флотатор,
- сорбционные фильтры.

Метод очистки: механическое отстаивание, напорная флотация [27,29].

Концентрации загрязняющих веществ после каждого этапа очистки представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Концентрация загрязняющих веществ после каждого этапа очистки

Наименование компонента	На входе <sup>1</sup>	Аккумулирующая емкость <sup>2</sup>		Отстойник		Флотатор		Фильтры		Норматив на сброс <sup>3</sup>
	мг/дм <sup>3</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	%	мг/дм <sup>3</sup>	%	мг/дм <sup>3</sup>	%	мг/дм <sup>3</sup>	%	мг/дм <sup>3</sup>
Взвешенные вещества	200,0	200,0	0	60,0	70	24,0	88	8,0	96	9,25
Нефтепродукты	15,0	15,0	0	3,0	80	0,36	98	0,045	99	0,05

Эффективность очистки представлена в таблице 6.

<sup>1</sup> С учетом пиковых расходов и наибольшей загрязненности.

<sup>2</sup> Эффективность очистки в аккумулирующей емкости не учитывается, ввиду того, что весь поступивший объем воды перекачивается в горизонтальный отстойник.

<sup>3</sup> В соответствии с СанПиНом 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» [17].

Таблица 6 – Эффективность очистки

Загрязняющие вещества	До очистки, мг/дм <sup>3</sup>	После очистки, мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность %
Взвешенные вещества	200,0	8,0	96,0
Нефтепродукты	15,0	0,045	99,70

Эффективность очистки стала намного выше.

### 3.2 Расчет материального баланса тонкослойного отстойника

Исходные данные:

– Количество ливневых сточных вод, подаваемых на очистку:

$$Q = 40 \text{ м}^3/\text{ч} = 40000 \text{ кг/ч}$$

– Начальная концентрация загрязняющих веществ:

$$C_{\text{о взвешенных веществ}} = 200 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{\text{о нефтепродуктов}} = 15 \text{ мг/дм}^3$$

– Концентрация загрязняющих веществ после очистки:

$$C_{\text{взвешенных веществ}} = 60 \text{ мг/дм}^3$$

$$C_{\text{нефтепродуктов}} = 3 \text{ мг/дм}^3$$

Материальный баланс тонкослойного отстойника представлен в таблице 7 [15].

Таблица 7 – Материальный баланс тонкослойного отстойника

Компонент	Исходная сточная вода		Очищенная сточная вода		Уловленные компоненты	
	кг/ч	Массовая доля, %	кг/ч	Массовая доля, %	кг/ч	Массовая доля, %
Вода	39991,4	99,9785	39716,79	99,9936555	274,61	97,8339093
Взвешенные вещества	8,0	0,02	2,4	0,006042401	5,6	1,99508354
Нефтепродукты	0,6	0,0015	0,12	0,0003021201	0,48	0,17100716
Итого	40000	100	39719,31	100	280,69	100

1. Масса компонентов в поступившей сточной воде  $M_1$  рассчитываем по формуле 1:

$$M_1 = Q \cdot C_1 \cdot 10^{-6}, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход сточных вод  $40 \text{ м}^3/\text{ч} = 40000 \text{ кг}/\text{ч}$ ;

$C_1$  – концентрация компонента в сточной воде, поступающей на очистку,  $\text{мг}/\text{дм}^3$

$$M_{\text{взв.в-в}} = 40000 \cdot 200 \cdot 10^{-6} = 8,0 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

$$M_{\text{нефтепрод.}} = 40000 \cdot 15 \cdot 10^{-6} = 0,6 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

2. Масса компонентов в очищенной воде находится по формуле 2:

$$M_2 = Q \cdot C_2 \cdot 10^{-6}, \quad (2)$$

где  $C_2$  – концентрация компонента в очищенной воде

$$M_{\text{взв.в-в}} = 40000 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 2,4 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

$$M_{\text{нефтепрод.}} = 40000 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,12 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

3. Масса уловленных компонентов:

Масса осадка:

$$M_{\text{взв.в-в}} = (200 - 60) \times 10^{-6} \times 40000 = 5,6 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

Масса влажного осадка (влажность 98 %):

$$M_{\text{влажного осадка}} = \frac{5,66}{0,02} = 280 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

Масса образующихся нефтепродуктов после очистки:

Масса нефтепродуктов:

$$M_{\text{нефтепродуктов}} = (15 - 3) \times 10^{-6} \times 40000 = 0,48 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

Масса обводненных нефтепродуктов (содержание воды 30 %):

$$M_{\text{обводненных нефтепродуктов}} = \frac{0,48}{0,7} = 0,69 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Материальный баланс тонкослойного отстойника представлен на рисунке 4.

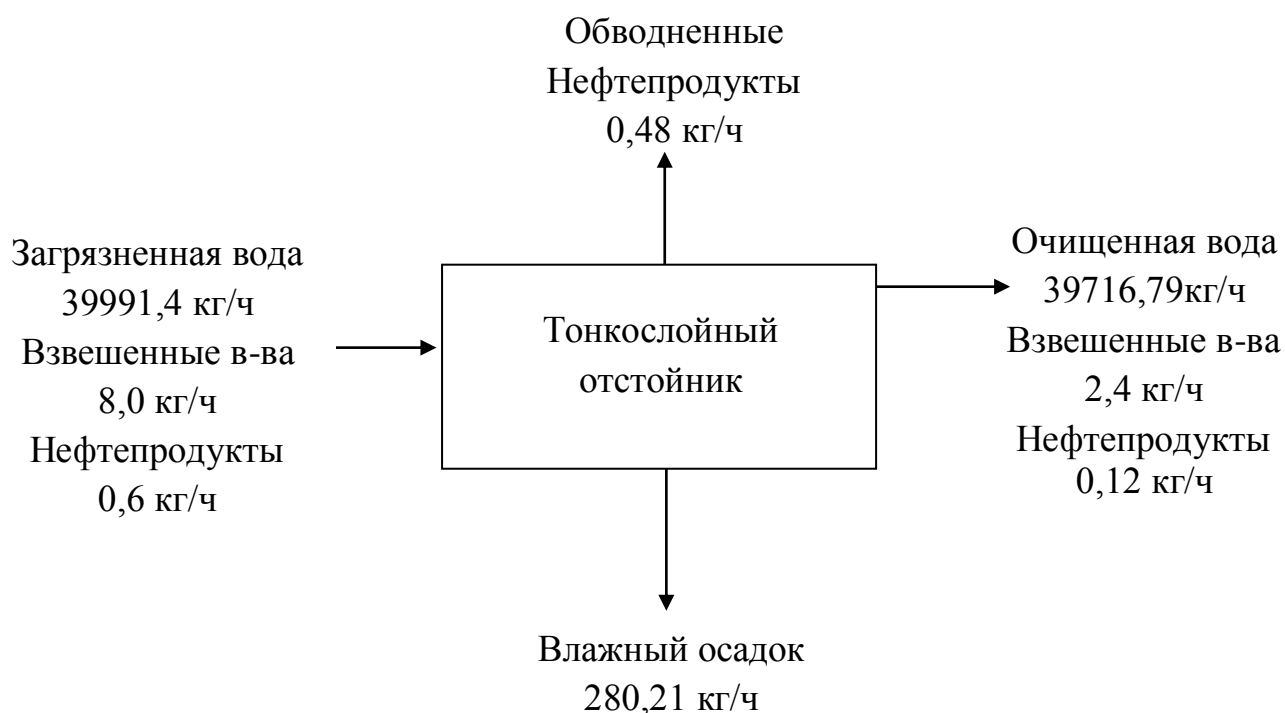


Рисунок 4 – Материальный баланс тонкослойного отстойника

### 3.3 Расчет материального баланса флотатора

Объем сточных вод, поступающих на флотатор 39719,31 кг/ч.

1. Масса взвешенных веществ в поступающей сточной воде находим по формуле 3:

$$M_{\text{ВЗВ.В-В}} = Q_1 \times C_{\text{ВЗВЕШ.В-В}} \times 10^{-6}, \quad (3)$$

$$M_{\text{ВЗВ.В-В}} = 39719,31 \cdot 60 \cdot 10^{-6} = 2,4 \text{ кг/ч},$$

Аналогичным образом определяем массу нефтепродуктов:

$$M_{\text{нефтепрод.}} = 39719,31 \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,12 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

2. Масса воды в поступающих стоках находим по формуле 4:

$$Q_{\text{ВОДЫ}} = Q_1 - M_{\text{ВЗВ.В-В}} - M_{\text{нефтепрод.}}, \quad (4)$$

$$Q_{\text{ВОДЫ}} = 39719,31 - 2,4 - 0,12 = 39716,81 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

3. Определяем состав очищенных стоков:

С установки выходит 99,9 % очищенных стоков:

$$M_{\text{ВОДЫ}} = 39719,31 \cdot 0,999 = 39679,59 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

Масса взвешенных веществ в очищенной воде:

$$Q_{\text{ВЗВ.В-В}} = 39719,31 \cdot 24 \times 10^{-6} = 0,95 \frac{\text{КМ}}{\text{Ч}},$$



Аналогичным образом определяем массу нефтепродуктов:

$$Q_{\text{нефтепрод}} = 39719,31 \cdot 0,36 \times 10^{-6} = 0,014 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

Масса воды в очищенных стоках находится по формуле 5:

$$\begin{aligned} Q_{\text{воды}} &= M_{\text{воды}} - Q_{\text{взв.в-в}} - Q_{\text{нефтепрод}} = 39679,59 - 0,95 - 0,014 \\ &= 39678,626 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}}, \end{aligned} \quad (5)$$

4. Масса уловленных взвешенных веществ:

$$Q_{\text{взв.в-в}} = 2,4 - 0,95 = 1,44 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

5. Масса уловленных нефтепродуктов:

$$Q_{\text{нефтепрод}} = 0,12 - 0,014 = 0,1 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

6. Масса пены:

В состав образующейся пены входят взвешенные вещества и нефтепродукты. Влажность пены составляет 96,12 %.

$$m_{\text{воды}} = (1,44 + 0,1) \cdot \frac{96,12}{3,88} = 38,18 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

$$m_{\text{пены}} = 38,18 + 1,44 + 0,1 = 39,72 \text{ кг/ч.}$$

Материальный баланс флотатора представлен на рисунке 5.

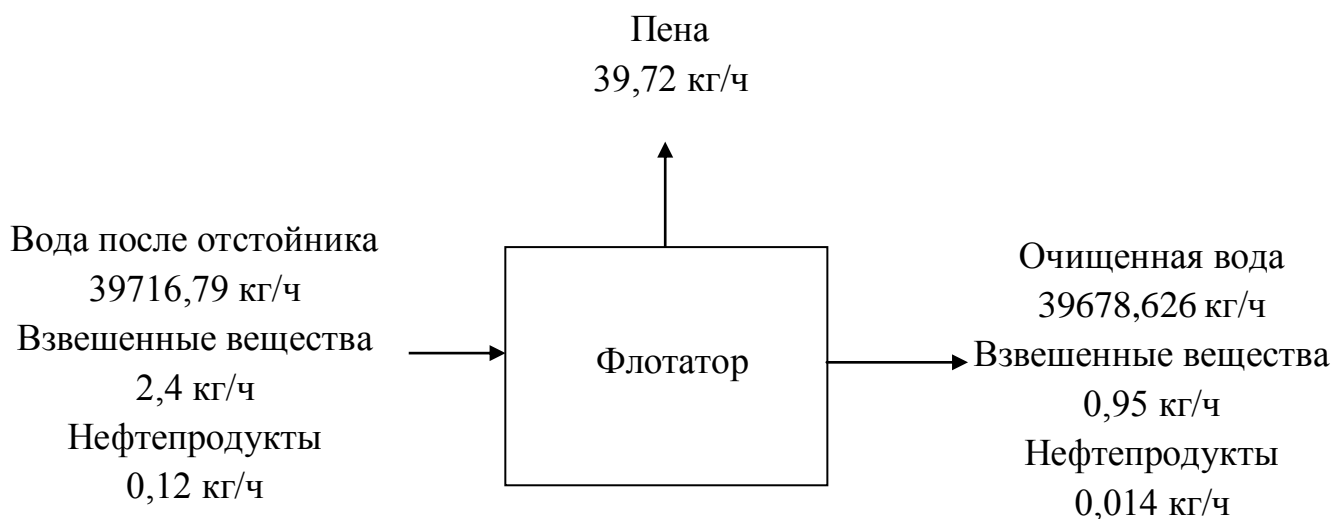


Рисунок 5 – Материальный баланс флотатора

Материальный баланс флотатора представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Материальный баланс флотатора

Наименование компонента	Поступает		Выходит			
	Сточная вода		Пена флотации		Очищенная вода	
	кг/ч	массовая доля, %	кг/ч	массовая доля, %	кг/ч	массовая доля, %
Взвешенные вещества	2,40	0,006	1,44	3,63	0,95	0,00241
Нефтепродукты	0,12	0,0003	0,1	0,25	0,014	0,00003
Вода	39716,79	99,9937	38,18	96,12	39678,626	99,99756
Итого	39719,31	100,000	39,72	100	39679,59	100,0000

### 3.4 Расчет материального баланса сорбционных фильтров

Объем сточных вод, поступающих на фильтр 39679,59 кг/ч

1. Масса загрязняющих веществ в исходной воде:

Масса взвешенных веществ находится по формуле 6:

$$m = C \cdot Q = 24 \cdot 10^{-6} \cdot 39679,59 = 0,95 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}}, \quad (6)$$

Масса нефтепродуктов:

$$m = 0,36 \cdot 10^{-6} \cdot 39679,59 = 0,014 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

2. Масса загрязняющих веществ в очищенной воде:

Масса взвешенных веществ:

$$m = 8 \cdot 10^{-6} \times 39679,59 = 0,32 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

Масса нефтепродуктов:

$$m = 0,045 \times 10^{-6} \times 39679,59 = 0,002 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}},$$

3. Масса уловленных загрязняющих веществ в результате очистки:

Масса уловленных взвешенных веществ:

$$m_{\text{взвешенных веществ}} = (24 - 8) \cdot 10^{-6} \cdot 39679,59 = 0,63 \text{ кг/ч},$$

Масса уловленных нефтепродуктов:

$$m_{\text{нефтепродуктов}} = (0,36 - 0,045) \cdot 10^{-6} \cdot 39679,59 = 0,012 \frac{\text{КГ}}{\text{Ч}}.$$

Материальный баланс фильтров представлен на рисунке 6.

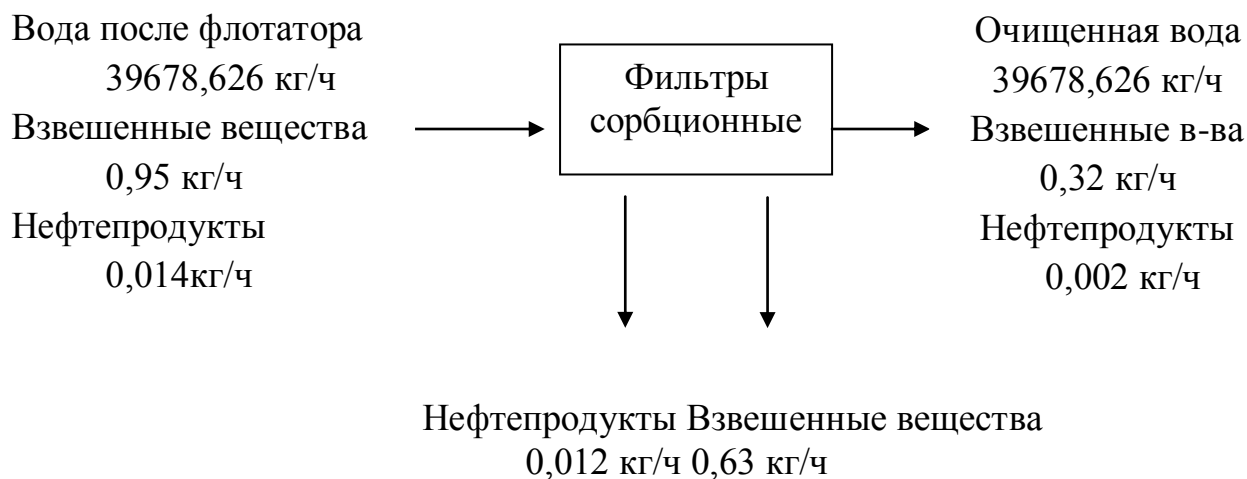


Рисунок 6 – Материальный баланс фильтров

Материальный баланс фильтров представлен в таблице 9.

Таблица 9 – Материальный баланс сорбционного фильтра

Компонент	Исходная сточная вода		Очищенная сточная вода	
	кг/ч	Массовая доля, %	кг/ч	Массовая доля, %
Вода	39678,626	99,99756	39678,626	99,991895
Взвешенные вещества	0,95	0,0024	0,32	0,0081
Нефтепродукты	0,014	0,00004	0,002	0,000005
Итого	39679,59	100	39678,948	100

В результате получено минимальное содержание нефтепродуктов и взвешенных веществ.

#### 4 Выбор и расчет основного технологического оборудования

Аккумулирующая емкость Е1.

Служит для накопления стока, усреднения состава загрязняющих веществ. Рабочий объем емкости составляет  $(26,0 \cdot 6,0 \cdot 2,0) = 312 \text{ м}^3$ . Вход стоков в емкость односторонний. На входе установлена переливная перегородка высотой 0,6 м для обеспечения равномерного распределения поступающих стоков и отсеечения наиболее крупных загрязнений. Материал изготовления - железобетон (ж/б).

Тонкослойный отстойник О1.

«Отстаивание - наиболее простой и часто применяемый способ выделения из сточных вод грубо дисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дне отстойника или всплывают на его поверхности. Тонкослойный отстойник – резервуар, предназначенный для задержания растворенных мелкодисперсных взвешенных веществ и нефтепродуктов» [28]. В работе принят тонкослойный отстойник, работающий по противоточной системе. Осветленная вода движется в направлении слева направо. Осадок сползает по наклонной поверхности пластин, накапливается в осадочной части. Отстойник оснащается задвижками с электроприводом для слива накопленного осадка в автоматическом режиме.

Имеем существующий резервуар с размерами:

Рабочий объем =  $(7,3 \cdot 2,4 \cdot 2,7) = 47,30 \approx 50 \text{ м}^3$ .

В резервуар принято поставить тонкослойные пластины.

Исходные данные:

- Производительность отстойника,  $\text{м}^3/\text{ч}$   $Q = 40$ ;
- Количество секций отстойника  $P_c = 2$ ;
- Расчетная гидравлическая крупность улавливаемых загрязнений,  $\text{мм}/\text{с}$   $U_0 = 0,2-0,4$ ;
- Концентрация взвешенных веществ,  $\text{мг}/\text{л}$  200;

- Расчетный угол наклона полок, град.  $\alpha = 60^\circ$ ;
- Материал полок – стеклопластик;
- Ширина полок, м  $b = 1$ ;
- Расстояние по горизонтали между полками, мм  $t = 55$ ;
- Опорожнение осадка влажностью 98,5 % - один раз в 4 часа.

Расчет тонкослойного пространства:

Расчет тонкослойного пространства отстойника для очистки сточных вод с гидравлическими крупностями удерживаемых взвесей  $U_0 = 0,4$  мм/с с их исходной концентрацией  $C_1 = 200$  мг/л.

Средняя скорость потока  $v_{cp}$  для полочных отстойников принимается в пределах 5-10 мм/с. Исходя из этого, в расчетах принимаем  $v_{cp} = 5$  мм/с.

Максимальная скорость рассчитывается по формуле 7:

$$v_{max} = v_{cp} \cdot k = 5 \cdot 1,7 = 8,5 \text{ мм/с}, \quad (7)$$

где  $k$  – коэффициент запаса.

Нормальная работа тонкослойного отстойника обеспечивается при условии обеспечения ламинарного режима течения жидкости в зазорах между полками и устойчивости потока.

При выбранных размерах тонкослойного пространства, рассчитывается по формуле 8:

$$h_{я} = t \cdot \sin\alpha = 55 \cdot 0,866 = 47,5 \text{ мм}, \quad (8)$$

$$\frac{b}{h_{я}} = \frac{1000}{47,5} = 21,$$

Для определения конструктивных размеров отстойника находим удельную нагрузку на ячейку по формуле 9:

$$q = v_{cp} \cdot b \cdot h_{я}, \quad (9)$$

где  $v_{cp}$  – средняя скорость потока, м/с;

$b$  – ширина полки, м;

$h_{я}$  – размер тонкослойного пространства, м

$$q = 0,005 \cdot 1 \cdot 0,0475 = 0,00024 \text{ м}^3/\text{с},$$

Тогда общее количество ячеек составит, по формуле 10:

$$n = \frac{Q}{q}, \quad (10)$$

где  $n$  - общее количество ячеек, шт;

$Q$  - производительность отстойника, м<sup>3</sup>/ч;

$q$  - удельная нагрузка на ячейку, м<sup>3</sup>/ч

$$n = \frac{40}{0,00024 \cdot 3600} = 46,2 \text{ ячеек},$$

принимаем  $n = 47$  ячеек.

Продолжительность отстаивания, с находим по формуле 11:

$$T = \frac{h_{я}}{U_0 \cdot \cos\alpha}, \quad (11)$$

где  $\cos\alpha = 0,5$

$U_0 = 0,4$  мм/с

$$T = \frac{47,5}{0,4 \cdot 0,5} = 237,5 \text{ с},$$

Бункер для осадка E2.

Предназначен для уплотнения осадка. Рабочий объем емкости составляет  $(2,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5) = 6 \text{ м}^3$ . Материал изготовления — железобетон (ж/б).

Бункер для нефтепродуктов Е3.

Служит для накопления нефтепродуктов, образующихся в результате очистки на тонкослойном отстойнике. Рабочий объем бункера составляет  $(2,0 \cdot 2,0 \cdot 1,5) = 6 \text{ м}^3$ . В емкости происходит расслоение обводненных нефтепродуктов на сам нефтепродукт и воду. Материал изготовления — железобетон (ж/б).

Реагентное хозяйство Е4.

Предназначено для приготовления и подачи 5 %-ого раствора ВПК-402 на смешение со сточной водой перед флотационной очисткой.

Принята расходная емкость объемом 20 л. Суточный расход 5 %-ого раствора ВПК-402 составляет 11,27 л. К расходной емкости подведен гибкий шланг для забора раствора реагента на смешение со сточной водой. Материал изготовления — пластик.

Расчет количества полиэлектролита:

Полиэлектролит катионный марки ВПК-402 предназначен для интенсификации процессов осаждения и флотации.

Расход ВПК-402 рассчитывается исходя из дозировки (по 100 % веществу) по 2,0 мг/л — на напорную флотацию.

Суточный расход ВПК-402 по 100 % веществу из расчета 2,0 мг/л составит:

$$M_{\text{сут}} = 0,002 \left( \frac{\text{г}}{\text{м}^3} \right) \cdot 310 \left( \frac{\text{м}^3}{\text{сут}} \right) = 0,62 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$

Суточный расход ВПК-402 по товарному продукту (42%) составит:

$$M_{\text{сут } 42\%} = \frac{0,62}{0,42} = 1,48 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$$



Годовой расход товарного продукта составит:

$$M_{\text{год}} = 1,48 \cdot 186 = 174,6 \frac{\text{кг}}{\text{год}},$$

Суточный объем 5% раствора ВПК-402 составит:

$$W = \frac{1,489}{5} \cdot \frac{42}{1,1} = 11,27,$$

где 1,1 — плотность раствора полиэлектролита.

Дозирование реагента:

На флотатор ФЛГ подается 5 % раствор ВПК-402.

ВПК-402 поставляется в герметичных пластиковых бочках (товарный продукт 42 %) массой 54 кг. Хранение осуществляется в помещении здания под технологическое оборудование. В помещении предусмотрена принудительная вентиляция с кратностью воздухообмена  $K=5$ .

Расход ВПК - 402 представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Расход ВПК - 402

Суточный объем 5% раствора	Суточный расход ВПК-402 по 100 % веществу	Суточный расход ВПК-402 по товарному продукту (42%)
11,27л	$0,62 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$	$1,48 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$

Емкость приготовления и подачи раствора ВПК-402 предназначена для приготовления 5 % раствора и подачи на смешение со сточными водами перед флотационной очисткой. Суточный объем 5 % раствора составляет 11,27 литров. Емкость представляет собой пластиковую канистру объемом 20 литров. Приготовление раствора производится вручную.

Флотатор Фл1.

Флотация – это процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз, обычно газа (чаще воздуха) и воды, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания [8,10].

Процесс очистки сточных вод методом флотации заключается в образовании комплексов «частица-пузырек», всплывании этих комплексов и удалении образовавшегося пенного слоя с поверхности обрабатываемой воды. При оптимальных условиях эффект очистки достигает 85-95% [25,26].

Расчет флотатора:

Исходные данные:

– Количество сточных вод, подаваемых на очистку:

$$Q = 40 \text{ м}^3/\text{час};$$

– Время пребывания воды в камере флотации:

$$T_{\text{ф}} = 10 \text{ мин};$$

– Коэффициент аэрации:

$$K_{\text{аэрации}} = 0,25.$$

Расчет:

1. Объем флотатора находим по формуле 12:

$$V_{\text{ф}} = \frac{Q \cdot t_{\text{ф}}}{(1 - K_{\text{аэрации}})} = \frac{40 \cdot 1/6}{(1 - 0,25)} = 8,9 \text{ м}^3, \quad (12)$$

2. Глубина флотатора (H) – 0,8 м

3. Площадь поверхности флотатора рассчитывается по формуле 13:

$$F = \frac{V_{\text{ф}}}{H} = \frac{8,9}{0,8} = 11,1 \text{ м}^2, \quad (13)$$

4. Интенсивность аэрации:

для напорной флотации:

$$I_{\phi} = 6..10 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^2} \cdot \text{ч},$$

примем  $I_{\phi} = 10 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ ,

Количество подаваемого воздуха находим по формуле 14:

$$Q_{\text{в}} = I_{\phi} \cdot F = 10 \cdot 11,1 = 111 \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (14)$$

Принимается флотатор длиной  $l_{\phi} = 5,1 \text{ м}$  и шириной  $b_{\phi} = 3,3 \text{ м}$ .

По дну флотатора поперек секций располагаются воздухораспределительные трубы на расстоянии  $l_{\text{тр}} = 0,25 \text{ м}$  друг от друга; общее число труб во флотаторе находим по формуле 15:

$$n_{\text{тр}} = \frac{l_{\phi}}{l_{\text{тр}}} = 40, \quad (15)$$

При скорости выхода струи воды из сопел  $U_c = 100 \text{ м/с}$ , диаметр отверстия сопла  $d_c = 1 \text{ мм}$ , т.е. площади отверстия каждого сопла  $F_c = 0,000000785 \text{ м}^2$ , определяется общее число сопел  $n_c$  по формуле 16:

$$n_c = \frac{Q_{\text{в}}}{3600 \cdot F_c \cdot U_c} = \frac{111}{3600 \cdot 0,000000785 \cdot 100} = 393, \quad (16)$$

Число сопел на каждой воздухораспределительной трубе  $n'_c$ , и расстояние между ними  $l_c$  определяется по формулам 17,18:

$$n'_c = \frac{n_c}{2 \cdot n_{\text{тр}}} = \frac{393}{2 \cdot 40} = 5, \quad (17)$$

$$l_c = \frac{b_\Phi}{b_c} = \frac{3,3}{393} = 0,008 \text{ м.} \quad (18)$$

Технические характеристики флотаторов «Фламинго» представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики «Фламинго»

Модель	Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Габаритные размеры, м
ФЛГ «Фламинго-25»	25	4,0·2,7·1,5
ФЛГ «Фламинго-32»	32	4,5·3,0·1,5
ФЛГ «Фламинго-40»	40	5, ·3,3·1,5
ФЛГ «Фламинго-50»	50	5,5·3,8·1,5

Исходя из количества сточных вод, подаваемых на очистку (40 м<sup>3</sup>/ч), выбираем флотатор «Фламинго-40». Габаритные размеры – 5,1·3,3·1,5 м.

Сорбционные фильтры Ф1, Ф2, Ф3.

Установлены сорбционные фильтры однокамерные вертикальной ориентации. Назначением данного оборудования для водоподготовки является удаление из водной среды примесей разной дисперсии. Отключение фильтра на промывку производится при отсутствии выпадения осадков и по результатам анализа на содержание взвешенных веществ, при наличии их более 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Количество сточных вод, подаваемых на очистку: Q = 40 м<sup>3</sup>/ч.

Фильтр ФОВ 2,6-0,6: диаметр – 2,6 м; высота – 3,7 м.

Площадь фильтрации составит 5,3 м<sup>2</sup>.

Бункер сбора осадка Е5.

Предназначен для сбора осадка. Рабочий объем бункера (2·1,0·1,0) = 2 м<sup>3</sup>. Материал изготовления – углеродистая сталь.

Насос для подачи стоков в тонкослойный отстойник.

Предназначен для равномерной подачи сточных вод в тонкослойный отстойник что обеспечивает наиболее эффективную работу отстойника. Марка ГНОМ 53/10 производительность 53 м<sup>3</sup>/ч, напор 10 м, мощность 4 кВт. Для обеспечения расхода 40 м<sup>3</sup>/ч на трубопроводе установлен напорный регулирующий вентиль. Включение и выключение насоса автоматическое по датчику уровня воды.

Насос удаления осадка.

Предназначен для удаления осадка из отстойника в бункер для осадка E2. Марка LOWARA серии DIGGER производительность 18 м<sup>3</sup>/ч, напор 14 м, мощность 0,7 кВт. Управление насосом - дистанционное.

Насос подачи воды на флотацию.

Предназначен для равномерной подачи воды на флотацию. Марка ГНОМ 53/10 производительность 53 м<sup>3</sup>/ч, напор 10 м, мощность 4 кВт. Для обеспечения расхода 40 м<sup>3</sup>/ч на трубопроводе установлен напорный регулирующий вентиль. Включение и выключение насоса автоматическое по датчику уровня воды.

Насос подачи воды на фильтр сорбционный.

Марка ГНОМ 53/10 производительность 53 м<sup>3</sup>/ч, напор 10 м, мощность 4 кВт. Для обеспечения расхода 40 м<sup>3</sup>/ч на трубопроводе установлен напорный регулирующий вентиль. Включение и выключение насоса автоматическое по датчику уровня воды.

Вывод по разделу - выбранное оборудование эффективно в своем использовании. Расчет освещения производственных помещений представлен в приложении А. Расчет экономического ущерба от загрязнения водных объектов, представлен в приложении Б.

## Заключение

В данной работе предложена технологическая схема очистки сточных вод предприятия АО «Рыбинский завод приборостроения». В соответствии с модернизированной схемой, стоки должны сбрасываться в реку Волга, поэтому концентрации загрязняющих веществ должны быть снижены ниже нормативов на сброс.

Технологическая схема включает механическую очистку в отстойнике, физико-химическую очистку в напорном флотаторе с использованием флокулянта. Выбор метода напорной флотации обоснован тем, что напорные установки просты и надежны в эксплуатации, позволяют вести процесс очистки непрерывно, дают возможность очищать сточные воды с высокой концентрацией загрязняющих веществ, имеют низкие энергозатраты, а использование раствора флокулянта позволяют очистить стоки на 95-98 %

Для процесса очистки стоков был рассчитан материальный баланс, приведен подбор технологического оборудования и расчет основного аппарата – флотатора производительностью 40 м<sup>3</sup>/ч.

Предложенная технологическая схема позволяет снизить концентрацию загрязняющих веществ (взвешенных веществ, нефтепродуктов) до нормативов на сброс. Эффективность очистки поднимется до 97 %. Внедрение данного метода позволит улучшить экологическую ситуацию, снизить нагрузку на окружающую среду и снизить платежи, а также предотвратить полный ущерб, наносимый окружающей среде.

Применение данной схемы позволяет существенно снизить концентрацию по загрязняющим веществам на выходе с очистных сооружений до ПДК, установленных для сброса в водоемы рыбохозяйственного значения.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Алексеев, Л. С. Контроль качества воды: Учебник/ Л. С. Алексеев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2020. – 154 с. – (Среднее профессиональное образование).
2. Выбор метода очистки сточных вод [Электронный ресурс]: 2016. URL: <http://aquantum-eco.ru/index.php/tekhnologii.html> (дата обращения: 09.04.2021).
3. Гигиенические требования по охране поверхностных вод [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/8/8514/> (дата обращения: 09.04.2021).
4. Запольский А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды. Свойства. Получение. Применение / Запольский А.К., Баран А. А. – Ленинград: Химия, 2017г. – 208с.
5. Клячко, В. А. Очистка природных вод/ В. А. Клячко, И. Э. Апельцин. – М.: Издательство литературы по строительству, 2017. – 571 с.
6. Лобода Виктория Источник: АВТОСТАТ 22 июля 2019. [Электронный ресурс] URL: <https://www.autostat.ru/news/40146/> (дата обращения: 21.09.2021).
7. Макаров, В. Н. Рациональное использование и очистка воды на приборостроительных предприятиях/ В. Н. Макаров, Ю. П. Беличенко, В. С. Галустов, А. Н. Чуфаровский. – М.: Машиностроение, 2016. – 265 с.
8. ООО «Хартия» [Электронный ресурс]: 2020. – Режим доступа: <http://hartiya.com/zhitelyam-kvartir/> (дата обращения: 09.04.2021).
9. Опыт применения флокулянта ВПК-402 в практике водоподготовки на очистных сооружениях водопровода [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-primeneniya-flokulyanta-vpk-402> (дата обращения: 11.10.2021).

10. Основное предназначение угольных фильтров [Электронный ресурс] URL: [https://leningradkolodec.ru/na-ulice/ot-chego-ochishchaet-ugolnyj-filtr-dlya-vody.html#:~:text=\(дата обращения: 25.09.2021\).](https://leningradkolodec.ru/na-ulice/ot-chego-ochishchaet-ugolnyj-filtr-dlya-vody.html#:~:text=(дата обращения: 25.09.2021).)
11. Потапченко, Н. Г. Использование ультрафиолетового излучения в практике обеззараживания воды // Химия и технология воды / Потапченко, Н. Г., Савлук, О. С. - М., 2018.- Т. 13. № 12 - С. 41-48.
12. Преимущества ионообменного метода очистки воды [Электронный ресурс]. URL: <http://global-aqua.ru/metody-i-tekhnologii/ionoobmennaya-ochistka-vody-preimushhes.html> (дата обращения: 13.08.2021).
13. Промышленная экология [Электронный ресурс]: 2018. URL: <http://prom-ecologi.ru/> (дата обращения: 09.04.2021).
14. Протасов В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / Протасов В.Ф., Молчанов А.В. – М., 2017г.
15. Рекомендации по уборке нефтешлама [Электронный ресурс] URL: [https://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/norma/529261/#i156782](https://ohranatruda.ru/ot_biblio/norma/529261/#i156782) (дата обращения: 24.09.2021).
16. Рыбинский завод приборостроения [Электронный ресурс] URL: <http://www.rzp.su/> (дата обращения: 28.09.2021).
17. СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод», Дата введения 2001-01-01.
18. Ставка платы за сброс сточных вод [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0\\_%D1%81%D1%82%D0](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0) (дата обращения: 09.04.2021).
19. Стахов, Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов/ Е. А. Стахов. – Л.: Недра, 2019. – 263 с.
20. Сточные воды [Электронный ресурс]: 2016. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5\\_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%8B) (дата обращения: 09.04.2021).



21. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т2 - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2019г. -884с.
22. Тонкослойный отстойник [Электронный ресурс]: 2019. URL: [http://ecopoliedr.ru/?page\\_id=15](http://ecopoliedr.ru/?page_id=15) (дата обращения: 09.04.2021).
23. Уникальные свойства кварца [Электронный ресурс]. URL: <https://gk-glass.ru/unikal-nyye-svoystva-kvartsa-dlya-ochistki-vody/> (дата обращения: 23.07.2021).
24. Эльпинер Л.И. Питьевая вода и здоровье // Экология и жизнь. - 2000.-№2.-С.62-65.
25. Яковлев, С. В. Очистка производственных сточных вод/ С. В. Яковлев. – М: Стройиздат, 2017, - 335 с.
26. Condorchem envitech [Электронный ресурс]. URL: <https://condorchem.com/en/industrial-wastewater-treatment> (дата обращения 28.09.2021).
27. Jimenez S, Mico M., Arnaldos M. , Medina F. , Contreras S., State of the art of produced water treatment State of the art of produced water treatment//Chemosphere,2018 Volume 192,February 2018, pp 186-208.
28. Lawrence K. W., Jiaping P. C., Yung-Tse H., Nazih K. S. «Heavy Metals in the Environment».
29. Maulin S.,Rodriguez-Couto S., Kumar V. « New Trends in Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewater»[Электронный ресурс] URL: <https://www.elsevier.com/books/new-trends-in-removal-of-heavy-metals-from-industrial-wastewater/shah/978-0-12-822965-1>(дата обращения: 21.09.2021).
30. Okoh I., Triclosan in water, implications for human and environmental health / Okoh I. // Environ Health Perspect, 2016, 116:1203–1210. 30. Rödel S., Günthert F.W., Brüggemann T., Investigating the impacts of extraneous water on wastewater treatment plants, 2017 Feb;75(3-4):847-855.

## Приложение А

### Освещение производственных помещений

Достаточность естественного освещения в помещениях регламентируется строительными нормами и правилами (По СНиП 31-03-2001).

При искусственном освещении нормируется освещенность в люксах.

Нормы освещения производственных помещений очистки представлены в таблице А1.

Таблица А1 — Освещение производственных помещений

Помещение	Разряд работ	Нормы КЕО	Нормы искусств. освещения, Лк	Исполнение светильников	Тип и марки светильников
Насосная	5	1,8	200	Повышенная надежность против взрыва	НОДЛ-2·80
Операторная	5	1,8	200		НОДЛ-2·80
Реагентная	5	1,8	200		НОДЛ-2·80

Расчет освещенности помещения.

Разряд зрительной работы – Шв

Размеры помещения – 6х9х3,5, м

На площади располагается 12 светильников по 2 лампы

Коэффициент отражения, %,  $\rho_{п}/\rho_{ст} = 50/30$

Выбираем расстояние между рядами светильников – 4м, расстояние между светильниками – 4м, расстояние от стен до крайних рядов светильников – 1м.

Расчет:

1. Вычисляем площадь помещения:

$$S_{\text{пом}} = 6 \cdot 9 = 54 \text{ м}^2$$

2. Вычисляем индекс помещения по формуле А 1:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (A1)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$h$  – высота подвеса светильников над полом, м

$A$  и  $B$  – соответственно длина и ширина помещения, м

$$i = \frac{54}{3,5 \cdot (6 + 9)} = 1,03 \rightarrow \eta = 65\%,$$

Рассчитываем световой поток  $F_{\text{л}}$  по формуле А2:

$$F_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \eta}, \quad (A2)$$

где  $E_{\text{н}}$  – минимальная нормируемая освещенность для заданного разряда работ, лк (СНиП 23-05-95),  $E_{\text{н}} = 200$  лк

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий старение ламп, запыление и загрязнение светильников ( $K_3 = 1,5$ )

$Z$  – отношение средней освещенности к минимальной (для трубчатых ламп – не более 1,1)

$n$  – число ламп (6 шт.)

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп, %

$$F_{\text{л}} = \frac{100 \cdot 200 \cdot 54 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{12 \cdot 65} = 2285 \text{ лм}$$

Выбираем лампы ЛБ – 80

Определяем мощность осветительной установки  $N$ :

$$N = 80 \cdot 12 = 960 \text{ Вт}$$

## Приложение Б

### Расчет экономического ущерба от загрязнения водных объектов

Приведенная масса годового сброса рассчитывается по формуле Б1:

$$M = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i \cdot 24 \cdot 177, \quad (\text{Б1})$$

где  $A_i$  – показатель токсичности компонента сточных вод, определяемый как величина, обратная значению ПДК<sub>рх</sub> дм<sup>3</sup>/мг,

$m_i$  – масса  $i$ -го вещества в сточных водах т.

Величина удельного ущерба, приведенная во «Временной типовой методике...», составляет 443 руб./у.т. Для расчета ущерба от загрязнения водных объектов можно использовать, как и в случае загрязнения атмосферы, коэффициенты индексации платежей за загрязнение атмосферы.

$$M_{\text{ВЗВ.В.}} = A_{\text{ВЗВ. В.}} \cdot m_{\text{ВЗВ.В.}} \cdot 24 \cdot 177 = \frac{1}{9,25} \cdot \frac{200 \cdot 40}{10^6} \cdot 24 \cdot 177 = 3,673 \text{ 9 у. т.}$$

т.

$$M_{\text{нефт.}} = A_{\text{нефт.}} \cdot m_{\text{нефт.}} \cdot 24 \cdot 177 = \frac{1}{0,05} \cdot \frac{15 \cdot 40}{10^6} \cdot 24 \cdot 177 = 50,976 \text{ у. т.}$$

Величину экономического ущерба от загрязнения водных объектов находим по формуле Б2:

$$Y = \gamma \cdot \sigma \cdot M, \quad (\text{Б2})$$

где  $Y$ - величина экономического ущерба от загрязнения водных объектов, руб.;

$\gamma$  – величина удельного ущерба от загрязнения окружающей среды, руб./у.т.;

$\sigma$  – поправка, учитывающая категорию водных объектов;

$M$  – приведенная масса сброса загрязняющих веществ, у.т.

Величина удельного ущерба от загрязнения воды:

$$\gamma_{\text{взв.в}} = 977,2 \text{ (руб./т);}$$

$$\gamma_{\text{нефт.}} = 14\,711,7 \text{ (руб./т);}$$

$$Y_{\text{взв.в.}} = 977,2 \cdot 2,6 \cdot 3,673\,9 = 9\,994,3512 \text{ руб.}$$

$$Y_{\text{нефт.}} = 14\,711,7 \cdot 2,6 \cdot 50,976 = 1\,949\,853,409 \text{ руб.}$$

$$Y = Y_{\text{взв.в.}} + Y_{\text{нефт.}} = 9\,994,3512 + 1\,949\,853,409 = 1\,959\,847,8 \text{ руб.}$$

Расчет платы за сбросы загрязняющих веществ в пределах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы (НДС) находим по формуле Б3:

$$C_{ni} = H_{\text{б}ni} \cdot K_э \cdot K_{\text{инд}} \quad (\text{Б3})$$

где  $C_{ni}$  – ставка платы за сброс 1 т  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах допустимых нормативов (руб./т);

$H_{\text{б}ni}$  – базовый норматив платы за выброс или сброс 1 тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы (руб.) [22].

$K_э$  – коэффициент экологической ситуации поверхностного водного объекта;

$K_{\text{инд}}$  – коэффициент индексации платы в связи с ростом цен.

Исходные данные представлены в таблице Б1.

Таблица Б1 - Исходные данные.

Наименование отхода	Норматив на сброс, мг/дм <sup>3</sup>	Ставка платы, руб/т [18].	Класс опасности	Коэффициент экологической ситуации	Коэффициент индексации платы [21]
Взвешенные вещества	9,25	977,2	4	2	учтен в ставке платы
Нефтепродукты	0,05	14 711,7	3	2	учтен в ставке платы

$$C_{н\text{ взв. в.}} = N_{б\text{ взв. в.}} \cdot K_{э} = 977,2 \cdot 2 = 1954,4 \text{ (руб./т);}$$

$$C_{н\text{ нефт.}} = N_{б\text{н нефт.}} \cdot K_{э} = 14711,7 \cdot 2 = 29423,4 \text{ (руб./т);}$$

Плата за сбросы загрязняющих веществ определяется путем умножения соответствующих ставок платы на величину загрязнения и суммирования полученных произведений по видам загрязняющих веществ по формуле Б4:

$$P_{н} = \sum n_i = C_{нi} \cdot M_i, \text{ при } M_i \leq M_{ни}, \quad (\text{Б4})$$

где  $i$  – вид загрязняющего вещества;

$P_{н}$  – плата за сбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих предельно допустимые нормативы (руб.);

$M_{ни}$  – предельно допустимый выброс/сброс  $i$ -го загрязняющего вещества (т./г.)

$$P_{н} = \left( 1954,4 \cdot \frac{0,8 \cdot 24 \cdot 177}{1000} \right) + \left( 29423,4 \cdot \frac{0,0045 \cdot 24 \cdot 177}{1000} \right) \\ = 7204,3 \text{ (руб.)}$$

Расчет платы за сбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (временно согласованных сбросов с превышением ПДК) находим по формуле Б5:

$$C_{li} = H_{bni} \cdot K_3 \cdot K_{инд} \quad (Б5)$$

где  $C_{li}$  – ставка платы за сброс 1 т  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (руб.);

$H_{bni}$  – базовый норматив платы за выброс /сброс/ размещение отходов в количестве 1 тонны  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (руб.);

$K_3$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости;

$K_{инд}$  – коэффициент индексации платы в связи с ростом цен.

$$C_{л\text{ взв. в.}} = H_{б\text{ взв. в.}} \cdot K_3 = 663,2 \cdot 2 = 1326,4 \text{ (руб./т);}$$

$$C_{л\text{ нефт.}} = H_{бн\text{ нефт.}} \cdot K_3 = 1327 \cdot 2 = 2654 \text{ (руб./т);}$$

Плата за сбросы загрязняющих веществ определяется следующим образом по формуле Б6:

$$Пл = \sum ni = C_{li} \cdot (M_i - M_{ni}), \text{ при } M_{ни} < M_i \leq M_{ли} \quad (Б6)$$

где  $i$  – вид загрязняющего вещества;

$П_{л}$  – плата за сброс загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (руб.);

$M_i$  – фактический сброс  $i$ -го загрязняющего вещества (т);

$M_{ni}$  – предельно допустимый сброс  $i$ -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (т).

$$\begin{aligned} П_{н} &= \left( 1954,4 \cdot \left( \frac{200 \cdot 24 \cdot 177}{1\,000} - \frac{8 \cdot 24 \cdot 177}{1\,000} \right) \right) \\ &+ \left( 29\,423,4 \cdot \left( \frac{15 \cdot 24 \cdot 177}{1\,000} - \frac{0,0045 \cdot 24 \cdot 177}{1\,000} \right) \right) \\ &= 3535283,3 \text{ (руб.)} \end{aligned}$$

Технико-экономическое обоснование проекта представлено в таблице Б2.

Таблица Б2- Технико-экономическое обоснование проекта.

Наименование показателя	По проекту
Годовая производительность установки, м <sup>3</sup>	350 400
Себестоимость очистки, руб. 1 м <sup>3</sup> сточной воды	45,11
Экономический эффект от внедрения технологии очистки (переработки), руб/год	54 300 000
Срок окупаемости, лет	1,76