

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)

18.03.01 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 **Совершенствование технологии очистки сточных вод от  
взвешенных веществ с помощью фильтра с полимерной загрузкой**

Студент

Ю.С. Белякова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент П.А. Мельников

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

И.Ю. Усатова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

Тема выпускной квалификационной работы – «Совершенствование технологии очистки сточных вод от взвешенных веществ с помощью фильтра с полимерной загрузкой».

Целью работы является снижение негативного воздействия на Саратовское водохранилище на основе повышения качества очистки сточных вод от взвешенных веществ за счет совершенствования технологии на очистных сооружениях г.о. Тольятти, на примере предприятия ООО «Автоград водоканал».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на 47 листов, включающей 9 таблиц, 5 рисунков, списка из 35 источников, в том числе 3 источника на иностранном языке.

В бакалаврской работе подробно описываются способы очистки сточных вод от взвешенных веществ, требования, применяемые к качеству очистки стоков, существующие технологии, а так же выбор и анализ объекта для усовершенствования. Большое внимание уделяется проблеме превышения предельно – допустимых концентраций по взвешенным веществам при сбросе в водоем.

Рассматривая технологическую схему очистки сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал», было установлено, что применяемые фильтры не обеспечивают эффективной очистки стоков. Исходя из требований, был предложен фильтр с полимерной загрузкой ФП – 50. Эффективность работы была подтверждена материальным балансом (эффективность очистки увеличилась до 99%). Так же при расчете основных параметров фильтров выявили, что данный фильтр значительно сокращает объемы занимаемых площадей, тем самым снижая расходы на энергопотребление.

Таким образом, эти результаты приводят нас к выводу, что эффективность принимаемых решений оправдана.

## **Abstract**

The title of the graduation work is « Development of technology of sewage treatment from suspended solids by the filter with a polymer feed ».

This graduation project is devoted to reduce the negative impact on the Saratov reservoir on the basis of improving the quality of wastewater treatment from suspended solids through improved technologies in wastewater treatment plants Togliatti, for example, the company OOO «AvtogradVodokanal».

The graduation qualification work consists of an explanatory note on 47 pages, consisting of 7 tables, 5 figures, list of 32 sources, including 3 sources in a foreign language.

In the graduation work describes in detail the methods of sewage purification from suspended substances, the requirements applied to the quality of wastewater treatment, existing technologies and selection and analysis for improvement.

Much attention is given to the problem of exceeding the maximum allowable concentration of suspended substances in discharges into water bodies.

The graduation project describes in details the technological scheme of wastewater treatment at the enterprise OOO «AvtogradVodokanal», it was found that the filters do not provide effective wastewater treatment. Based on the requirements, was proposed filter with a polymer loading of OP – 50. The efficiency was confirmed by mass balance (the cleaning efficiency increased to 99%). Also, when calculating the basic parameters of the filter revealed that the filter significantly reduces the volume of the occupied spaces, thereby reducing energy costs.

Thus, these results lead us to conclude that the effectiveness of the decisions taken justified.

## Содержание

Введение.....	5
1 Анализ существующих технологий очистки сточных вод от взвешенных веществ.....	7
1.1 Способы очистки сточных вод от взвешенных веществ.....	7
1.2 Анализ фильтров для очистки сточных вод.....	8
1.3 Патентный поиск по теме исследования.....	11
1.4 Требования к качеству очистки сточных вод.....	14
2 Анализ существующей схемы очистки сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал» .....	16
2.1 Качественный анализ стоков ООО «Автоград водоканал».....	16
2.2 Анализ существующей технологической схемы ООО «Автоград водоканал».....	17
3 Совершенствование системы очистки стоков на ООО «Автоград водоканал».....	24
3.1 Предлагаемый способ очистки сточных вод на ООО «Автоград водоканал».....	24
3.2 Технологические показатели фильтра полимерного.....	27
3.3 Характеристика и свойства полипропиленового волокна.....	28
3.4 Расчет скорого каркасно - засыпного фильтра.....	32
3.5 Расчет фильтра с полимерной загрузкой ФП –50.....	35
3.6 Материальный баланс фильтра с полимерной загрузкой ФП –50.....	37
3.7 Анализ преимущества фильтра полимерного ФП – 50.....	40
Заключение.....	43
Список используемой литературы... ..	44

## Введение

В настоящее время вопросы по охране окружающей среды и рационального использования природных ресурсов приобретает в жизни современного общества все большее значение. Развитие многообразных промышленных производств, огромное число промышленных продуктов, обуславливает образование различных сточных вод, загрязненными всевозможными органическими и неорганическими веществами.

Сточные воды промышленных предприятий различных отраслей промышленности очень разнообразны по составу и требуют применения специфических методов, технологий и аппаратов для очистки стоков от различных минеральных и органических примесей перед отведением их в водные объекты. Наиболее перспективными направлениями науки в области развития технологий водоподготовки и очистки сточных вод являются:

1. Системы водоснабжения и водоотведения с повторным использованием очищенных сточных вод;
2. Разработка и внедрение безводных технологических процессов;
3. Усовершенствование существующих технологических процессов;
4. Разработка и внедрение современного оборудования.

Основными направлениями для уменьшения сброса сточных вод в водные объекты являются разработка и внедрение современного оборудования и усовершенствование существующих технологических процессов.

Очищенные сточные воды ООО «Автоград водоканал» содержат превышения по основным показателям, в том числе и по взвешенным веществам. Взвешенные вещества – это основная масса нерастворимых в воде загрязнений, которые в зависимости от размеров отдельных частиц и их плотности могут выпадать в виде осадка, всплывать на поверхность или оставаться во взвешенном состоянии. При увеличении их показателей в воде, наблюдается уменьшение прозрачности воды, снижение аэрации водоема, сорбирование других веществ, что значительно ухудшает качество воды.

**Целью бакалаврской работы** является снижение негативного воздействия на Саратовское водохранилище на основе повышения качества очистки сточных вод за счет совершенствования технологии очистки сточных вод на очистных сооружениях ООО «Автоград водоканал». Для решения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Проанализировать существующие технологии очистки сточных вод от взвешенных веществ.
2. Провести анализ существующей системы очистки стоков на примере ООО «Автоград водоканал»
3. Предложить совершенствование системы очистки стоков на очистных сооружениях ООО «Автоград водоканал» для достижения предельно – допустимой концентрации взвешенных веществ перед сбросом в водохранилище.

# **1 Анализ существующих технологий очистки сточных вод от взвешенных веществ**

## **1.1 Способы очистки сточных вод от взвешенных веществ**

«Очистка сточных вод – это обработка воды с целью разрушения и удаления из нее определенных веществ» [5].

«Для удаления из сточных вод нерастворимых примесей применяются следующие способы:

- процеживание на решетках и сетках для выделения крупных примесей и посторонних предметов. Процеживание осуществляется главным образом для защиты очистных сооружений от засорения и поломки движущихся частей оборудования;
- улавливание в песколовках тяжелых примесей;
- отстаивание воды для удаления не растворяющихся тонущих и плавающих органических и неорганических примесей не задерживаемых решетками и песколовками. Осуществляется в отстойниках и осветлителях, удаление примесей происходит естественным образом под действием силы тяжести;
- удаление твердых взвешенных частиц в гидроциклонах. Гидроциклоны просты по устройству, легко обслуживаются, имеют высокую производительность и небольшую мощность. К недостаткам гидроциклонов относится большая энергоемкость;
- фильтрация для улавливания тонкодисперсных взвесей. Эффективность метода зависит от применяемых фильтров. Выбор того или иного фильтра определяется свойствами сточных вод, их температурой и давлением» [15]-[31]. Фильтрация, чаще всего используют для окончательной очистки, тогда как очистка на решетках, песколовки и отстаивание используют для предварительной очистки сточных вод. В качестве фильтрующих

элементов чаще всего используют различные зернистые и плавающие загрузки.

В таблице рассмотрены основные достоинства и недостатки оборудования для очистки сточных вод от взвешенных веществ.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки оборудования для очистки сточных вод от взвешенных веществ

Оборудование	Достоинства	Недостатки
Отстойники	Простота конструкции и эксплуатации	Низкая скорость осаждения мелкодисперсных загрязнений, большие габариты
Гидроциклоны	Высокая производительность и небольшая мощность	Большая энергоемкость
Фильтры	Высокая эффективность очистки	Высокие эксплуатационные расходы, большие габариты

## 1.2 Анализ фильтров для очистки сточных вод

В промышленных условиях на завершающем этапе очистки воды от механических примесей чаще всего используют фильтры с зернистой загрузкой и фильтры с плавающей загрузкой (ФПЗ). В качестве зернистой загрузки могут быть использованы: кварцевый песок, дробленый антрацит, керамзит, керамическая крошка и др. Фильтрующие загрузки для ФПЗ изготавливают из вспенивающегося полистирола (пенополистирол) или гранулированного полиэтилена.

«К фильтрующим материалам предъявляется ряд требований: они должны обладать определенным фрикционным составом, механической прочностью (на истирание и измельчение), химической стойкостью к воде и ее примесям, должны быть доступны и иметь невысокую стоимость»[2].

«Фильтры с зернистой загрузкой классифицируют следующим образом:

- по скорости фильтрования: медленные (0,1 – 0,3 м/ч), скорые (5 – 12 м/ч), сверхскоростные (36 – 100 м/ч);



- по крупности фильтрующего материала: мелкозернистые, среднезернистые и крупнозернистые;
- по направлению движения потока: восходящие и нисходящие;
- по числу фильтрующих слоев: однослойные, двухслойные, многослойные» [25].
- по способу подвода воды и режиму фильтрования: открытые и закрытые (напорные).

«Открытые фильтры обычно представляют собой прямоугольные резервуары с дренажными системами, загружаемые поддерживающими (гравий) и зернистыми материалами» [3]. Крупность зерен фильтрующей загрузки 0,5 – 2 мм; толщина однослойного фильтра 0,7 – 2 м; высота слоя воды над загрузкой фильтра должна быть не менее 2 м; продолжительность фильтроцикла 12 – 24 ч, потеря напора не должна превышать 2,5 – 3 м.

Напорные фильтры представляют собой закрытые цилиндрические вертикальные или горизонтальные резервуары, оборудованные дренажной системой и распределительной системой для подачи воздуха, подачи и отвода воды. Высота фильтрующей загрузки в фильтрах всех типов 1,2 м; потеря напора 6 – 8 м; скорость фильтрования до 25 м<sup>3</sup>/ч; фильтроцикл составляет 10 – 12 ч.

«Грязеемкость зернистых фильтров составляет 1-3 кг/м<sup>3</sup>. Эффективность фильтрования повышается при добавлении в воду коагулянтов и флокулянтов. Потери напора в зернистых фильтрах достигают 130 кПа» [3].

Основным достоинством зернистых фильтров является высокая степень очистки. Недостатками: высокая стоимость, высокие эксплуатационные особенности и высокий расход коагулянта.

«Фильтры с загрузкой из плавающих гранул применяются для очистки сточных вод после биологической очистки. Принцип действия ФПЗ заключается в задержании взвешенных примесей в фильтрующем слое, обладающих плавучестью. Работа ФПЗ осуществляется при практически

постоянном напоре, соответственно при отложении осадка в фильтрующей загрузке будет происходить падение производительности фильтра.

Плавающие загрузки имеют преимущества перед не плавающими (тяжелыми) загрузками, заключающиеся в способности легко и быстро промываться потоком воды. Во время промывки водой со скоростью 20 – 50 м/ч существенно увеличивается расстояние между гранулами, что способствует эффективному удалению отфильтрованного осадка, который отводится вместе с промывной водой. Так же, фильтр имеет меньшее гидравлическое сопротивление по сравнению с зернистыми фильтрами и требует меньшее количество воды на промывку, при этом вода очищается до установленных норм.

По условиям проведения процесса ФПЗ могут быть: открытыми и напорными. По направлению движения потока: нисходящие и восходящие.

При фильтрации с нисходящим потоком воды, вода движется в направлении убывающей крупности частиц загрузки, что соответствует повышению эффективности очистки воды и увеличению грязеемкости фильтрующего слоя, однако, нарушается его целостность.

При восходящем потоке воды нарушений целостности слоя не происходит. Напротив, гранулы загрузки плотно прилегают друг к другу под действием плавучести и гидродинамического давления жидкости, обеспечивая эффективную очистку воды.

С точки зрения эффективности очистки воды оптимальным размером гранул плавающей загрузки является 1 – 2 мм. Однако на практике приходится использовать более крупные гранулы (с размером от 2 до 4 мм) из-за сложности работы с мелкими гранулами. Высоту слоя зернистой загрузки в фильтрах следует принимать не менее 0,6 м. Другим фактором, оказывающим существенное влияние на эффективность очистки воды от взвешенных веществ в ФПЗ, является скорость фильтрации» [8].

В таблице представлены достоинства и недостатки фильтров с зернистой и плавающей загрузками.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки фильтров

Тип фильтра	Достоинства	Недостатки
Фильтр с зернистой загрузкой	Высокая степень очистки	Высокая стоимость, высокие эксплуатационные особенности и высокий расход коагулянта
Фильтр с плавающей загрузкой	Простота и эффективность регенерации фильтрующей загрузки, ее низкая стоимость и долговечность, высокая эффективность очистки	Низкая плотность пенополистирола обуславливает увеличение расхода промывной воды

### 1.3 Патентный поиск по теме исследования

Патентный поиск по теме исследования был проведен с целью выявления имеющихся технических решений в области очистки промышленных сточных вод от взвешенных веществ. Анализ патентов приведен в таблице 3.

Таблица3 – Патентный поиск по теме исследования

Номер документа	Дата публикации	Название	Авторы	Недостатки изобретения
РФ 2310496	20.11.2007	Напорный фильтр	Дзюбо В.В., Алферова Л.И.	«Недостатком данной конструкции напорного фильтра является невысокая эффективность очистки природных и сточных вод» [16].
РФ 2399425	20.09.2010	Фильтр для очистки воды	Назаров В.Д., Назаров М.В., Мухаметзянов А.Р.	«Устройство имеет сложную конструкцию, большое количество сорбирующих и фильтрующих материалов, требует сложной регенерации разнообразных загрузочных материалов, требует затраты электроэнергии на поляризацию многочисленных электродов» [17].
RU72148U1	10.04.2008	Песочный фильтр	Никулин В.А., Подберезный В.Л., Трофимов Л.И., Аксенов В.И., Гурьянов И.К., Пецура С.С., Птухин В.А., Туктамышов Ф.Р.	«Недостаток этого устройства обусловлен однонаправленным движением фильтрующего песка и фильтруемой воды, вследствие чего рабочий слой песка имеет повышенную загрязненность по всей толщине, повышенное гидравлическое сопротивление, а фильтр - малую производительность и эффективность работы»[18].
RU2217210C2	27.11.2003	Фильтр с зернистой загрузкой	Гириков О.Г. Петров М.Ю.	«Основными недостатками данного фильтра являются сложность конструкции и многократное разрушение хлопьев осадка, задержанного в верхних слоях загрузки, что приводит к досрочному прекращению фильтроцикла из – за выноса их с очищенной водой» [19].
РФ №2245735	10.02.2005	Фильтр непрерывной очистки жидкости	Балоян Б.М., Веденеев В.В., Голубков В.Г., Ивенин В.А., Родионов М.У., Чуднова Т.А., Якимович О.И.	«Данному фильтру присущи следующие недостатки:имеет большие размеры, в частности высоту, очищаемая жидкость проходит неравномерным потоком по поперечным сечениям по массе очищающего реагента» [20].

Продолжение таблицы 3

Номер документа	Дата публикации	Название	Авторы	Недостатки изобретения
РФ №2397795	27.08.2010	Фильтр для очистки воды	Сталинский Д.В., Ерохин А.В., Ботштейн В.А., Пирогов А. Ю., Мантула В.Д., Стасевский С.Л. Семенов Д. В.	«К недостаткам такого фильтра можно отнести сложную и недостаточно надежную конструкцию распределительной дренажной системы, что обуславливается необходимостью размещения на промежуточном днище большого количества щелевых колпачков (35-50 шт. на 1 м <sup>2</sup> рабочей площади фильтра» [21].

## **1.4 Требования к качеству очистки сточных вод**

Требования, предъявляемые к качеству очистки сточных вод регламентируются в соответствии с СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5. «Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов. Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы».

### **1.4.1 Гигиенические требования к охране поверхностных вод**

«Настоящими Санитарными правилами установлены гигиенические нормативы состава и свойств воды в водных объектах для двух категорий водопользования.

1. К первой категории водопользования относится использование водных объектов или их участков в качестве источника питьевого и хозяйственно-бытового водопользования, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности.
2. Ко второй категории водопользования относится использование водных объектов или их участков для рекреационного водопользования. Требования к качеству воды, установленные для второй категории водопользования, распространяются также на все участки водных объектов, находящихся в черте населенных мест.
3. Качество воды водных объектов должно соответствовать требованиям. Содержание загрязняющих веществ не должно превышать гигиенические предельно допустимые концентрации и ориентировочные допустимые уровни веществ в воде водных объектов, утвержденные в установленном порядке (ГН 2.1.5.689-98, ГН 2.1.5.690-98 с дополнениями).
4. При отсутствии установленных гигиенических нормативов водопользователь обеспечивает разработку ОДУ или ПДК, а также метода определения вещества и/или продуктов его трансформации с нижним пределом измерения  $\leq 0,5$  ПДК.

5. В случае присутствия в воде водного объекта двух и более веществ 1 и 2 классов опасности, характеризующихся однонаправленным механизмом токсического действия, в т.ч. канцерогенных, сумма отношений концентраций каждого из них к соответствующим ПДК не должна превышать единицу»[25].

Выводы к разделу 1:

В данном разделе был проведен литературный обзор, включающий в себя анализ существующих технологий очистки сточных вод от взвешенных веществ, их достоинств и недостатков. Так же, проведен поиск патентной информации, включающий в себя различные виды фильтров для очистки стоков.

Раздел 1, содержащий в себе теоретическую часть работы, основан на анализе научных статей и пособий по данной теме.

## 2 Анализ существующей схемы очистки сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал»

### 2.1 Качественный анализ стоков ООО «Автоград водоканал»

«Сточные воды на очистных сооружениях предприятия «Автоград водоканал» имеют смешанный состав и подразделяются на:

1. бытовые сточные воды – содержат минеральные, органические и бытовые загрязнения. Источниками образования бытовых сточных вод является жилой район, санитарные узлы служебных и производственных зданий промышленно – коммунальной зоны;
2. производственные сточные воды – включают в себя ливневые загрязненные стоки с внутренних дорог, «ТЭЦ ВАЗа» Самарского филиала ОАО «Волжская ТГК» и от промышленной площадки ОАО «АВТОВАЗ»[1].

В таблице 4 указан состав сточных вод.

Таблица 4– Состав сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал»

Показатель	Единица измерения	Поступающие сточные воды		Очищенные сточные воды	
		ДК	среднее значение	ПДС	среднее значение
рН	Единиц рН	6,5-8,5	7,39	6,5-8,5	7,33
ХПК	мгО/дм <sup>3</sup>	230	304,9	31	33,19
БПК <sub>полное</sub>	мгО/дм <sup>3</sup>	150	180,4	3,1	10,72
Нитрит – ион	мг/дм <sup>3</sup>	1,57	0,9	0,07	0,0837
Нитрат – ион	мг/дм <sup>3</sup>	8,2	1,43	37,2	70,23
Ион аммония	мг/дм <sup>3</sup>	12,0	29,84	0,25	0,286
Взвешенные вещества	мг/дм <sup>3</sup>	150	165	5	10,71
Сухой остаток	мг/дм <sup>3</sup>	505,8	543,2	506,88	516,723
Прокаленный остаток	мг/дм <sup>3</sup>	Не норм.	235,5	Не норм.	270,456
Хлориды	мг/дм <sup>3</sup>	59,22	59,44	59,22	54,576
Сульфаты	мг/дм <sup>3</sup>	96,5	150,8	96,5	124,23
Фосфаты	мг/дм <sup>3</sup>	2, 1	7,63	1,97	4,426
Нефтепродукты	мг/дм <sup>3</sup>	1,46	3,47	0,043	0,0525
Хром <sup>6+</sup>	мг/дм <sup>3</sup>	0	<0,01	0	<0,01



Продолжение таблицы 2

Показатель	Единица измерения	Поступающие сточные воды		Очищенные сточные воды	
		ДК	среднее значение	ПДС	среднее значение
Железо общее	мг/дм <sup>3</sup>	0,96	1,3	0,18	0,204
Никель	мг/дм <sup>3</sup>	0,006	0,052	0,0033	0,0023
Цинк	мг/дм <sup>3</sup>	0,022	0,132	0,007	0,0113
Медь	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,047	0,0012	0,0024
Аллюминий	мг/дм <sup>3</sup>	0,14	0,411	0,059	0,0471
АПАВ	мг/дм <sup>3</sup>	0,97	1,476	0	0,061
Сульфиды	мг/дм <sup>3</sup>	0	6,01	0	0,01
Свинец	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0016	0	0,001
Фенолы общие	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0629	0	0,0004
Кадмий	мг/дм <sup>3</sup>	0	0,0005	0	0,0002

По данным таблицы, можно сделать вывод, что содержание многих показателей в сточных водах превышают ПДС, в том числе и по взвешенным веществам. Это свидетельствует о том, что очистные сооружения не справляются со своей задачей в должном объеме, а так же о необходимости модернизации процесса очистки сточных вод, для достижения требуемых параметров, в соответствии с нормативным документом ГОСТ 17.1.01.77.

Для достижения требуемых параметров по очистке стоков от взвешенных веществ, предлагаем провести совершенствование действующих очистных сооружений, а именно заменить фильтровальную установку скорых каркасно – засыпных фильтров на фильтры с полимерной загрузкой, для уменьшения количества загрязняющих веществ, до требуемых показателей. Существующая схема очистки представлена на рисунке 1.

## **2.2 Анализ существующей схемы очистки сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал»**

Технологический процесс очистки сточных вод от взвешенных веществ на предприятии ООО «Автоград водоканал», включает в себя две основные ступени очистки:

- 1) Механическая очистка

2) Доочистка на фильтрах;

«В состав сооружения механической очистки входят – здания решеток, песколовки (6 шт.), первичные отстойники (6 шт.), воздухоподводящая станция.

В сооружения доочистки – безнапорные скорые фильтры (16 шт.) и насосная станция» [26].

Так же, в комплекс очистных сооружений по очистке сточных вод входят:

- сооружения биологической очистки (смеситель, аэротенки – 7 шт., вторичные отстойники – 4 шт., воздухоподводящая станция);
- сооружения по обеззараживанию вод (хлораторная, станция ультрафиолетового обеззараживания – 14 машин);
- сооружения по обработке осадка (илоуплотнители – 2 шт., метантенки – 2 шт., иловые карты – 21 шт., 2 насосных станции).

На рисунке 1 представлена существующая технология очистки сточных вод.

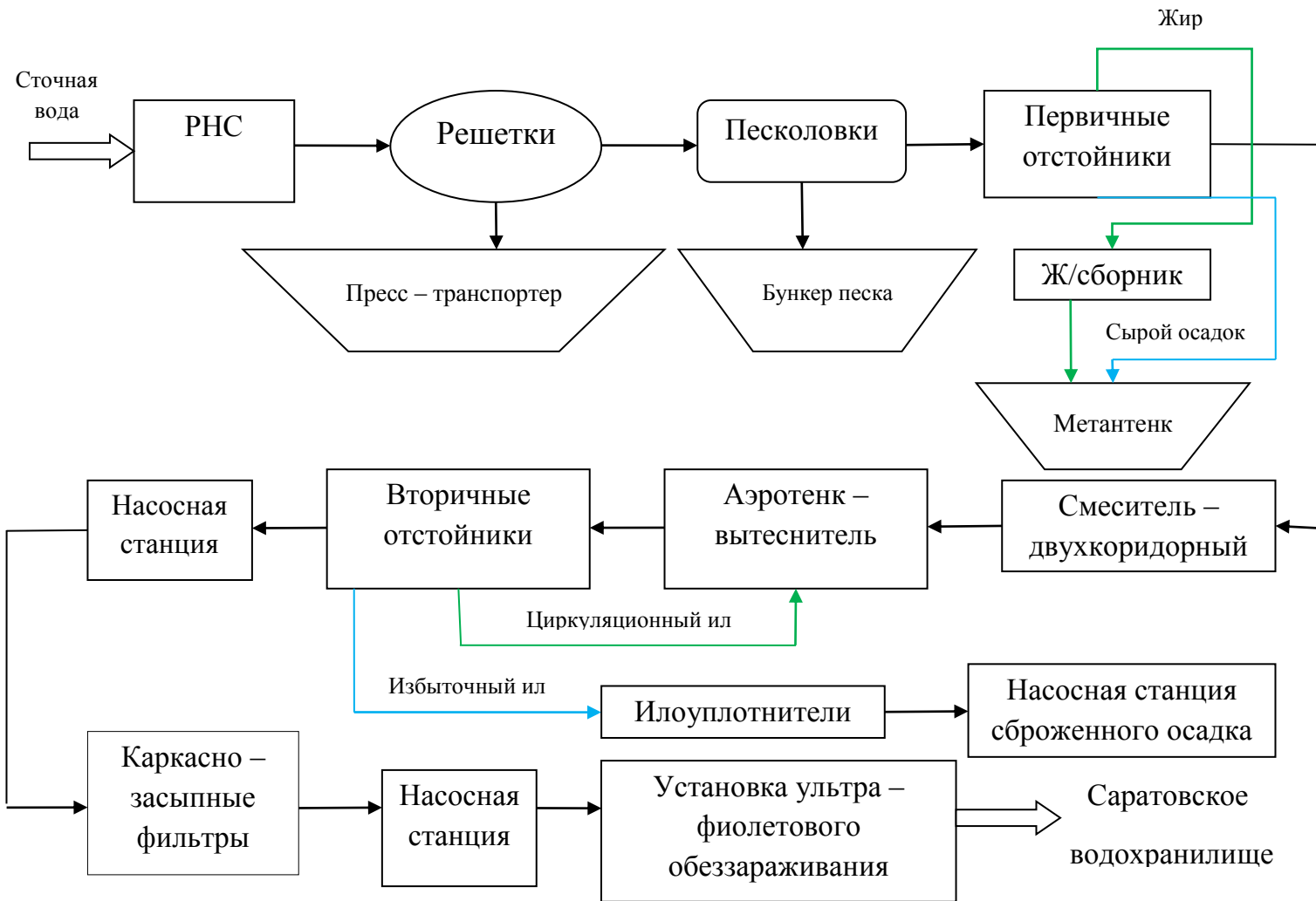


Рисунок 1 – Технологическая схема очистки сточных вод

### **2.2.1 Механическая очистка сточных вод**

Из первой приемной камеры сточная вода поступает через подводящие каналы в здание решеток. Для освобождения сточных вод от крупных плавающих отбросов, на РНС-1 применяются механизированные решетки (3 шт.) с прозорами 16 мм, типа МГ – 12Т. Задержанные на решетках отбросы снимаются механическими граблями, сбрасываются вручную щетками на шнековый транспортер, далее обезвоживаются шнековым пресс – транспортером и подаются в контейнер, где осуществляется обеззараживание отбросов хлорной водой из расчета 5 кг извести на 100 кг отбросов.

Из второй приемной камеры (РНС -2) сточные воды поступают на решетки с прозорами 25 – 30 мм.

Из здания решеток сточная вода из первой приемной камеры отводится в песколовки горизонтального типа. Горизонтальная песколовка габаритными размерами (Д×Ш×В) 20000×18720×1900 мм состоит из трех секций шириной по 6240 мм. Каждая секция оборудована скребковым механизмом, который сгребает осевший на дне песколовки песок и ему подобные минеральные загрязнения.

Сточные воды из второй приемной камеры после решеток поступают в аэрируемые песколовки.

Горизонтальная аэрируемая песколовка состоит из трех секций, где каждая секция оборудована гидравлическим смывом песка. Песок и подобные ему минеральные загрязнения транспортируются в приямок, откуда они откачиваются гидроэлеватором в бункер для песка для промывки и обезвоживания.

После песколовки сточные воды направляются в первичные радиальные отстойники, которые представляют из себя железобетонные резервуары диаметром 40 м и ёмкостью по 5000 м<sup>3</sup>.

Сточная вода подается в центр отстойника и движется радиально от центра к периферии. При этом скорость движения осветляемой воды изменяется от максимальных значений в центре до минимальных на периферии.

Сырой осадок, осевший на дно отстойника, при помощи скребкового механизма сгребаются к центральному приемку, откуда плунжерным насосом перекачиваются для сбрасывания в метантенки.

Всплывающие вещества (жиры, механические примеси) с поверхности воды отстойника собираются полупогруженной доской, подвешенной на ферме скребкового механизма, и удаляются в жиросборники, откуда по мере накопления плунжерным насосом перекачиваются для сбрасывания в метантенки.

Осветленные сточные воды сливаются через круговой водослив, установленный по окружности отстойника, в сборный лоток и поступают на сооружение биологической очистки.

В результате очистки сточных вод на данном этапе происходит очистка по всем показателям.

При отстаивании эффективность очистки составляет:

- осветление сточных вод на 40 – 60 %;
- снижение величины БПК на 20 – 40 %.

Данная ступень очистки выполняет необходимую степень очистки от взвешенных веществ и не требует модернизации.

### **2.2.2 Доочистка сточных вод на фильтрах**

Доочистка сточных вод в данном технологическом процессе требуется для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвесей. Данная стадия очистки направлена на получение минимальных допустимых концентраций по взвешенным веществам.

Для доочистки сточных вод применяются 16 безнапорных скорых каркасно – запасных фильтров, с загрузкой из дробленого керамзита марки 550. Скорость фильтрации составляет 7 м/ч, фильтроцикл – 12 ч, размеры фильтра – 9×12 м.

Конструктивно фильтр представляют собой прямоугольный железобетонный резервуар, разделенный на две равные секции. В состав каждой секции входит дренажная система для подачи воды и воздуха, которая осуществляется восходящим потоком фильтрованной воды.

Дренажные трубы служат для сбора и отвода отфильтрованной воды, а также для равномерного распределения промывной воды по всей площади фильтра во время регенерации загрузки.

Над дренажными трубами уложены гравийные слои крупностью 2 – 40 мм. Высота поддерживающего слоя составляет 0,5 м, высота фильтрующего слоя – 1,2 м, крупность фильтрующего слоя – 1,6÷3 мм.

Фильтры расположены на открытой площадке, а трубы и арматура находятся в закрытом помещении.

Регенерация керамзитовой загрузки фильтров – водовоздушная. Водовоздушная промывка керамзитовой загрузки запрещена по требованиям СП 31.133330.2012. Нарушение данного требования в процессе эксплуатации привело к интенсивному выносу верхних слоев дробленного керамзита из фильтров с промывной водой.

После доочистки сточные воды высоконапорными насосами НСД перекачиваются в станцию УФОи сбрасываются в Саратовское водохранилище.

Эффективность очистки данных фильтров представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Эффективность очистки фильтров

Показатель	Ср. <sub>вх</sub>	Ср. <sub>оч</sub>	ПДК <sub>оч</sub>	Эффективность, %
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	17	10,71	5	37%

На данном этапе очистки сточных вод эффект доочистки по взвешенным веществам составляет 37 %, что не соответствует нормативным требованиям к сбросу.

Фильтры блока доочистки по техническому состоянию можно оценивать как неудовлетворительные. Данные фильтры предлагается заменить на фильтры с полимерной загрузкой ФП – 50.

Выводы к разделу 2:

В данном разделе рассмотрена схема технологического процесса очистки сточных вод на предприятии ООО «Автоград водоканал». Проведен анализ данной технологии на стадиях механической очистки и доочистки сточных вод.

На стадии доочистки сточных вод, выявили, что применяемые скорые каркасно – засыпные фильтры имеют следующие недостатки:

- при регенерации фильтров, происходит вынос верхних слоев загрузки из фильтров с промывной водой;
- низкая эффективность очистки сточных вод;
- превышение ПДК в очищенной воде.

Данные фильтры по техническому состоянию не соответствуют нормативным требованиям по очистке сточных вод и требуют модернизации.

В качестве замены существующих фильтров, был предложен фильтр с полимерной загрузкой ФП – 50.

### **3 Совершенствование системы очистки стоков на ООО «Автоград водоканал»**

#### **3.1 Предполагаемый способ очистки сточных вод на ООО«Автоград водоканал»**

На предприятии ООО «Автоград водоканал» действуют 16 скорых безнапорных каркасно – засыпных фильтров (КЗФ) со скоростью фильтрования – 7 м<sup>3</sup>/ч и фильтроциклом –12 ч. Для снижения загрязнения сточных вод по взвешенным веществам, предлагается заменить на этапе доочистки сточных вод существующие фильтры на фильтры с полимерной загрузкой ФП – 50.

На рисунке 2 представлена предлагаемая технологическая схема очистки сточных вод. «Процесс восстановления происходит в автоматическом режиме при интенсивной аэрации промывочной воды. При этом верхняя перфорированная пластина находится в самом верхнем положении, позволяя тем самым фильтрующим шарикам свободно двигаться во всем объеме фильтра. Поток воды и воздуха барботирует фильтрующую загрузку и очищает поры шариков от захваченного загрязнения. По окончании процесса очистки фильтрующего материала, промывочная вода отводится по специальному трубопроводу в голову очистных сооружений, а перфорированная пластина возвращается в исходное рабочее положение и процесс очистки воды возобновляется» [28].





Рисунок 2 – Предполагаемая технологическая схема очистки сточных вод

Трубопровод проходит от сооружений биологической очистки через насосы в фильтры с полимерной загрузкой, где вода очищается от взвешенных веществ и сопутствующих загрязнений, проходя через слой полипропиленовых волокон. Далее очищенная вода подается насосом на установку ультрафиолетового обеззараживания и сбрасывается в Саратовское водохранилище.

«Работа установки основана на принципе восходящего потока. Исходная вода поступает через впускной трубопровод, расположенный в нижней части агрегата, и очищается по мере протекания вверх через слой сжатого фильтрующего материала.

Далее очищенная вода поступает на сброс через верхний выпускной трубопровод. Загрузка удерживаются в фильтрующем слое с помощью нижней и верхней перфорированных пластин.

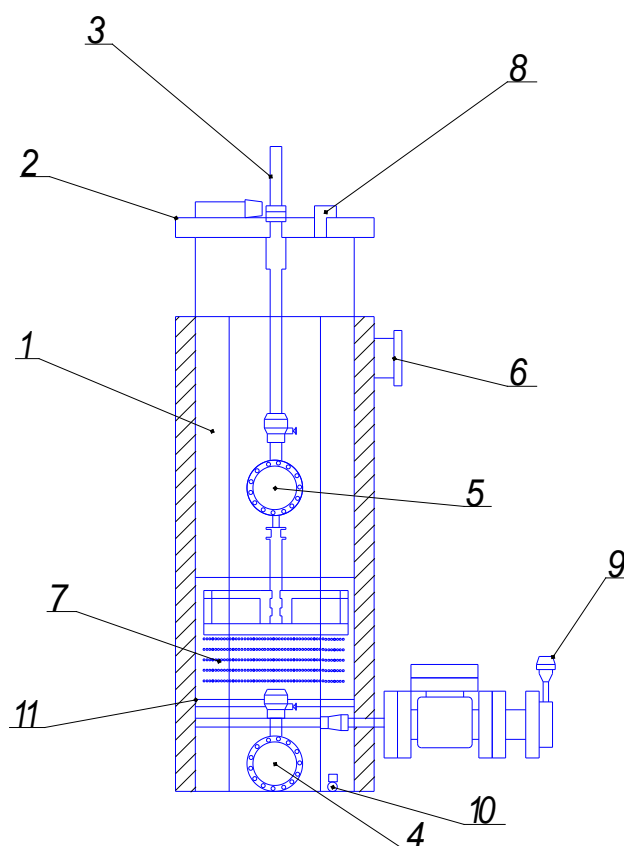
Особенностью конструкции фильтра является то, что верхняя пластина подвижна и способна сжимать слой фильтрующего материала, меняя тем самым размер пор в шариках. Это позволяет задавать необходимые условия очистки и адаптировать фильтр к изменяющимся параметрам технологического процесса.

При достижении критического значения перепада давления на фильтре, возникает необходимость промывки фильтрующего материала»[27].

«Отличительной особенностью фильтровальной части является то, что полимерные волокна, диаметром в 40 мкм, сжаты механической скобкой в средней части пучка, образуя сферическую форму» [22].

Скрепка обеспечивает надежное крепление волокон, чтобы в процессе регенерации не происходило вымывание загрузки. Изготавливается скрепка из медной проволоки МТ ТУ 16-705.492-2005 (диаметром 2,5 мм), так как полипропилен имеет наименьшую плотность и для создания условия погружения необходима скрепка большего веса, в противном случае загрузка будет находиться во взвешенном состоянии и невозможно будет создать условия промывки.

На рисунке 3 представлена технологическая схема фильтра полимерного.



1 – корпус; 2 – крышка съемная; 3 – подъемное устройство; 4 – подводящий трубопровод; 5 – отводящий трубопровод чистой воды; 6 – отводящий трубопровод промывной воды; 7 – фильтрующая загрузка; 8 – воздуховод; 9 – запорная арматура; 10 – сливной кран; 11 – смотровое окно

Рисунок 3 – Схема фильтра с полимерной загрузкой

### 3.2 Технологические показатели фильтра полимерного ФП -50

Современные мировые тенденции – повышение качества очистки воды при максимальном снижении затрат.

Фильтр полимерный изготовлен из листового полиэтилена низкого давления толщиной 20 мм. Фронтальная стенка изготовлена из прозрачного поликарбоната толщиной 20 мм.

По техническим характеристикам полимерная загрузка имеет свойства:

- пористая сферическая;

- регулируемая компрессия 50 %;
- срок службы загрузки 3 года;
- минимальный вес;
- минимальные потери давления;
- скорость фильтрации 50 м<sup>3</sup>/ч;

Высота фильтрующего слоя составляет 300 мм. Регенерация фильтра производится каждые 8 часов, время регенерации – 10 минут.

По степени очистки воды фильтр полимерный задерживает взвешенные вещества размером более 5 мкм, что позволяет добиться высокого качества очистки, а так же снизить расходы на коагулянты.

По степени очистки сточных вод, фильтр полимерный имеет высокие показатели – до 99 %.

### **3.3 Характеристика и свойства полипропиленового волокна**

«Полипропиленовое волокно относится к группеполиолефинов— высокомолекулярных углеводородов алифатического ряда. Температура плавления этого материала равна 165 °С, воспламенения — 325 – 385 °С. Полипропилен является одним из самых легких полимеров, его плотность составляет 900 – 910 кг/м<sup>3</sup>.

Изготавливается этот материал из полипропилена. Также в состав таких синтетических нитей могут добавляться специальные стабилизирующие вещества, предназначенные для повышения их износостойкости и светостойкости» [29].

В таблицеб представлена сравнительная характеристика полимерных волокон.

Таблица 6 – Сравнительная характеристика полимерных волокон

Характеристики	Полиамидные волокна	Полипропиленовые волокна	Полиэфирные волокна	Поливинилсульфидные волокна	Поливинилхлоридные волокна
Международное обозначение	РА	РР	РЕ	РРС	РВС
Плотность, г/см <sup>3</sup>	1,13-1,15	0,91	1,40	1,34-1,6	1,38-1,48
Линейная плотность, дтекс	3,3-30	2-20	30-300	10-25	1,7-20
Относительная прочность, сН/текс	40-100	33-65	30-80	25-95	27-30
Гидрофобность	+	+	+	+	+
Устойчивость к истиранию	Высокая	Ниже, чем у полиамидных волокон	В 4-5 раз ниже чем у полиамидных волокон	Высокая	средняя
Сопротивление многократным изгибам	Высокое	Очень высокое	Ниже чем у полиамидных волокон	Высокая	Ниже чем у полиамидных волокон
Сохранение прочности в мокроем состоянии	80-95%	100%	100%	100%	100%
Теплостойкость	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая	Низкая
Характеристики	Полиамидные волокна	Полипропиленовые волокна	Полиэфирные волокна	Поливинилсульфидные волокна	Поливинилхлоридные волокна
Светостойкость	Низкая	Низкая	Средняя	Низкая	Низкая
Термостойкость	Низкая	Средняя	Средняя	Высокая	Очень низкая

Продолжение таблицы 6

Характеристики	Полиамидные волокна	Полипропиленовые волокна	Полиэфирные волокна	Поливинилсульфидные волокна	Поливинилхлоридные волокна
Интервал рабочих температур	-80 до +150	-20 до +160	-60 до +170	-50 до +220	-10 до +60
Устойчивость к действию:	Нефтепродукты, ацетон, ЧХУ, щелочь умеренных концентраций.	Растворители, окислители, кислоты, нефтепродукты, растворы солей и прочие неорганические агрессивные среды	Полярные растворители (ацетон, ЧХУ, дихлорэтан) окислители, восстановители нефтепродукты	Нефтепродукты, кислоты, щелочи	Кислоты, соли, минеральные масла, щелочи, окислители, восстановители
Отсутствие устойчивости к действию	Фенол, крезол, трихлорэтан, концентрированные минеральные кислоты, р-р аммиака	Концентрированная азотная кислота	Концентрированные растворы кислот и щелочей, фенолы, крезол	Окислители, растворители	Ацетон, органические растворители.
Устойчивость к действию микроорганизмов	Высокая	Высокая	Высокая	Средняя	Высокая

«В отличие от других синтетических волокон, полипропиленовое волокно обладает:

- высокой химической устойчивостью – устойчиво к воздействию кислотных и щелочных агрессивных сред, а также к воздействию органических растворителей;
- очень высоким сопротивлением к многократным изгибам;
- высокой гидрофобностью;
- низкой гигроскопичностью» [23].

Кроме того, полипропиленовое волокно наиболее распространено в РФ, чем поливинилсульфидные и поливинилхлоридные волокна. Полиэфирные волокна не используются в качестве загрузки из – за высокой линейной плотности (невозможно изготовить загрузку в виде шарообразной формы). Полиамидное волокно снижает срок службы загрузки из – за снижения плотности волокна в мокром состоянии.

### **3.3.1 Утилизация и переработка полипропиленового волокна**

Перспективным методом утилизации полимерных материалов, является их химическая модификация. Модифицирование полимерных, в том числе, волокнистых материалов является универсальным подходом, позволяющим варьировать в желаемом направлении их физико – химические, физико – механические и эксплуатационные свойства. Для реализации многочисленных способов модифицирования необходимо использование специальных веществ – модификаторов [19].

«В работах Новоселова Л.Ю., Бордунова В.В., описаны методы, основанные на прививке к волокну различных мономеров.

Прививку мономера к полипропиленовому волокну можно осуществить путем прививки на исходное ПП – волокно акриловой кислоты. В ходе чего были получены слабокислые ионообменные материалы со статической обменной ёмкостью 1,8 мг – экв/г.

В работах, так же описана возможность осуществления реакции привитой сополимеризации стирола к полипропиленовому волокнистому материалу из отходов ПП – изделий как в присутствии инициаторов (перекись бензоила, динитрилазобисизомасляной кислоты), так и без них. Сульфированием продуктов прививки концентрированной серной кислоты получены сильнокислотные ионообменные волокна» [11]-[12]-[13]-[14].

Использование полученных ионообменных материалов позволяет утилизировать отходы из ПП, повышая тем самым экономическую эффективность одного из наиболее крупнотоннажных современных производств – производство ПП, и уменьшая уровень загрязнения окружающей среды органическими отходами жизнедеятельности человека.

«Кроме того, полипропилен является сырьем, которое можно использовать вторично. Свойства вторичного использования полипропиленового волокна не отличается от первичного, ввиду чего переработка этого сырья считается выгодным процессом» [26].

«На основе отходов капрона, фенола и формальдегид можно получить привитый сополимер, который обладает совместимостью с фенолформальдегидными смолами. Такой сополимер в виде компонента смолистых композиций используется как связующее для склеивания фанеры и приготовления пресс – порошков» [23].

### **3.4 Расчет каркасно – засыпного фильтра**

Расчет фильтра выполнен по методике [9].

Исходные данные:

Тип фильтра – зернистый

Максимальный часовой расход  $q_w = 5585,75 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Скорость фильтрования при нормальном режиме  $v_{\text{ф}} = 7 \text{ м/ч}$ .

Интенсивность подачи воды  $w_2 = 5 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$  и продолжительностью  $t_2 = 12 \text{ мин}$ .



Интенсивность промывки  $w_3 = 7 \text{ л}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ , и продолжительностью  $t_3 = 8 \text{ мин}$ .

Число фильтров на промывке  $N_p = 3$ .

Время работы станции  $T = 24 \text{ ч}$ .

Время фильтроцикла  $T_\phi = 12 \text{ ч}$ .

Продолжительность простоя фильтра в связи с промывкой  $t_4 = 20 \text{ мин}$ .

1) Расход сточной воды, подаваемой на фильтры, рассчитываем по формуле,  $\text{м}^3/\text{сут}$ .

$$Q_\phi = 24 \cdot q_w, \quad (1)$$

где  $q_w$  – максимальный часовой приток сточной воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

$$Q_\phi = 24 \cdot 5585,75 = 134058 \text{ м}^3/\text{сут}.$$

2) Количество промывок каждого фильтра за сутки:

$$n = \frac{24}{T_\phi}, \quad (2)$$

$$n = \frac{24}{12} = 2 \text{ раза}$$

3) Общая площадь фильтров,  $\text{м}^2$ :

$$F_\phi = \frac{Q_\phi \cdot K \cdot (1+m)}{T \cdot v_\phi - 3,6 \cdot n \cdot (w_1 \cdot t_1 + w_2 \cdot t_2 + w_3 \cdot t_3) - n \cdot v_\phi \cdot t_4}, \quad (3)$$

где  $v_\phi$  – скорость фильтрования при нормальном режиме,  $\text{м}/\text{ч}$ ;

$m$  – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку барабанных сеток;

$K$  – коэффициент неравномерности, равный 1,56;

$w_1$ — интенсивность, л/(с·м<sup>2</sup>) начального взрыхления верхнего слоя загрузки продолжительностью  $t_1$ , мин;

$w_2$ — интенсивность подачи воды, л/(с·м<sup>2</sup>) с продолжительностью водо-воздушной промывки  $t_2$ , мин;

$w_3$ — интенсивность промывки, л/(с·м<sup>2</sup>) продолжительностью  $t_3$ , мин;

$t_4$ — продолжительность простоя фильтра в связи с промывкой, равная 20мин;

$T$ — продолжительность работы станции в течение суток, ч.

Начальное гидравлическое взрыхление верхнего слоя принимается только для фильтров с подачей воды сверху вниз с интенсивностью  $w_1 = 16$ –18 л/(с·м<sup>2</sup>) и продолжительностью  $t_1 = 6$ –8 мин. Интенсивность подачи воды  $w_2$  учитывается в формуле (3) только в случае применения водо – воздушной промывки загрузки.

$$F_{\phi} = \frac{134058 \cdot 1,56}{24 \cdot 7 - 3,6 \cdot 2 \cdot (5 \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,13)} = 1019 \text{ м}^2$$

4) Число секций фильтров, шт.:

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{F_{\phi}} \quad (4)$$

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{1019} = 16 \text{ шт.}$$

5) Площадь одной секции фильтра, м<sup>2</sup>:

$$F_1 = \frac{F_{\phi}}{N}, \quad (5)$$

$$F_1 = \frac{1019}{16} = 63 \text{ м}^2.$$

б) Скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы (т.е. при отключении фильтров на промывку и ремонт) м/с:

$$V_{\text{фф}} = \frac{v_{\text{ф}} \cdot N}{N - N_{\text{р}}}, \quad (6)$$

где  $N_{\text{р}}$  – количество секций фильтров, находящихся в ремонте (один или более)

$$V_{\text{фф}} = \frac{7 \cdot 16}{16 - 2} = 8 \text{ м/с.}$$

### 3.5 Расчет фильтра с полимерной загрузкой ФП – 50

Расчет фильтра проводился по методике [9].

Исходные данные:

Тип фильтра – плавающий

Максимальный часовой расход  $q_w = 5585,75 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Скорость фильтрования –  $v_{\text{ф}} = 50 \text{ м/ч}$ .

Время работы станции – 24 ч.

Время фильтроцикла  $T_{\text{ф}} = 8 \text{ ч}$ .

Число фильтров на промывке  $N_{\text{р}} = 4$ .

1) Расход сточной воды, подаваемой на фильтры, рассчитываем по формуле (1),  $\text{м}^3/\text{сут}$ :

$$Q_{\text{ф}} = 24 \cdot 5585,75 = 134058 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

2) Количество промывок каждого фильтра за сутки, рассчитываем по формуле (2), раз:

$$n = \frac{24}{8} = 3 \text{ раза.}$$

3) Общая площадь фильтров, м<sup>2</sup>:

$$F_{\phi} = \frac{Q_{\phi}}{v_{\phi}}, \quad (7)$$

$$F_{\phi} = \frac{134058}{1200} = 112 \text{ м}^2.$$

4) Число секций фильтров, рассчитываем по формуле (4), шт.:

$$N = 0,5 \cdot \sqrt{112} = 5 \text{ шт.}$$

5) Площадь одной секции фильтра, рассчитываем по формуле (5), м<sup>2</sup>:

$$F_1 = \frac{112}{5} = 22 \text{ м}^2.$$

6) Скорость фильтрования воды при форсированном режиме работы (т.е. при отключении фильтров на промывку и ремонт), рассчитываем по формуле (6), м/с:

$$v_{\phi\phi} = \frac{50 \cdot 5}{5-2} = 83 \text{ м/с.}$$

Сравнительная характеристика фильтров с зернистой загрузкой и фильтра полимерного ФП -50 представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительная характеристика фильтров

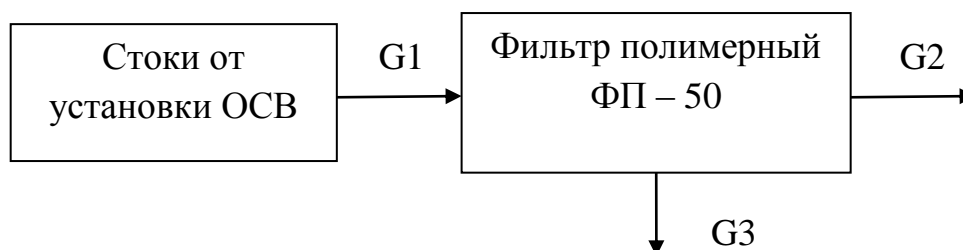
Параметры фильтра	Фильтр с полимерной загрузкой ФП - 50	Скорый каркасно – засыпной фильтр
Скорость фильтрации, м/ч	50	7
Количество промывок, ч	3	2
Общая площадь, м <sup>2</sup>	112	1019
Количество фильтров, шт	16	5

После сравнения полученных данных при расчетах, можно сделать

вывод, что фильтр полимерный имеет преимущества по скорости фильтрования, занимаемой площади и энергосбережению.

### 3.6 Материальный баланс фильтра полимерного ФП-50

Для расчета материального баланса установки, изображаем схему, представленную на рисунке.



G1 – сточная вода, поступающая на фильтр после биологической очистки; G2 – очищенная вода, прошедшая через фильтр; G3 – взвешенные вещества

Рисунок 5 – Схема материального баланса

Расчет материального баланса выполнен по методике [4].

Исходные данные:

Производительность – 1200 м<sup>3</sup>/сут.

Время работы оборудования в сутках: 24 часа

Селективность фильтра: 99 %

Концентрация взвешенных веществ  $C_{\text{вз.вв}}$ : 17 мг/л

ПДК  $\text{вз.вв}$  = 5 мг/л

Расчет материального баланса:

1) Найдем среднечасовую производительность установки по формуле:

$$G_{\text{ср.ч.}} = \frac{G_1}{t_p}, \quad (8)$$

где  $G_{\text{ср.ч.}}$  - среднечасовая производительность установки, м<sup>3</sup>/ч;

$G_1$  – производительность, м<sup>3</sup>/сут;

$t_p$  – время работы оборудования, ч.

$$G_{\text{ср. ч.}} = \frac{1200}{24} = 50 \text{ м}^3/\text{ч} = 7000 \text{ л/ч.}$$

2) Примем, что плотность воды равняется  $999,841 \text{ кг/м}^3$ , согласно ГССД 2 – 77 «Таблицы стандартных справочных данных», тогда среднечасовая производительность установки находится по формуле:

$$G''_{\text{ср. ч.}} = G'_{\text{ср. ч.}} \cdot \rho_{\text{воды}}, \quad (9)$$

где  $G''_{\text{ср. ч.}}$  – среднечасовая производительность установки относительно плотности воды, кг/ч;

$\rho_{\text{воды}}$  – плотность воды,  $\text{кг/м}^3$ .

$$G''_{\text{ср. ч.}} = 50 \cdot 999,841 = 49992,05 \text{ кг/ч.}$$

3) Определим, сколько взвешенных веществ содержится в стоках, пришедших до фильтрации за 1 час по формуле:

$$m_{\text{в. в.}} = C_{\text{в. в.}} \cdot G''_{\text{ср. ч.}}, \quad (10)$$

где  $C_{\text{в. в.}}$  – концентрация взвешенных веществ,  $\text{мг/дм}^3$ .

$$m_{\text{в. в.}} = 17 \cdot 49992,05 = 849864,9 \text{ мг/ч} = 0,85 \text{ кг/ч}$$

4) Учитывая селективность фильтра ФП- 50, рассчитаем концентрацию взвешенных веществ в стоках по формуле:

$$C'_{\text{в. в.}} = (C_{\text{в. в.}} \cdot \eta) / 100, \quad (11)$$

где  $C'_{в.в.}$  – концентрация взвешенных веществ в стоках после фильтра полимерного, мг/л;  
 $\eta$  - селективность фильтра, %.

$$C'_{в.в.} = (0,85 \cdot 99)/100 = 0,84 \text{ мг/л.}$$

Полученное значение концентрации взвешенных веществ не превышает предельно допустимую концентрацию ( $ПДК_{вз.вв.} = 5 \text{ мг/л}$ ).

5) Исходя из предыдущего действия, найдем массу взвешенных веществ после фильтра ФП -50 за час по формуле:

$$m'_{в.в.} = C'_{в.в.} \cdot G''_{\text{ср. ч.}}, \quad (12)$$

где  $m'_{в.в.}$  – масса взвешенных веществ после установки фильтра ФП - 50 за час, кг/ч.

$$m'_{в.в.} = 0,84 \cdot 49992,05 = 13997,8 \text{ мг/ч} = 0,04 \text{ кг/ч.}$$

6) Найдем массу воды до фильтра по формуле:

$$m_{\text{воды}} = G'''_{\text{ср. ч.}} + m_{в.в.} \quad (13)$$

$$m_{\text{воды}} = 49992,05 + 0,04 = 4992.$$

Полученные значения занесем в таблицу 8.

Таблица 8–Приход – расход

Приход		Расход	
Вещество	кг/ч	Вещество	кг/ч
Вода	49992,05	Вода	49992,05
Взвешенные вещества	0,85	Взвешенные вещества	0,04
		Осадок	0,83
ИТОГО	49992		49992

В таблице 9 представлены сравнительные результаты.

Таблица 9 – Сравнительная таблица

Используемый фильтр	Загрязнитель	Концентрация С до очистки, мг/л	Концентрация С после очистки, мг/л	Норма ПДК, мг/л
Фильтр Полимерный ФП - 50	Взвешенные вещества	17	0,013	5
Скорый каркасно засыпной фильтр	Взвешенные вещества	17	10,71	5

После сравнения полученных данных с ПДК при расчете материального баланса, выявили, что фильтр ФП – 50 способствует очистке стоков от взвешенных веществ в пределах допустимых норм, тогда как у скорого каркасно – засыпного фильтра концентрация взвешенных веществ в очищенной воде превышает ПДК в 2 раза.

### 3.7 Анализ преимуществ фильтра ФП-50

Фильтр полимерный позволяет наиболее эффективно эксплуатировать загрузку и качественно промывать ее во время регенерации, без замены фильтрующих элементов. Так же, преимуществами фильтра являются:

1. Высокая скорость фильтрации за счет низкой гигроскопичности применяемого фильтрующего волокна, происходит снижение трения, что приводит к высокой скорости фильтрации



2. Сокращение объемов занимаемых площадей.
3. Экономичность – полимерное волокно имеет высокую износостойкость, поэтому срок службы загрузки не менее 5 лет, гарантия на загрузку 3 года. У фильтра полимерного давление на входе 4 метра водяного столба. Таким образом, затраты на электроэнергию снижаются в 6–7 раз.
4. Эффективность очистки – фильтр полимерный ФП - 50 задерживает взвешенные вещества размером более 5 мкм, что позволяет добиться высокого качества очистки и также снизить расходы, расход на коагулянт в 2–3 раза ниже.
5. Высокая производительность – производительность фильтра полимерного 7 превышает удельную производительность скорого каркасно-засыпного фильтра.
6. Сокращение затрат на обслуживание – затраты на строительство и обслуживание фильтра снижаются в 8 раз.
7. Сокращение расходов на монтаж трубопроводов для фильтра полимерного будет в 3–4 раза ниже, по сравнению с традиционными фильтрами.
8. Стоимость загрузки фильтра полимерного на 1 фильтр производительностью 50 м<sup>3</sup>/час, составит 32 тысячи рублей.
9. Фильтр полимерный рассчитан на работу в автоматическом режиме без постоянного присутствия персонала.

Выводы к разделу 3:

В данном разделе предложена замена скорых каркасно – засыпных фильтров на фильтры с полимерной загрузкой ФП – 50. Усовершенствованная технология очистки сточных вод позволяет значительно снизить содержание взвешенных веществ в соответствии с нормативными требованиями по очистке сточных вод, где взвешенные вещества не должны превышать предельно – допустимой концентрации более 5 мг/л.

Провели сравнительный анализ загрузок фильтра полимерного ФП – 50, где выявили, что полипропиленовое волокно обладает высокой химической устойчивостью, высоким сопротивлением к многократным изгибам и низкой гигроскопичностью, по сравнению с другими применяемыми синтетическими волокнами.

Так же, были произведены технологические расчеты для подтверждения эффективности предлагаемого фильтра, а именно основные параметры и материальный баланс.

В результате проведенных расчетов, выявили, что фильтр полимерный ФП – 50 имеет ряд преимуществ по скорости фильтрования, занимаемой площади и качеству очистки.

Таким образом, эти результаты приводят нас к выводу, что эффективность принимаемых решений оправдана.

## Заключение

В бакалаврской работе был проведен анализ существующей схемы очистки сточных вод и их состава на примере предприятия ООО «Автоград водоканал». В очищенных сточных водах обнаружено повышенное содержание взвешенных веществ и сопутствующих загрязнений. В результате анализа выявлена необходимость модернизации очистных сооружений на этапе доочистки сточных вод.

В данной работе производится модернизация фильтров. Было предложено заменить скорые каркасно - засыпные фильтры на фильтр с полимерной загрузкой ФП – 50. Предложенное совершенствование технологической линии очистки сточных вод позволяет снизить содержание взвешенных веществ, что приведет к улучшению качества воды.

Так, же были произведены расчеты скорого каркасно – засыпного фильтра и фильтра полимерного ФП – 50. После сравнения полученных данных выявили, что фильтр полимерный ФП – 50 имеет ряд преимуществ по скорости фильтрования, занимаемой площади, качеству очистки, и стоимости.

Таким образом, данная технология позволит:

- снизить инвестиционные затраты за счет уменьшения занимаемых площадей и снижения затрат на строительство зданий, более низкой стоимости оборудования, уменьшения количества трубопроводов и запорной арматуры;
- снизить эксплуатационные расходы за счет снижения энергопотребления, снижения затрат на содержание здания (отопление, освещение, уборка, ремонт и т.д.), за счет снижения расходов на хлорную воду, коагулянтов, и снижения затрат на содержание обслуживающего персонала.

## Список используемой литературы

1. Автоград водоканал. URL: <https://www.avkvoda.ru/about/activities/voov> (дата обращения: 12.04.2020).
2. Белевцев А.Н. Процессы и аппараты очистки воды в металлургии: учебное пособие. М : МИСИС. 2007. 64, 66 с.
3. Ветошкин А.Г. Технические средства инженерной экологии: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 60 с.
4. Ветошкин А.Г. Инженерная защита водной среды: учебное пособие / А.Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 73 – 75 с.
- 5.ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения (с Изменениями N 1, 2)»
6. Кичигин В.И., Моделирование процессов очистки воды / В.И. Кичигин. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. – 232 с.
7. Козодаев А.С. Методические указания к лабораторному практикуму «Механическая очистка сточных вод»: методические указания / А.С. Козодаев, С.Н. Капитонова. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. – 5 с.
8. Кочетов Л.М., Сажин Б.С., Попов И.А., Сажин В.Б., Использование фильтров с плавающей загрузкой для очистки промышленных сточных вод. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-filtrov-s-plavayuschey-zagruzkoj-dlya-ochistki-promyshlennyh-stochnyh-vod/viewer> (дата обращения: 08.05.2020).
9. Методы очистки промышленных сточных вод. URL: [https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11787/1/Sidorova\\_i\\_dr.pdf](https://study.urfu.ru/Aid/Publication/11787/1/Sidorova_i_dr.pdf) (дата обращения: 23.04.2020).
10. Модифицирование синтетических волокнистых материалов с использованием фторполимеров (обзор). URL:

<http://mpri.org.by/assets/files/pmt3/2/2-prorokova.pdf> (дата обращения: 25.05.2020).

11. Новоселова Л.Ю., Бордунов В.В. // Пластические массы. 2002. №6. 46–48 с.

12. Новоселова Л.Ю., Бордунов В.В., Винниченко Л.И. // Пластические массы. 2003. №8. 9–10 с.

13. Новоселова Л.Ю., Бордунов В.В. // Пластические массы. 2004. №9. 15–17 с.

14. Новоселова Л.Ю., Бордунов В.В. // Пластические массы. 2002. №8. 6–8 с.

15. Основные источники загрязнения окружающей среды. URL: <https://en.ppt-online.org/> (дата обращения: 26.05.2020).

16. Пат. 2310496 РФ, МПК В 01 D24/00 /10, Напорный фильтр // Дзюбо В.В., Алферова Л.И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет» (ГОУВПО «ТГАСУ») – № 2009119124/12; заявл. 30.05.2006; опубл. 20.11.2007, - 3 с.

17. Пат. 2399425 РФ, МПК В 03 С3/00, Фильтр для очистки воды // Назаров В.Д., Назаров М.В., Мухаметзянов А.Р.); заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет» – № 2006118766/15; заявл. 20.05.2009; опубл. 20.09.2010, - 3 с.

18. Пат. RU72148U1, МПК В 01 D24/00, Песочный фильтр // Никулин В.А., Подберезный В.Л., Трофимов Л.И., Аксенов В.И., Гурьянов И.К., Пецура С.С., Птухин В.А., Туктамышов Ф.Р.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Научно – производственное предприятие «МАШПРОМ» (ЗАО НПП «МАШПРОМ») – № 200714405/22; заявл. 29.11.2007; опубл. 10.04.2008, - 1 с.

19. Пат. RU2217210C2, МПК В0 1D 24/46, Фильтр с зернистой загрузкой // Гариков О.Г., Петров М.Ю.; заявитель и патентообладатель Новосибирский государственный архитектурно – строительный университет – № 2002100788/12; заявл. 09.01.2002; опубл. 27.11.2003, - 4 с.

20. Пат. 2245735 РФ, МПКВ0 1D 24/28, Фильтр непрерывной очистки жидкости

//Балоян Б.М., Веденеев В.В., Голубков В.Г., Ивенин В.А., Родионов М.У., Чуднова Т.А., Якимович О.И.; заявитель и патентообладатель Б.Б. Мушегович – № 2004100296/15; заявл. 10.02.2004; опубл. 10.02.2005. Бюл. №4.

21. Пат. 2397795 РФ, МПКВ0 1D 24/10, Фильтр для очистки воды //Ботштейн В.А., Ерохин А.В., Мантула В.Д., Пирогов А.Ю., Семенов Д.В., Сталинский Д.В., Стасевский С.Л.; заявитель и патентообладатель Украинский государственный научно – технический центр по технологии и оборудованию, обработке металлов, защите окружающей среды и использования вторичных ресурсов для металлургии и машиностроения «Энергосталь» – № 2009110297/12; заявл. 24.03.2009; опубл. 27.08.2010. Бюл. №24.

22. Пат. 2432981 РФ, МПК В01D39/16, Фильтр и его элемент //Аветян А.А.; заявитель и патентообладатель Аветян А.А. – № 2010106258/05; заявл. 19.02.2010; опубл. 10.11.2011. Бюл. №31.

23. Полипропиленовое волокно. URL: <https://www.komitex.ru/useful/polipropilenovoe-volokno/> (дата обращения: 23.04.2020).

24. Родионов А.И., Клушик В.Н., Торочешников Н.С. Техника защиты окружающей среды. М.: Химия, 1989. – 270 с.

25. Самыгин, В.Д. Процессы и аппараты очистки сточных вод : учебное пособие / В.Д. Самыгин, В.А. Игнаткина. — Москва : МИСИС, 2009. — 60 с.

26. СанПиН 2.1.5.980-00. 2.1.5 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

27. Технологии очистки сточных вод. URL: <http://lib.knigi-x.ru/> (дата обращения: 07.05.2020).

28. Утилизация и переработка полипропиленовых волокон. URL: <https://bezotxodovru.turbopages.org/s/bezotxodov.ru/jekologija/ot-hody-polipropilena> (дата обращения: 24.04.2020).

29. Фильтр полимерный URL: <https://samenviro.ru/filtr-polimernyi> (дата обращения 14.04.2020).

30. Характеристика и свойства полипропиленового волокна URL: <https://fb.ru/article/449537/polipropilenovyie-volokna-sostavsvoystva-primenenie> (дата обращения: 22.05.2020).

31. Царев Ю.В., Царева С.А., Буймова С.А., Тростин А.Н. Лабораторный практикум по курсу «Промышленная экология», изд-во Ивановский государственный химико – технологический университет, 2016 – 160 с.

32. Яцков И.Б., Экологические основы природопользования: учебное пособие, издательство «Лань», 2020. – 91 с.

33. Edegaard, H. and Helness, H. Floating Filters for Particle Removal in Sewage Treatment. – 1999.

34. Kiefer J.R. In Environmental Engineering (eds N.L. Nemerow, F.J. Agardy, P. Sullivan and J.A. Salvato). – 2009.

35. Russell, D. In Practical Waste water Treatment. – 2020.