

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 Модернизация технологической линии очистки сточных вод с применением НДТ на
ПАО «КуйбышевАзот»

Студент

А.Н. Курмакаева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.х.н., К.В. Беспалова

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

Тольятти 2021

Аннотация

Выпускную квалификационную работу выполнила: Курмакаева А.Н.

Тема выпускной квалификационной работы: Модернизация технологической линии очистки сточных вод с применением НДТ на ПАО «КуйбышевАзот».

Руководитель: к.х.н., Беспалова К.В.

Целью работы является модернизация методов очистки сточных вод с применением НДТ на ПАО «КуйбышевАзот».

Выпускная квалификационная работа содержит: 70 страниц, 8 таблиц, 10 рисунков, список из 33 используемых источников. Бакалаврская работа состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка используемых источников.

В первой главе проведен анализ и литературный обзор существующих методов очистки сточных вод как в России, так и за рубежом, произведен патентный поиск, проанализированы справочники НДТ.

Во второй главе была представлена общая характеристика очистных сооружений цеха № 39 ПАО «КуйбышевАзот».

В третьей главе был произведен расчет материального баланса напорного флотатора, конструкционный расчет предлагаемого аппарата, осуществлен подбор коагулянта путем постановки эксперимента в лабораторных условиях. Был подобран оптимальный метод модернизации системы очистки городских сточных вод.

В заключении приведены основные выводы о проделанной работе.

Abstract

The topic of the graduation work is “The modernization of the technological line of wastewater treatment with the use of BAT at PJSC «KuibyshevAzot».

The aim of the work is to modernize the wastewater treatment technology of workshop № 39 of PJSC «KuibyshevAzot».

The object of the thesis is workshop № 39 of PJSC «KuibyshevAzot».

We first discuss wastewater treatment methods according to BAT reference books. We study the role of suspended solids in wastewater and methods for their disposal in accordance with the analyzed methods, as well as analyze patents on methods for treating wastewater from them.

We then analyze the operating process line for wastewater treatment at PJSC KuibyshevAzot, carry out an estimated material balance to assess the efficiency of wastewater at the secondary clarifier, conduct laboratory studies to assess the quality of wastewater in building 2040 of shop No. 39.

In the special part of the project, the calculation of the proposed installation of a pressure flotation device - settler is carried out, the material balance of this installation is calculated. We also present the results of experiments carried out on the use of the coagulation method for the purification of wastewater from suspended solids.

Taking into consideration the fact that the fact that the treatment of suspended substances at the proposed plant is higher, it can be concluded that the proposed treatment system is much more efficient than the currently used wastewater treatment at PJSC «KuibyshevAzot».

Оглавление

Введение.....	5
Глава 1 Анализ существующих методов очистки сточных вод.....	6
1.1 Описание применяемых технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод с применением НДТ.....	6
1.2 Методы очистки сточных вод от взвешенных веществ с применением НДТ.....	24
1.3 Методы очистки сточных вод за рубежом	28
1.4 Существующие патенты по технологиям очистки сточных вод	30
Глава 2 Анализ действующей технологической схемы очистки сточных вод на ПАО «КуйбышевАзот».....	35
2.1 Описание технологического процесса очистки сточных вод цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот».....	35
2.2 Расчёт материального баланса вторичного отстойника.....	39
2.3 Определение содержания взвешенных веществ в промышленных стоках на ПАО «КуйбышевАзот»	43
Глава 3 Оптимизация процесса очистки сточных вод цеха №39 предприятия ПАО «КуйбышевАзот».....	46
3.1 Подбор коагулянта	46
3.2 Расчет рециркуляционной схемы флотации с применением реагентов	50
3.3 Расчет материального баланса флотатора-отстойника	64
Заключение	66
Список используемой литературы и используемых источников.....	67
Приложение А Чертеж предлагаемого напорного флотатора-отстойника.....	71

Введение

Потребность воды в промышленности с каждым днем растет. Это заставляет задуматься о том, как более эффективно очищать стоки от загрязняющих веществ и как создать замкнутый цикл потребления технической воды. На данный момент проводится множество мониторингов по качеству сбрасываемой воды.

В данной работе рассмотрена система очистки сточных вод цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот», проведен анализ сточной воды, осуществлен подбор коагулянта и предложена модернизация технологической схемы очистки для снижения концентрации взвешенных веществ в промышленных сточных водах. Забор анализируемой пробы воды был взят из корпуса 2040 цеха № 39.

Целью работы является модернизация технологической линии очистки сточных вод на ПАО «КуйбышевАзот» с применением НДТ.

Задачи:

- Проанализировать методы очистки сточных вод по справочникам НДТ.
- Осуществить патентный поиск современных методов очистки сточных вод.
- Проанализировать технологическую линию очистки промышленных сточных вод цеха № 39 ПАО «КуйбышевАзот».
- Рассчитать напорный флотатор – отстойник.
- Рассчитать материальные балансы вторичного отстойника и напорного флотатора – отстойника.
- Провести экспериментальные исследования для оценки эффективности качества очистки сточных вод цеха № 39 предприятия ПАО«КуйбышевАзот».

Глава 1 Анализ существующих методов очистки сточных вод

1.1 Описание применяемых технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку производственных сточных вод с применением НДТ

Наилучшая доступная технология или наилучшие доступные методы (НДТ) - это технология, одобренная законодателями или регулирующими органами для соблюдения стандартов производства для конкретного процесса, такого как борьба с загрязнением или пастеризация. В данном случае справочники НДТ были рассмотрены для анализа существующих методов очистки сточных вод и для подбора наилучшего метода очистки сточных вод от взвешенных веществ.

- a) Безреагентные методы физико-механической обработки
 - Процеживание

Для улавливания крупных загрязнений и мусора предприятия применяют процеживание, представляющее собой процесс фильтрования воды через сетки и решётки. На большинстве предприятий используют решётки с механизированным и ручным удалением задержанных загрязнений. На рассмотренных предприятиях зазор между прутьями решёток варьируется от 2 мм до 16 мм. На ряде предприятий использование решёток с меньшим зазором позволяет оптимизировать дальнейшую очистку сточных вод за счёт размещения решёток с малым зазором (2–4 мм) после решёток с большим зазором, что предотвращает переполнение подводящего лотка [3].

Наряду с традиционными решётками на ряде предприятий используют решетки-дробилки (комминуторы), в которых одновременно с удалением загрязняющих веществ производится их измельчение.

- Отстаивание

Для выделения взвешенных загрязнений на большинстве предприятий применяют отстаивание - процесс выделения в отстойниках взвешенных

загрязнений под действием гравитационных сил за счёт разности плотностей загрязнений и воды; на ряде предприятий при малых объёмах образования сточных вод отстойники могут выполнять функции усреднителей [4].

На предприятиях используют горизонтальные, радиальные и вертикальные отстойники, отличающиеся направлением потока очищаемой воды. Горизонтальные и радиальные отстойники применяют при больших расходах воды. При этом горизонтальные отстойники, при равной пропускной способности, характеризуются меньшей эффективностью очистки в сравнении с радиальными за счёт меньшей длины водосливной кромки [5]. Их используют в тех случаях, когда их компактность является неоспоримым преимуществом. Вертикальные отстойники, ограниченные величиной расхода до 1000 м³/ч, чаще всего применяют при выделении аморфных гидроксидных осадков, не поддающихся транспортированию скребками. При необходимости выделения мелкодисперсных загрязнений перед отстаиванием применяют коагулирование и флокулирование. В этом случае конструкция отстойника иногда включает камеру хлопьеобразования.

Для удаления песка и крупнодисперсных загрязнений используют песколовки.

На ряде предприятий используют большое количество конструктивных разновидностей тонкослойных отстойников, особенностью которых является деление объёма отстаивания параллельными пластинами на отдельные ярусы, в которых процесс выделения загрязнений вследствие малой высоты отстаивания протекает значительно быстрее. На ряде предприятий тонкослойными модулями-блоками оборудуют существующие отстойные сооружения, что повышает эффективность очистки и увеличивает её производительность [6].

– Гидроциклонирование

Для выделения взвешенных загрязнений отдельные предприятия применяют гидроциклонирование, представляющее собой процесс выделения взвешенных загрязнений во вращающемся потоке, образованном

тангенциальным впуском исходной воды, в цилиндрический корпус аппарата. На предприятиях используют открытые безнапорные и напорные гидроциклоны.

В безнапорных гидроциклонах процесс выделения загрязнений происходит под действием гравитационных сил; центробежные силы малы и на процесс практически не влияют. Однако вращательное движение потока способствует агломерации взвесей, что ускоряет процесс их выделения. При очистке воды с расходом до 50–150 м³/ч несколько предприятий применяют открытые гидроциклоны с внутренним цилиндром, при больших расходах воды – многоярусные гидроциклоны, в конструкции которых одновременно применяется принцип тонкослойного отстаивания. Открытые и многоярусные гидроциклоны на отдельных предприятиях применяют для выделения скоагулированных и сфлокулированных загрязнений.

В напорных гидроциклонах процесс выделения взвесей протекает под действием центробежных сил; при этом в аппаратах малых диаметров эти силы могут превосходить гравитационные в сотни и тысячи раз. Однако при уменьшении диаметра сокращается производительность одного аппарата, поэтому на ряде предприятий для обеспечения обработки большого количества воды гидроциклоны малых размеров (диаметром 40–100 мм) объединяют в блоки с целью повышения компактности установки. При значительных уменьшениях диаметра аппарата может наблюдаться снижение эффективности выделения механических загрязнений вследствие сокращения продолжительности пребывания воды в его объёме [7].

– Центрифугирование

Для выделения взвешенных загрязнений на ряде предприятий применяют центрифугирование, представляющее собой процесс выделения загрязнений в поле центробежных сил, возникающих в центрифуге при вращении ротора. Центробежные силы могут превышать гравитационные в 100–3000 раз и более. Отдельные предприятия используют центрифуги для очистки сточных вод при ориентировочных расходах 1–200 м³/ч.

На ряде предприятий центрифуги успешно используют в схемах локальной очистки для удаления взвешенных мелкодисперсных загрязнений ($U_0 < 0,2$ мм/с). Наибольшее распространение имеют шнековые центрифуги, несколько реже предприятия используют маятниковые центрифуги. При использовании шнековых центрифуг для предупреждения абразивного износа шнека на ряде предприятий водную суспензию пропускают через напорные гидроциклоны для выделения крупнодисперсных минеральных взвесей. Центрифугирование применяют на предприятиях главным образом для обработки осадка, выделенного на очистных сооружениях.

– Флотационные методы очистки воды

Для очистки сточных вод от жидких (масел, нефтепродуктов и проч.) и иных загрязнений многие предприятия применяют флотационные методы, основанные на выделении из жидкости веществ с помощью диспергированного воздуха. Кинетику процесса флотации определяют физико-химические характеристики твёрдых или жидких частиц, в том числе смачиваемость поверхности загрязняющих веществ, способность адсорбироваться на поверхности пузырьков воздуха (газа), возможность образовывать с реагентами устойчивые гидрофобные соединения, а также поверхностное натяжение жидкой фазы (воды) [8]. Эффективность флотации определяется не только свойствами извлекаемых частиц, твёрдых и жидких загрязнений (масла, нефтепродукты, жиры, СПАВ и проч.), применяемых реагентов, но и гидравлической характеристикой аппаратов (флотокамер).

На большинстве предприятий при очистке сточных вод применяют напорную, импеллерную флотацию и электрофлотацию, использование которых зависит от объёма поступающих сточных вод, исходного качества загрязнений, а также необходимой степени очистки.

Для интенсификации и повышения эффективности очистки воды процесс флотации на ряде предприятий используют в сочетании с реагентами (коагуляция, флокуляция), поскольку при этом обеспечивается высокий эффект очистки и сокращаются потери воды с отводимыми выделенными

загрязнениями (в виде пены) в сравнении с процессом отстаивания.

– Фильтрация

Для глубокой очистки воды от загрязнений большинство предприятий используют фильтрацию, представляющую собой процесс улавливания загрязнений в пористой среде, которая может быть образована зернистыми минеральными, искусственными полимерными и волокнистыми материалами. Процесс очистки происходит за счёт адгезии загрязнений к поверхности загрузки, а также вследствие их механического улавливания в её порах.

В качестве зернистых загрузок несколько предприятий используют песок, керамзит, цеолит, гравий, горелые породы, антрацит, многие предприятия используют искусственные загрузки (полистирол, пенополиуретан, волокнистые отходы синтетических волокон).

На ряде предприятий, очистные сооружения которых оборудованы в последнее десятилетие, предусмотрена регенерация искусственных материалов, использованных в качестве загрузок. От эффективной регенерации фильтровальных загрузок зависит эффективность и продолжительность использования загрузки [10]. На нескольких предприятиях зернистые фильтры дооснащали узлом интенсивной регенерации.

Физико-химические методы

Для удаления из сточных вод коллоидных и растворенных загрязнений, исходя из свойств удаляемых веществ, характеристик обрабатываемых сточных вод, технико-экономических соображений, а также местных условий, большинство предприятий применяют физико-химические методы.

Физико-химические методы подразделяют на регенеративные и деструктивные. Регенеративные методы основаны на применении химических, физических и физико-химических процессов, в которых удаляемое вещество извлекается из воды без изменения структуры, свойств и химического состава с целью дальнейшего использования. К ним относят

коагулирование, флокулирование с отстаиванием и флотацией, редко - с фильтрованием, а также ионообменное извлечение и концентрирование, мембранные методы извлечения и концентрирования, адсорбцию, экстракцию, отгонку, отдувку с поглощением (дегазацию), отгонку с паром (эвапорацию), ректификацию, кристаллизацию.

Деструктивные методы базируются на химических и физико-химических процессах, в результате которых удаляемые вещества претерпевают изменения, превращаясь в другие соединения или вещества, часто переходящие в иное фазовое состояние [11]. К ним относят нейтрализацию кислот и оснований; химическое осаждение загрязняющих воду веществ в виде труднорастворимых соединений; электрохимическое и гальванохимическое осаждение; химическое окисление; электрохимическое окисление; жидкофазное окисление; сжигание; химическое восстановление; электрохимическое и гальванохимическое восстановление.

Регенеративные методы очистки сточных вод

– Адсорбция

Для глубокой очистки и доочистки сточных вод от неполярных и полярных, малодиссоциированных органических соединений (алифатических, ароматических, алициклических углеводов, их галогенпроизводных и нитропроизводных, синтетических красителей, СПАВ, фенолов, аминов, пестицидов, высших жирных и ароматических кислот) при исходных концентрациях извлекаемых веществ <15 мг/л многие предприятия применяют адсорбцию. На ряде предприятий адсорбция применяется при наличии в сточных водах механических примесей с концентрациями более 5 мг/л, что приводит к резкому сокращению сорбционной ёмкости адсорбционных фильтров вследствие сорбции механических загрязнений. Это значительно сокращает срок эксплуатации сорбционной загрузки [12]. Адсорбция, выполняемая на конечных стадиях очистки, обеспечивает высокое качество очищенной воды, соответствующее требованиям выпуска её в водоёмы рыбохозяйственного назначения.

– Ионный обмен

Для очистки сточных вод от ионов металлов (в том числе тяжёлых), анионов минеральных и органических кислот с их концентрированием и утилизацией или обезвреживанием деструктивными методами, а также для умягчения и обессоливания воды при исходном солесодержании менее 3000 мг/л на ряде предприятий применяют технологии ионного обмена.

– Дегазация

Для удаления из сточных вод, растворенных кислых (CO_2 , H_2S , SO_2 , SO_3 , NO_2) и щелочных (NH_3 , CH_3 , NH_2) газов ряд предприятий (преимущественно химической промышленности) применяют дегазацию (отдувку воздухом, инертными газами или паром) с использованием реагентов (химический метод) или с нагреванием и вакуумированием (физико-химический метод) и продувкой воздухом в барботажных или насадочных аппаратах. При низких концентрациях газов в воде, нецелесообразности или невозможности их утилизации, а также при условии, что продукты обработки реагентами препятствуют дальнейшей очистке или использованию сточных вод, отдельные предприятия применяют химические методы дегазации [12] - [15].

– Мембранные методы

На многих предприятиях для очистки сточных вод применяют мембранные методы, к которым относятся ультрафильтрация, нанофильтрация, обратный осмос.

Ультрафильтрацию применяют для удаления из воды взвешенных веществ, органических веществ, коллоидных частиц нефтепродуктов, а также снижения мутности, окисляемости. При этом применяют аппараты с мембранами с внутренней поверхностью фильтрования. Установки ультрафильтрации могут быть собраны на основе трубчатых синтетических, керамических элементов, рулонных элементов или полых волокон. На отдельных предприятиях ультрафильтрацию применяют в биологических процессах очистки сточных вод, при этом используют блоки мембран, погруженных в объем аэрированной воды.

На отдельных предприятиях для очистки предварительно отфильтрованных сточных вод (обычно с микрофильтрацией) применяют нанофильтрацию, которая обеспечивает удаление из воды многозарядных ионов и молекул размером 0,01–0,001, молекул органических веществ массой более 200 а. е. м. и вирусов.

– Электродиализ

Для обессоливания, а также для выделения из сточных вод кислот, щелочей и других ионизированных веществ при переработке и регенерации отработанных технологических растворов с целью их утилизации несколько предприятий применяют электродиализ при исходном солесодержании 2500–15000 мг/л.

– Отгонка с паром (эвапорация)

На отдельных предприятиях при небольших сбросах концентрированных сточных вод, содержащих фенолы, амины, анилин и его производные, а также аммиак, несколько предприятий (преимущественно химической промышленности) применяют эвапорацию, основанную на отгонке летучих веществ с водяным паром с последующей конденсацией или поглощением специальными поглотителями и утилизацией концентрированных растворов. Область применения метода – вещества, образующие с водяным паром смеси, кипящие при температуре ниже 100 °С. На ряде предприятий эффективность метода достигает 85 % – 95 % в зависимости от исходной концентрации удаляемых веществ [16] - [18].

– Ректификация

При небольших сбросах концентрированных сточных вод, содержащих органические вещества и растворенные органические жидкости, отдельные предприятия, преимущественно химической промышленности, применяют ректификацию (азеотропную или в присутствии перегретого водяного пара). При этом установки перегонки и ректификации сточных вод, как правило, входят в состав технологических схем основных производств, а выделенные из сточных вод вещества обычно используют на этих же производствах.

– Кристаллизация

Для регенерации отработанных травильных растворов путём выделения солей соответствующих металлов из пересыщенных растворов после частичного испарения воды на отдельных предприятиях применяют кристаллизацию. При этом полученные кристаллы солей отделяют от жидкой фазы фильтрованием или центрифугированием, а регенерированные растворы возвращают в производство.

– Экстракция

Для очистки небольших сбросов концентрированных сточных вод от органических примесей (летучих и нелетучих фенолов, нефтепродуктов, пестицидов) на отдельных предприятиях применяют экстракционный метод. Его применяют при значительных концентрациях извлекаемых веществ или высокой их товарной ценности, а также при обработке сточных вод, содержащих высокотоксичные вещества, когда неприемлемы либо неосуществимы другие известные методы. Область применения – извлекаемые вещества с исходными концентрациями 2000–30000 мг/л. В связи с высокими остаточными концентрациями извлекаемых веществ (300–800 мг/л) и экстрагента сточные воды после извлечения основного количества вещества подвергают доочистке другими методами.

Деструктивные методы очистки сточных вод

– Нейтрализация

Если в промышленных сточных водах присутствуют свободные кислоты или основания, обуславливающие кислую ($\text{pH} < 7$) или щелочную ($\text{pH} > 7$) реакцию среды, то многие предприятия применяют нейтрализацию, поскольку отведение сточных вод в водоёмы и в системы канализации недопустимо, если величина pH их ниже 6,5 (кислая вода) или выше 8,5 (щелочная вода). Кроме того, регулирование pH используют при обработке воды методами коагуляции и флокуляции при осаждении, окислении, восстановлении. Нейтрализация кислых сточных вод [19].

Кислая среда сточных вод (повышенная концентрация H^+ -ионов)

обусловлена присутствием в них свободных минеральных (серная, соляная, азотная, ортофосфорная, фтористоводородная и др.) и (в меньшей степени) органических кислот. Кроме того, нейтрализация таких сточных вод необходима для предотвращения коррозии трубопроводов и канализационных сооружений. В зависимости от местных условий при очистке сточных вод предприятия применяют следующие способы нейтрализации кислых сточных вод:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод при их смешении;
 - нейтрализация щелочными реагентами: едкий натр, кальцинированная сода, гидроксид кальция (известь), карбонат кальция (известняк, доломит);
 - нейтрализация отходами производства, например, карбидный шлам ацетиленовых станций, шламы от установок химического умягчения воды;
 - нейтрализация фильтрованием через нейтрализующие материалы: известняк - CaCO_3 , доломит - CaCO_3 MgCO_3 , магнезит - MgCO_3 .
- Нейтрализация щелочных сточных вод

Щелочная среда сточных вод (повышенная концентрация OH^- -ионов) обусловлена присутствием в них свободных едких щелочей (едкий натр, едкое кали), оснований щелочноземельных металлов (гидроксиды кальция, магния, бария) карбонатов щелочных и щелочноземельных металлов, аммиака. Щелочные сточные воды перед отведением в водоём или канализацию предприятия подвергают нейтрализации не только для соблюдения условий спуска сточных вод в водные объекты и на сооружения биологической очистки, но и для предотвращения разрушения бетонов и снижения интенсивности карбонатных отложений в трубопроводах.

В зависимости от местных условий при очистке сточных вод предприятия применяют следующие способы нейтрализации щелочных сточных вод:

- взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод при их

смешении (если таковые имеются на предприятии, производстве);

- нейтрализация минеральными кислотами (серная, соляная, азотная);
- нейтрализация CO_2 воздуха при длительном выдерживании их в открытых бассейнах или аэрированием воздухом;

- нейтрализация диоксидом углерода или CO_2 воздуха в пенных аппаратах или скрубберах; ограничение - повышенная кальциевая жёсткость ($>0,7$ мг-э/л);

- нейтрализация топочными газами котельных, ТЭЦ в пенных аппаратах или скрубберах; ограничение - повышенная кальциевая жёсткость ($>0,12$ мг-э/л) при наличии в газах SO_2 , SO_3 .

– Химическое осаждение

Осаждение-это процесс физической очистки воды с использованием силы тяжести для удаления взвешенных твердых частиц из воды. Для удаления из сточных вод ионов тяжёлых (Fe, Cu, Zn, Ni, Sn, Pb, Hg, Cr^{+3} , Cd) и лёгких (Al, Ti, Be) металлов, например в гальванических производствах, большинство предприятий применяют способ выделения этих веществ в виде труднорастворимых соединений при определённых значениях pH; их удаление основано на образовании труднорастворимых гидроксидов, карбонатов, основных солей при обработке воды щелочными реагентами с учётом пределов растворимости труднорастворимых соединений, требований к остаточным концентрациям удаляемых веществ, количества образующихся осадков [20].

Для удаления из сточных вод сульфатов, сульфитов, сульфидов, фосфатов, фторидов, арсенатов многие предприятия применяют их перевод в труднорастворимые соединения с помощью солей кальция, железа и алюминия с учётом требований к качеству очищенной воды по остаточным концентрациям удаляемых веществ.

Для удаления из сточных вод ионов тяжёлых металлов, фторидов, фосфатов, хроматов на многих предприятиях применяют электрохимическое и гальванохимическое осаждение.

– Окислительные и восстановительные методы

Для деструкции токсичных минеральных и органических веществ с превращением их в малотоксичные или нетоксичные соединения (во многих случаях – CO_2 и H_2O) многие предприятия применяют окислительные методы, включающие:

- окисление активным хлором (применяют на многих предприятиях для деструкции цианидов, фенолов, роданидов, сернистых соединений);
- окисление озоном (применяют на отдельных предприятиях для деструкции цианидов, роданидов, фенолов, нитритов, СПАВ, пестицидов, альдегидов, лигнинов, сернистых соединений);
- окисление пероксидом водорода (применяют на ряде предприятий для деструкции цианидов, роданидов, красителей, СПАВ);
- окисление кислородом на катализаторах (применяют на нескольких предприятиях для деструкции цианидов, роданидов, сульфидов, меркаптанов);
- окисление перманганатом калия (применяют на ряде предприятий для деструкции цианидов, роданидов, неионогенных СПАВ);
- электрохимическое окисление на аноде (применяют на отдельных предприятиях для обезвреживания незначительных объёмов концентрированных сточных вод от цианидов, роданидов, красителей и других органических соединений);
- жидкофазное окисление, сжигание в циклонных печах, в печах с псевдоожиженным слоем (применяют на нескольких предприятиях для обезвреживания незначительных объёмов высококонцентрированных сточных вод, загрязнённых различными органическими веществами).

Для перевода некоторых токсичных веществ в соединения, более легко удаляемые из воды осаждением или в виде газообразных продуктов, многие предприятия применяют восстановительные методы.

Для очистки хромсодержащих сточных вод на большинстве предприятий применяют реагентное восстановление соединений Cr^{+6} . При

этом Cr^{+6} восстанавливается в Cr^{+3} с последующим осаждением его в виде труднорастворимых гидроксидов при определённом значении pH. В качестве восстановителя применяют сульфит и бисульфит натрия, SO_2 соли Fe^{+2} , гидразин.

Для обработки относительно концентрированных сточных вод, содержащих нитриты, отдельные предприятия применяют реагентное восстановление нитритов с превращением их в молекулярный азот. В качестве восстановителей используют Fe^{+2} , мочевины, сульфаминовую кислоту и др. Применение метода ограничивается созданием кислой среды в начале процесса ($\text{pH}_{\text{нач}} < 3$).

Для очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов, включая Cr^{+6} , отдельные предприятия применяют электрохимическое восстановление, основанное на электролизе сточных вод с использованием стальных или алюминиевых анодов, подвергающихся электролитическому растворению. Процесс аналогичен обработке сточных вод солями железа и алюминия, однако при его реализации не происходит обогащения воды сульфатами и хлоридами. Для электрохимического восстановления предприятия используют различные виды катодов: пористые объёмно-насыпные проточные, плоские пластины с инертной загрузкой.

– Коагуляция, флокуляция (подготовка сточных вод к очистке)

Для интенсификации извлечения из воды веществ, не удаляемых безреагентными механическими методами (отстаиванием, флотацией, фильтрованием), на большинстве предприятий применяют коагуляцию и флокуляцию. При этом к коллоидным и тонкодисперсным веществам относятся частицы крупностью менее 100 мкм (органические гидрофобные загрязнения (нефтепродукты, масла, жиры), гидрофильные органические вещества (целлюлоза, красители, белки, лигнин), минеральные вещества (глинистые частицы, окислы различных металлов)).

Для извлечения из сточных вод, растворённых органических и минеральных соединений (анионные и катионные красители, анионные и

катионные ПАВ, фосфаты, сульфаты, катионы и комплексные анионы тяжёлых металлов), которые могут вступать в химическое взаимодействие с коагулянтами и флокулянтами с образованием нерастворимых соединений, на многих предприятиях применяют химическое осаждение с использованием коагулянтов и флокулянтов. Химическое осаждение предприятия обычно применяют как отдельный метод очистки, так как в качестве реагентов могут использоваться разработанные и рекомендуемые в настоящее время новые вещества, а не только коагулянты и флокулянты известных марок.

Предприятия используют для очистки сточных вод неорганические (соли алюминия и железа) и органические (водорастворимые заряженные низкомолекулярные полимеры - полиэлектролиты) коагулянты.

При добавлении коагулянтов агрегация частиц происходит за счёт снижения заряда коллоидных и тонкодисперсных частиц противоположно заряженными ионами коагулянта, что приводит к потере кинетической устойчивости частиц. При использовании минеральных коагулянтов процесс агрегации ускоряется за счёт адсорбции коллоидных и мелкодисперсных частиц продуктами гидролиза коагулянтов.

При добавлении органических флокулянтов агрегация коллоидных и мелкодисперсных частиц в крупные хлопья происходит в результате адсорбции макромолекул флокулянта одновременно на нескольких частицах и связывания их полимерными мостиками.

В зависимости от назначения сооружения и способа перемешивания для коагуляционной очистки воды предприятия используют следующие сооружения: гидравлические и механические смесители для смешения раствора реагента с обрабатываемой водой; гидравлические и механические камеры хлопьеобразования для агрегации частиц в хлопья крупного размера. При этом реагентное хозяйство включает растворные баки с пневматическим (сжатым воздухом) или механическим перемешиванием для растворения коагулянтов, флокулянтов и вспомогательных реагентов, а также расходные баки с пневматическим или механическим перемешиванием для дозирования

приготовленных растворов коагулянта или флокулянта и вспомогательных реагентов насосами-дозаторами на сооружения очистки в узлы смешения растворов реагентов с потоком сточных вод в камере реакции и в камере хлопьеобразования [7].

Биологическая очистка сточных вод

При соотношении БПК/ХПК более 0,35, рН = 6–8, температуре воды 8°С - 37 °С и концентрации грубодисперсных примесей до 150–2000 мг/л большинство предприятий применяют биологическую очистку.

Биологическую очистку в естественных условиях (для очистки сравнительно небольших количеств сточных вод, а также для их доочистки) многие предприятия осуществляют на полях фильтрации, в фильтрующих траншеях, фильтрующих колодцах, а также в биологических прудах с высшей водной растительностью и без неё и окислительных каналах, где развиваются микроорганизмы, участвующие в самоочищении природных водоёмов (рек и озёр).

Биологическую очистку сточных вод в искусственных условиях многие предприятия осуществляют на биологических очистных сооружениях, включающих в себя биофильтры, аэротенки различных модификаций с подачей воздуха, а также анаэробные реакторы.

Проведение дополнительной очистки биохимически очищенных сточных вод многие предприятия осуществляют с помощью биологических прудов (рассчитанных на продолжительность пребывания в них воды от 2 до 17 суток, а в ряде случаев и более).

В биофильтрах очистку воды осуществляют прикреплённой микрофлорой, развивающейся на поверхности загрузки. В роторных биофильтрах, биотенках, биосорберах микроорганизмы развиваются и удерживаются инертной насадкой из пластмасс, песка или активированного угля.

При необходимости глубокого удаления биогенных элементов азота и фосфора большинство предприятий применяют процессы нитрификации

(окисление аммонийного азота до нитритов и нитратов) и денитрификации (восстановления окисленных форм азота нитритов и нитратов до газообразного азота) [4].

Более глубокого удаления фосфора отдельные предприятия достигают при применении биореагентного способа. При очистке концентрированных (по БПК) сточных вод для предварительной обработки на нескольких предприятиях применяют анаэробный метод, используя метантенки.

Для отделения от воды избыточной биомассы, образующейся в процессах биологической очистки, большинство предприятий используют вторичные отстойники или илоотделители, входящие в состав биологических сооружений вместе с биофильтрами и аэротенками.

Для доочистки сточных вод после биологической очистки большинство предприятий используют зернистые фильтры, иногда фильтры с синтетической загрузкой. Наиболее глубокую доочистку до норм рыбохозяйственных водоёмов отдельные предприятия осуществляют на биосорберах с биологической регенерацией активированного угля.

Большинство предприятий нефтеперерабатывающей промышленности проводят биохимическую очистку сточных вод производственной канализационной системы как отдельно, так и вместе с бытовыми сточными водами завода и заводского посёлка, прошедшими предварительную механическую очистку. Биохимическую очистку осуществляют по одноступенчатой и двухступенчатой схемам. При двухступенчатой схеме допускается подача сточных вод с более высоким содержанием сульфидов и более высоким БПК.

Отдельные предприятия при биологической очистке сточных вод используют ультрафильтрационные блоки мембран (МБР) из полого волокна с внешней поверхностью фильтрования, которые погружают в аэрируемый объем воды, при этом вторичные отстойники не применяют. Данный подход позволяет достичь высокой степени очистки воды.

Обеззараживание сточных вод

Для уничтожения содержащихся в них патогенных микробов и устранения опасности заражения водоёма этими микробами при спуске в него очищенных сточных вод на многих предприятиях применяют обеззараживание (дезинфекцию) сточных вод следующими методами:

- химические (преимущественно применение различных соединений хлора, озона);
- физические (термические, с применением ультразвуковой обработки, ультрафиолетового излучения);
- обеззараживание сточных вод в условиях искусственных и естественных биоценозов.

Из физических методов обеззараживания большинство предприятий применяют ультрафиолетовый (УФ) метод обработки, требующий в два раза меньше капиталовложений и в пять раз меньше эксплуатационных затрат по сравнению с озонированием.

Отдельные предприятия применяют ультразвуковую обработку сточных вод как для их обеззараживания, так и для предотвращения бактериологического поражения технологических жидкостей на водной основе, что позволяет исключить применение в технологическом процессе специальных бактерицидных препаратов.

Обезвоживание осадков сточных вод

Из множества методов обезвоживания осадков сточных вод предприятия выбирают подходящие, исходя из свойств осадков и местных условий.

Для уменьшения объёма осадков, образующихся при очистке сточных вод (избыточного активного ила, осадков первичного отстаивания, шламов после физико - химической обработки и т. п.), большинство предприятий применяют их механическое обезвоживание с помощью декантерных центрифуг, позволяющих достичь снижения влажности осадка до 70 % - 75 %, применяя предварительное кондиционирование осадков с помощью реагентов для облегчения разделения фаз.

Большинство предприятий применяют ленточные фильтр - прессы, в которых процесс фильтрования происходит при предварительной флокуляционной обработке полиэлектролитами прессованием между двумя лентами фильтроткани [6].

На ряде предприятий используют камерные фильтр - прессы, на которых, в отличие от ленточных фильтр - прессов, весь осадок подвергается обезвоживанию, т. е. отсутствует возможность слива осадка. Отдельные предприятия применяют мембранный фильтр-пресс, который является усовершенствованным вариантом камерного фильтр-пресса.

Для обезвоживания активного ила, обработанного раствором флокулянта осадков с концентрацией взвешенных частиц 2000–35000 мг/л, на многих предприятиях применяют шнековые прессы, при этом осадок обезвоживается до влажности 81 % и менее.

Для уплотнения, прессования и передачи в накопительную ёмкость или на транспортёр отбросов, снимаемых с канализационных устройств, отдельные предприятия используют винтовые отжимные прессы.

На нескольких предприятиях применяют обезвоживание осадков с помощью мешочных вакуум-фильтров.

На ряде предприятий (преимущественно на обогатительных фабриках горнорудной, угольной и металлургической промышленности) используют дисковые вакуумные фильтры. На отдельных предприятиях применяют технологию глубокого обезвоживания осадков, сформированную на основе поршневого насоса, которая объединяет в себе преимущества камерного пресс - фильтра и высокий уровень автоматизации центрифуг.

Механическое обезвоживание осадков, основанное на принципах фильтрования или центрифугирования, требует их предварительного кондиционирования посредством введения минеральных реагентов (коагулянтов/флокулянтов) и (или) синтетических полимеров.

Многие предприятия применяют обезвоживание осадков на иловых площадках.

1.2 Методы очистки сточных вод от взвешенных веществ с применением НДТ

На основании раздела 1.1, в котором были приведены существующие методы очистки сточных вод из справочников НДТ, были подобраны наилучшие доступные методы очистки сточных вод от взвешенных веществ.

Взвешенные твердые частицы могут повышать температуру воды, поскольку они поглощают дополнительное тепло от солнца. Это также может привести к снижению уровня растворенного кислорода ниже термоклина, создавая гипоксические условия. Взвешенные твердые частицы относятся к мелким твердым частицам, которые остаются в суспензии в воде в виде коллоида или из-за движения воды. Взвешенные твердые частицы могут быть удалены осаждением из-за их сравнительно большого размера. Используется как один из показателей качества воды. Общее количество взвешенных веществ является существенным фактором в наблюдении за чистотой воды. Чем больше твердых веществ присутствует в воде, тем менее чистой она является [21].

Для очистки сточных вод, большинство промышленных предприятий применяют механические методы с применением флокуляции и коагуляции. Также применяются методы без них. К данным методам относят:

- процеживание;
- отстаивание;
- гидроциклонирование;
- центрифугирование;
- флотацию;
- фильтрование.

Для выделения грубых крупнодисперсных частиц загрязняющих веществ, а также попавшего в воду мусора большинство предприятий устанавливают в лоток, по которому отводятся сточные воды, решётки, чаще всего - с ручным съёмом задержанных веществ. Иногда решётки

устанавливают в колодце и в приёмных резервуарах насосных станций.

Мелкодисперсные взвешенные загрязняющие вещества предприятия удаляют главным образом в отстойниках. На большинстве предприятий используют горизонтальные отстойники, которые компактны и поэтому при равных гидравлических нагрузках (в сравнении с другими отстойниками) занимают меньшие площади. При этом многие предприятия сталкиваются со сложностями эксплуатации таких отстойников вследствие трудности удаления выпавшего осадка, поскольку применяемые скребковые механизмы часто выходят из строя и осадок приходится выгружать вручную после опорожнения отстойника. Для интенсификации удаления плавающих загрязнений (нефтепродуктов, масел, жиров и проч.) отдельные предприятия применяют скиммеры различной конструкции [14].

Поскольку эффективность выделения взвешенных загрязняющих веществ в отстойниках зависит от продолжительности отстаивания, многие предприятия применяют отстойники, оборудованные блоками (модулями) тонкослойных пластин, что позволяет сократить время отстаивания сточных вод. При этом слой отстаивания составляет 70 – 100 мм, что значительно меньше слоя в традиционных отстойниках.

Многие предприятия для увеличения эффекта очистки на существующих отстойниках дооборудуют отстойники тонкослойными блоками.

На многих предприятиях для повышения эффективности очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют реагенты – коагулянты и флокулянты. В этом случае отстойные сооружения включают камеры реакции и хлопьеобразования.

На ряде предприятий, например, на заводах чёрной металлургии, сточные воды очищают от взвешенных загрязняющих веществ в открытых гидроциклонах, работающих с применением флокулянта.

Для выделения мелкодисперсной взвеси, например, угольной мелочи, на многих предприятиях применяют реагентную напорную флотацию. При этом

в очистном сооружении камера флотации совмещена с камерой хлопьеобразования.

Для глубокой очистки от взвешенных мелкодисперсных коллоидных загрязняющих веществ многие предприятия применяют фильтрование, что в большинстве случаев позволяет использовать очищенную воду в технологических процессах.

Фильтровальные сооружения многие предприятия используют как самостоятельное сооружение в качестве второй и третьей ступеней осветления в схеме с отстойниками или флотаторами.

Для повышения эффекта механической очистки сточных вод многие предприятия используют реагенты, т. е. применяют физико-химические методы очистки. На большинстве предприятий используют коагулянты, флокулянты и композиционные материалы, корректируя при этом рН подщелачиванием или подкислением. На ряде предприятий благодаря использованию полиоксихлорида алюминия в качестве реагента эффективность коагуляционной очистки сточных вод значительно повышается.

На ряде предприятий используют только флокулянты; иногда коагулянты и флокулянты используют совместно.

В качестве самостоятельных реагентов при осветлении сточных вод, содержащих минеральные примеси различной природы (угольную пыль, алюмосиликаты, жёлтый железистый пигмент, гидроксиды металлов), на многих предприятиях используют анионные и катионные флокулянты.

При использовании минерального коагулянта совместно с анионными или катионными флокулянтами отдельные предприятия достигают 92–97-процентной степени очистки сточных вод от взвешенных веществ с одновременным снижением ХПК от 30 % до 89 % в зависимости от начальной величины.

Для очистки сточных вод окрасочных производств на ряде предприятий используют сульфат или хлорид алюминия в дозах 50–100 мг/л, что позволяет

снизить величину ХПК на 65 % - 68 % и удалить взвешенные вещества на 88 % - 99 %.

Для очистки моющих растворов, применяемых на моющих установках, на многих предприятиях применяют ультрафильтрацию, поскольку ультрафильтрационные мембраны задерживают загрязнения, находящиеся в моющем растворе, пропуская элементы моющего раствора и ПАВ примерно на 70 %, что позволяет с некоторой корректировкой повторно использовать моющий раствор - на ряде предприятий установки включены в технологический цикл мойки [18].

Для очистки сточных вод, образующихся на кожевенных заводах и содержащих не только взвешенные вещества, но и ПАВ и сульфиды (13–87 мг/л в общем потоке сточных вод), отдельные предприятия отрасли в качестве реагента используют сульфат закисного железа, а также сульфат алюминия совместно с флокулянтами с последующим отстаиванием. При этом достигают степени очистки сточной воды 70 % - 85 % при исходном содержании взвеси 1895 мг/л. При использовании железного купороса дозой 0,8–1,5 г/л концентрация сульфидов снижается с 106 до 15 - 20 мг/л.

Сточные воды, образующиеся в производстве фосфорных удобрений и жёлтого фосфора, имеют кислый характер, поэтому многие предприятия нейтрализуют их известью, а для ускорения осаждения добавляют флокулянты. Эффект очистки достигает 99,8 %.

1.3 Методы очистки сточных вод за рубежом

В Индии, в штате Гуджарт активно развивается сфера очистки сточных вод. Там находится 37 гуджартских центров чистого производства (ГЦЧП), из которых 33 ГЦЧП находятся в эксплуатации, а 4 либо предлагаются, либо находятся на стадии ввода в эксплуатацию/строительства. Из 33 действующих центров, 9 предназначены исключительно для очистки сточных вод, образующихся в текстильных отраслях, 2 - для гальванического сектора, остальные предназначены для химической и других смежных отраслей промышленности.

В каждом промышленном районе Гуджарата проектируются объекты по очистке сточных вод с точки зрения недвижимости или сектора. Более 20 сооружений очистки сточных вод основаны на традиционной или обычной очистке сточных вод, которая включает механические методы (флотация, осветление (осаждение/сгущение) или фильтрация)), биологические методы (аэробные / анаэробные методы (первичное и вторичное осветление)) и химические методы (осаждение + (осветление или флотация) [23].

Международная компания «Condorchem Envitech» предлагает такие методы очистки сточных вод как:

биологический метод

- секвенирующий реактор периодического действия
- мембранный биореактор (требует мало места, высокоэффективный и обеспечивает высокое качество очистки сточных вод);
- реактор с движущим слоем биопленки (отличается наличием фиксированной биомассы);
- biocard (процесс, разработанный компанией Condorchem Envitech, с фиксированной биомассой, для высокоэффективной и конкурентоспособной альтернативы);

- реактор одеяла шуги Upflow анаэробный (UASB): (в частности экономично с высокими органическими нагрузками, которые нужно обработать);
- RAFAC (анаэробный процесс, разработанный компанией Condorchem Envitech для обработки высоких органических нагрузок. Очень конкурентный процесс).

Физико-химический метод

- флотация,
- декантация,
- осаждение,
- коагуляция – флокуляция,
- нейтрализация,
- адсорбция,
- фильтрация,
- электрокоагуляция,
- усовершенствованное окисление.

Япония

В настоящее время японские методы очистки сточных вод включают канализацию сельских общин, очистные сооружения и местные очистные системы, такие как система Йохкасоу для очистки бытовых сточных вод. Более крупные очистные сооружения и канализационные системы обычно используются для очистки сточных вод в городских районах с большим населением. Они используются для очистки сточных вод одного домохозяйства или для очистки сточных вод небольшого числа зданий более децентрализованным способом, чем канализационная система [19].

Ливия

В Ливии очисткой сточных вод управляет генеральная компания по водоснабжению и водоотведению Ливии, которая входит в компетенцию Министерства жилищно-коммунального хозяйства. По всей стране насчитывается около 200 очистных сооружений, но функционируют лишь

немногие. На самом деле 36 крупных заводов находятся в крупных городах, однако только девять из них работают, а остальные находятся в ремонте.¹

Крупнейшие действующие станции очистки сточных вод расположены в Сирте, Триполи и Мисурате с проектной мощностью 21 000, 110 000 и 24 000 м³/сутки соответственно. Кроме того, большинство оставшихся очистных сооружений представляют собой малые и средние установки проектной мощностью примерно от 370 до 6700 м³/сут. Таким образом, 145 800 м³/сут или 11% сточных вод фактически очищаются, а остальные выбрасываются в океан и искусственные лагуны, хотя они и не очищаются. Фактически, неработающие очистные сооружения в Триполи приводят к ежедневному разливу в океан более 1275 000 кубометров необработанной воды.

Соединенные Штаты

Агентство по охране окружающей среды США и государственные экологические агентства устанавливают стандарты сточных вод в соответствии с Законом о чистой воде. Агентство устанавливает основные национальные стандарты очистки сточных вод: «Правила вторичной очистки» применяются к муниципальным очистным сооружениям и Руководящие принципы очистки сточных вод, которые являются правилами для категорий промышленных объектов

1.4 Существующие патенты по технологиям очистки сточных вод

Для того, чтобы подобрать наилучший метод модернизации системы очистки сточных вод на ПАО «КуйбышевАзот», необходимо провести патентный поиск. Патентный поиск был проведен на основании методов очистки по справочникам наилучших доступных технологий в разделах 1.1 и 1.2 главы 1. В таблице 1 приведен перечень существующих патентов, которые были рассмотрены в качестве метода модернизации очистки сточных вод.

Таблица 1 – Патентный поиск

Номер патента	Название документа	Патент - обладатель	Описание патента
1	2	3	4
<p>RU 2 182 117 C2 МПК С 02 F 1/24/(С 02 F 1/24, 101:30, 101:32)</p>	<p>Флотатор отстойник</p>	<p>Зарубин Михаил Прокопьевич</p>	<p>«Изобретение относится к устройствам «для флотационной очистки сточных вод от нефтепродуктов, жиров, взвешенных частиц и других загрязнителей и может быть использовано в коммунальном хозяйстве, в пищевой, нефтяной, металлургической отраслях промышленности, на предприятиях энергетики, автотранспорта и других отраслях промышленности. Известна "Установка для флотационной очистки сточных вод" по описанию изобретения к а. с. СССР 1579904, кл. С 02 F 1/24, опубликовано в БИ 27 23.07.90 г. (1). Данная установка обладает некоторыми недостатками, а именно: отвод флотошлама производится принудительно вниз при помощи скребков и шнека по центру емкости для очистки стоков, что усложняет конструкцию установки, при этом шнек с кожухом отнимает заметную часть объема от емкости для очищаемых стоков; для привода скребков и шнека необходимы затраты дополнительной энергии, а также при этом уменьшается надежность работы установки за счет усложнения конструкции установки. Целью предлагаемого изобретения является создание конструкции флотатора-отстойника достаточно простого, надежного, недорогого и вместе с тем обеспечивающего двухступенчатую очистку стоков, фактически совмещенного в одном аппарате. При этом аппарат занимал бы минимальные производственные площади, потреблял бы незначительное количество энергии и обеспечивал высокое качество очистки сточных вод от нефтепродуктов, жиров и взвешенных частиц»[9].</p>

Продолжение таблицы 1

<p>RU 2386590C1 МПК C 02 F 1/24 (2006.-1) B 03 D 1/02 (2006.01)</p>	<p>Способ очистки сточных вод напорной флотацией</p>	<p>Аким Эдуард Львович</p>	<p>Изобретение относится к технологиям очистки сточных вод в целлюлозно-бумажной, пищевой и других отраслях промышленности. Способ очистки сточных вод включает введение в воду реагентов для коагуляции, флокуляции и флотации загрязнений, насыщение воды в сатураторе газом воздухом или его смесью с диоксидом углерода при повышенном давлении газа, дросселирование сатурированной воды, эжектирование ее в объеме флотокамеры, флотирование взвешенных примесей и отделение от воды пенного слоя. Сатуратор для насыщения воды газом выполнен в виде цилиндрического корпуса, снабженного пористым элементом, разделяющим его внутреннее пространство на две соосные продольные полости, сообщающиеся между собой через поры элемента. Газ в сатуратор подают под давлением по одну сторону пористого элемента, а воду под давлением подают тангенциально к поверхности корпуса по другую сторону пористого элемента, причем давление газа выше давления воды. Дросселирование сатурированной воды и ее эжектирование проводят в многоярусном дисковом водораспределителе, расположенном в объеме флотокамеры. Изобретение позволяет интенсифицировать процесс очистки воды, повысить его производительность, а также исключить разбавление сточной воды с высоким содержанием взвешенных загрязнений перед сатурированием [1].</p>
---	--	----------------------------	--

Продолжение таблицы 1

<p>RU 2 610 507C2 МПК C02F 9/08(2006.01) C02F 1/52(2006.01) C02F 1/28(2006.01) B01D 21/01(2006.01) B01D 29/11(2006.01) C02F 103/44(2006.01)</p>	<p>Способ очистки поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов</p>	<p>Общество с ограниченной ответственностью "Баромембранная технология"</p>	<p>Изобретение относится к очистке поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов, и может быть использовано для очистки как поверхностных (дождевых и талых) сточных вод с селитебных территорий, так и сильнозагрязненных поверхностных стоков с территорий промышленных предприятий, полигонов ТБО, нефтеперерабатывающих заводов и нефтебаз, автозаправочных станций, автостоянок.</p> <p>Известны способы очистки поверхностных сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов, включающие стадии предварительной реагентной обработки, грубой сорбционной очистки от свободных и эмульгированных нефтепродуктов, тонкой сорбционной доочистки от растворенных нефтепродуктов. Каждый из способов, включающий перечисленные стадии, может быть использован для очистки поверхностных стоков от взвешенных веществ и нефтепродуктов [1].</p> <p>Наиболее близким по технической сущности и достигаемому техническому результату к предлагаемому способу является способ очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов, включающий стадии ввода флокулянта с гидрофобизирующими свойствами, осаждения песка и крупных частиц, тонкую механическую очистку от взвешенных веществ в слое загрузки из цилиндрических колец, сорбцию свободных и эмульгированных нефтепродуктов, дополнительную сорбцию растворимых нефтепродуктов на сорбенте с прикрепленной микрофлорой с подачей кислорода воздуха [2].</p> <p>Данный способ предназначен для очистки как поверхностных (дождевых и талых) сточных вод, так и производственных нефтезагрязненных стоков промышленных предприятий, в том числе нефтеперерабатывающих заводов и нефтебаз, и позволяет получать воду, качество которой соответствует ПДК загрязнений в воде водоемов, но имеет недостатки - импульсная периодическая подача стоков на очистку из канализационной насосной станции (КНС) негативно сказывается на эффективности процессов отстаивания и фильтрации, высокое содержание взвешенных веществ в поверхностных стоках приводит к быстрой забивке фильтрующих и сорбирующих загрузок, что делает невозможным применение способа для очистки сильнозагрязненных поверхностных стоков.</p>
---	--	---	--

Проанализировав существующие методы очистки сточных вод от взвешенных веществ, был выбран патент RU 2386590 C1 «Способ очистки сточных вод напорной флотацией».

Данный метод был выбран в связи с тем, что для эффективности очистки сточных вод применяют также предварительную обработку реагентами и процесс коагуляции. Также, по предварительным данным, степень очистки может достигать 96,8%.

Способ в промышленном масштабе осуществляют следующим образом:

- сточную воду отстаивают для удаления крупных взвешенных частиц. При необходимости для охлаждения отстоявшейся сточной воды в нее добавляют холодную воду;
- в очищаемую воду подают химические реагенты для коагуляции, флокуляции, флотации загрязнений, а также активный ил;
- в сатуратор под давлением подают воду и газ - воздух или его смесь с диоксидом углерода. Сатуратор снабжен пористым элементом, разделяющим его внутренне пространство на две продольные полости, сообщающиеся между собой исключительно через поры элемента.

Корпус установки приготовления флокулянта включает в себя три секции, соединённые переливными карманами в единую гидравлическую систему: секцию растворения, секцию созревания и секцию готового раствора. В процессе приготовления раствор последовательно проходит через все секции. Вода подается в секцию растворения и одновременно из бункера шнековым дозатором подается гранулированный флокулянт. Следующий цикл приготовления начинается после падения уровня в секции готового раствора. При этом вода с растворённым флокулянтом через переливной карман вытесняется в секцию вызревания, также оснащённую электрической тихоходной мешалкой. Из второй секции уже созревший раствор через переливной карман вытесняется в секцию готового раствора, откуда осуществляют его отбор.

Глава 2 Анализ действующей технологической схемы очистки сточных вод на ПАО «КуйбышевАзот»

2.1 Описание технологического процесса очистки сточных вод цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот»

На предприятии ПАО «КуйбышевАзот» образуется два вида стоков:

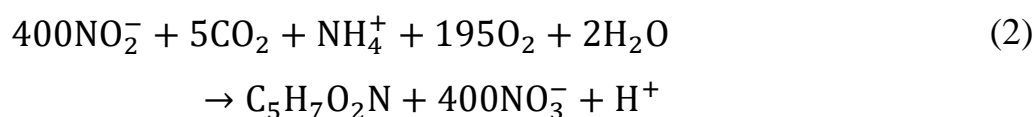
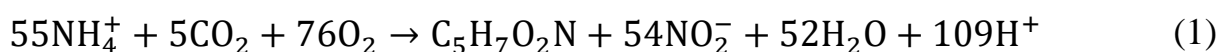
Таблица 2 – Виды стоков на предприятии ПАО «КуйбышевАзот»

Виды стоков	Объем воды т/сут.
Слабозагрязненные	24 000
Химически грязные	1 200

Переработка органических и неорганических соединений в сточных водах производства капролактами производится в цехе № 39 на установке нитрификации промышленных стоков (НДФ), по технологической схеме биологической очистки сточных вод методом - денитрификации азотных соединений.

Процесс нитрификации представляет собой биологическое окисление нитрифицирующими бактериями азота аммонийного до азота нитратного. Азот, содержащийся в составе органических соединений, сначала проходит стадию аммонификации. Источником энергии нитрифицирующих бактерий служит углерод карбонатов и двуокиси углерода. Потребление кислорода в аэробном процессе аммонификации зависит от природы соединений и степени их окисления

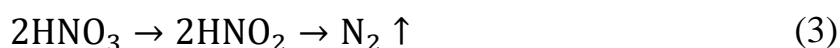
Процесс нитрификации идет в две фазы по уравнениям:



Для ведения процесса нитрификации требуется подготовка стоков по показателям рН, щелочности и содержание фосфора.

Процесс денитрификации представляет собой биологическое восстановление азота нитратного до свободного за счет окисления органического вещества кислородом нитратов.

Общая схема денитрификации:



В качестве денитрифицирующих бактерий применяются гетеротрофные организмы, использующие нитраты в качестве акцептора водорода при окислении ими органического вещества. В процессе денитрификации потребляется аммонийный азот и фосфор в качестве биогенных элементов. В качестве дополнительного органического субстрата используется водно-щелочной сток, содержащий адипаты натрия (12÷21 % по объему).

«Стадия доочистки включает очистку денитрифицированного стока от избыточной органики» [25].

Поступающие на очистку стоки имеют высокий уровень загрязнений. В таблице 4 предоставлена информация о содержании загрязняющих веществ в сточных водах, которые поступают на очистку в цех №39 после промышленных процессов.

Таблица 3 - Показатели анализа сточных вод в корпусах 2021 и 2022

Место отбора проб	Компонент	Максимальное значение при замерах, мг/дм ³	Минимальное значение при замерах, мг/ дм ³	Нормативное значение, мг/ дм ³	Среднее значение при замерах, мг/л	Процент замеров с выявленным и отклонениями, %
корпус №2021	pH	9,5000	4,3000	11,0000	8,8312	0
	Азот аммонийный	5021,7000	59,5000	400,0000	203,5360	3,2
	Азот нитратов N-NO ₃	2638,0000	2,3000	100,0000	99,7264	26,4
	XПК	1371,0000	108,0000	340,0000	418,1120	65,6
корпус №2022	pH	9,8000	7,5000	11,0000	8,6496	0
	Азот аммонийный	953,5000	78,6000	400,0000	176,4808	1,6
	Азот нитратов N-NO ₃	491,0000	1,8000	100,0000	72,2920	20,8
	Щелочность	145,0000	12,0000	50,0000	32,5760	6,4
	Фосфор ортофосфатов	5,0000	0,0000	12,0000	1,4338	0
	XПК	752,0000	96,0000	340,0000	348,2000	44
	Капролактамы	169,0000	0,0000	0,7800	15,8427	41,5
	БПК	127,0000	38,0000	200,0000	80,3750	0
	Сульфат - ион	844,2000	29,9000	500,0000	219,9200	20
	Взвешенные вещества	364,0000	101,0000	300,0000	181,2500	12,5
	Жесткость	3,1000	1,3000	7,0000	2,2222	0
	Циклогексанон	5,9000	0,0000	20,0000	0,1951	0
Циклогексанол	7,1000	0,0000	20,0000	0,2305	0	

Из таблицы 3 мы видим, что большинство значений загрязняющих веществ на входе в очистные сооружения превышают нормативные значения. Так, например, содержание взвешенных веществ, нормативное значение которых 300 мг/дм³, составляет максимально 364 мг/дм³, что значительно превышает нормативные значения. Так же нормативы превышают такие вещества, как: азот аммонийный, азот нитратов, XПК, щелочность, капролактамы, сульфат – ион.

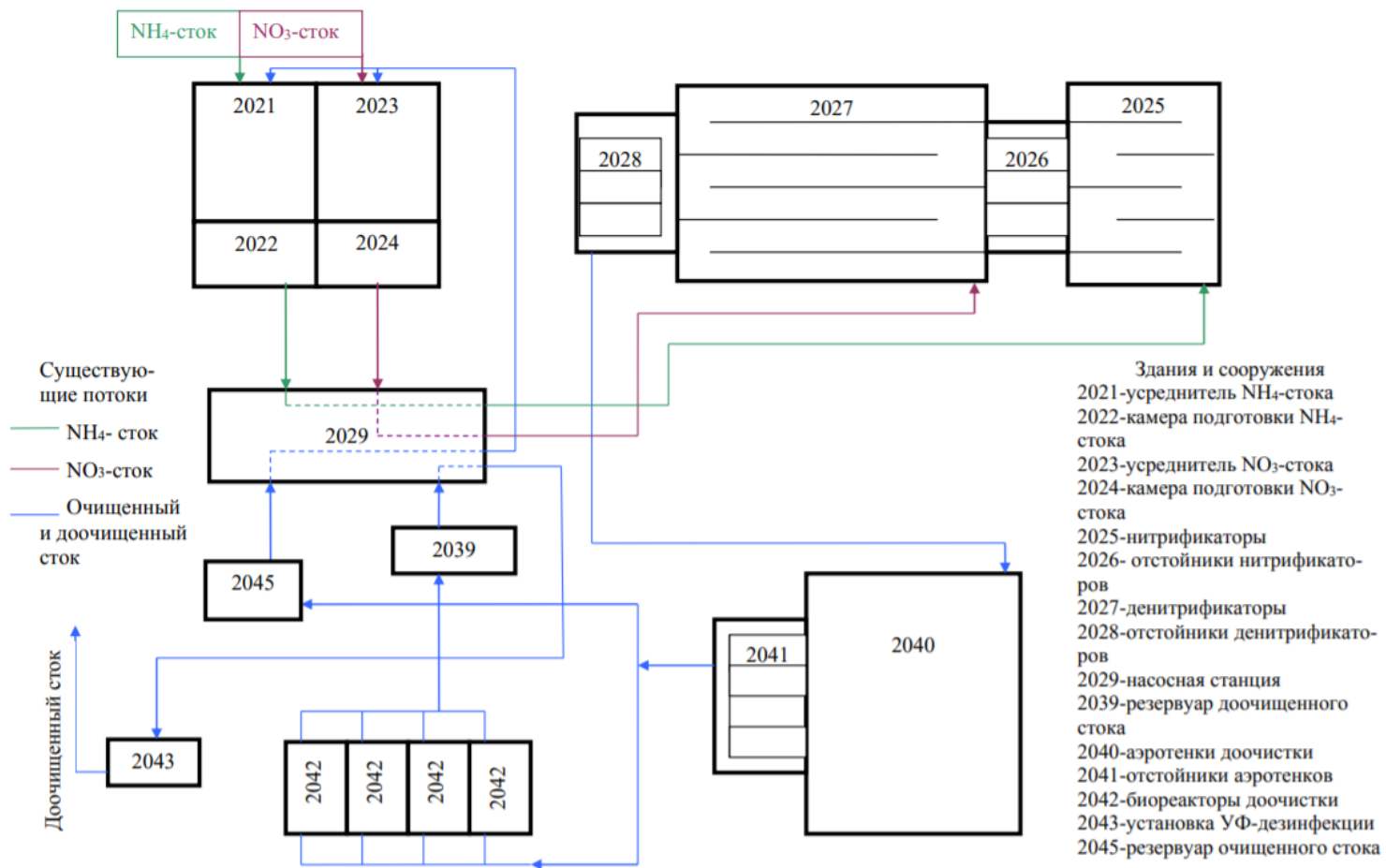


Рисунок 1 – Основные сооружения очистки на цехе №39

Для оценки качества очистки промышленных сточных вод на цехе №39 ПАО «КуйбышевАзот», необходимо провести расчет материального баланса вторичного отстойника.

2.2 Расчёт материального баланса вторичного отстойника

Исходные данные для расчета материального баланса вторичного отстойника взяты из инструкции №5 регламента цеха №39 предприятия ПАО«КуйбышевАзот».

Количество иловой смеси, поступающей во вторичный отстойник:

$$Q_{4\text{ил.см.}} = Q_{3\text{ст.ж.}} + \sum C_{i\text{вых}} + G_{\text{а.и.}} + P_i \quad (4)$$

$$Q_{4\text{ил.см.}} = 23\,489,489 + 6,83 + 14\,096,296 + 0,569 = 37\,593,184 \text{ кг/час}$$

Определяем количество осаждаемых веществ:

$$C_{6\text{в.в.}} = C_{5\text{в.в.}} \cdot \varepsilon_{\text{в.о.}} \quad (5)$$

где $C_{5\text{в.в.}}$ – концентрация взвешенных веществ на входе во вторичные отстойники равная концентрации взвешенных веществ на выходе из аэротенка = 5,471 кг/ч.

Эффективность осветления принимаем $\varepsilon_{\text{в.о.}} = 40 \%$

$$C_{6\text{в.в.}} = 5,471 \cdot 0,4 = 2,188$$

Осадок вторичных отстойников по сухому веществу:

$$C_{\text{ос.сух.в.о.}} = G_{\text{взв.ос.в.о.}} - G_{\text{изб.ил}} \quad (6)$$

$$C_{\text{ос.сух.в.о.}} = 2,188 - 0,569 = 2,757 \text{ кг/ч}$$

Количество осадка при влажности $\omega = 99,5 \%$:

$$G_{\text{ос.в.о.}} = \frac{G_{\text{ос.сух.}} \cdot 100}{100 - \omega} \quad (7)$$

$$G_{\text{ос.в.о.}} = \frac{2,757 \cdot 100}{100 - 99,5} = 551,4 \text{ кг/ч}$$

Содержание воды в осадке вторичного отстойника:

$$G_{\text{в.ос.в.о.}} = G_{\text{ос.в.о.}} \cdot 0,995 \quad (8)$$

$$G_{\text{в.ос.в.о.}} = 551,4 \cdot 0,995 = 548,643 \text{ кг/ч}$$

Количество сточной жидкости на выходе из вторичного отстойника:

$$G_{\text{ж.в.о.вых.}} = Q_{4\text{ил.см.}} - G_{\text{а.и.}} - G_{\text{ос.в.о.}} \quad (9)$$

$$G_{\text{ж.в.о.вых.}} = 37593,184 - 14096,296 - 551,4 = 22945,488 \text{ кг/ч}$$

В том числе выносимые взвешенные вещества:

$$C_{7\text{взв.в.}} = C_{\text{взв.в.}} - C_{5\text{взв.в.}} \quad (10)$$

$$C_{7\text{взв.в.}} = 7,238 - 2,100 = 5,138 \text{ кг/ч}$$

Воды:

$$G_{\text{В.В.О.ВЫХ.}} = G_{\text{Ж.В.О.ВЫХ.}} - \sum G_{\text{ИВЫХ}} \quad (11)$$

$$G_{\text{В.В.О.ВЫХ.}} = 22945,488 - 4,572 = 22940,916 \text{ кг/ч}$$

Таблица 4 – Результаты расчета материального баланса вторичного отстойника

№	Приход	кг/ч	%	№	Расход	кг/ч	%
1	Сточная вода:	37 593,181	100	1	Сточная вода:	37 593,181	100
1.1	Вода	23 489,489	62,31	1.1	Вода	22 940,846	62,3
1.2	Взвешенные вещества	7,238	0,07	1.2	Взвешенные вещества	5,138	0,06
1.3	Нитраты	0,968	0,0007	1.3	Нитраты	0,960	0,0007
1.4	Нитриты	0,004	0,00004	1.4	Нитриты	0,004	0,00004
1.5	Азот аммонийный	0,08	0,0006	1.5	Азот аммонийный	0,08	0,0006
1.6	Хлориды	0,057	0,004	1.6	Хлориды	0,057	0,004
1.7	СПАВ	0,177	0,00002	1.7	СПАВ	0,177	0,00002
1.8	Фосфат	0,006	0,003	1.8	Фосфат	0,006	0,0003
1.9	Железо	0,003	0,0002	1.9	Железо	0,003	0,0002
1.10	Ил	14 096,296	37,3	1.10	Активный ил	14 096,296	37,39
1.11	Прирост ила	0,569	0,33	1.11	Избыток ила	551,4	0,001
Итого:		37593,184	100	Итого:		37593,184	100

Из данных таблицы 3, в которой представлены показатели содержания взвешенных веществ на входе и выходе во вторичный отстойник, мы можем сделать вывод, что очистка на данном аппарате не в полной мере удовлетворяет нормативам содержания загрязняющих веществ. Нормативные значения, по содержанию загрязняющих веществ в сточной воде представлены

в таблицы 4. В таблице 5 представлены допустимые значения загрязняющих веществ в сточных водах.

Таблица 5 – Максимальное допустимое значений концентраций загрязняющих веществ в сточных водах

Наименование вещества	Единица измерения	Максимально допустимое значение нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, установленных в целях предотвращения негативного воздействия на работу централизованных систем водоотведения	Коэффициент воздействия загрязняющего вещества или показателя свойств сточных вод на централизованные системы водоотведения
Взвешенные вещества	мг/дм ³	300	0,7
БПК ₅	мг/дм ³	300 (500)	0,7
ХПК	мг/дм ³	500 (700)	0,7
Азот общий	мг/дм ³	50	0,7
Фосфор общий	мг/дм ³	12	0,7
Хлор и хлорамины	мг/дм ³	5	1

При сравнении показателей нормативных значений и значений, полученных на вторичном отстойнике, можно прийти к выводу, что:

- Содержание взвешенных веществ на выходе не превышает максимального допустимого значения нормативных показателей, но слишком высокое. При пересчете нормативного значения содержания взвешенных веществ на кг/ч, с учетом того, что расход воды составляет 33 593,181 кг/ч, содержание по нормативным показателям должно быть не более 11,3 кг/ч.

Очистка минимальная;

- Содержание азота и фосфора на выходе практически нулевое;
- Содержание хлоридов не максимального допустимого значения.

2.3 Определение содержания взвешенных веществ в промышленных стоках на ПАО «КуйбышевАзот»

Для оценки содержания взвешенных веществ в сточной воде корпуса № 2040 цеха № 39 предприятия ПАО «КуйбышевАзот» были проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях.

Лабораторные исследования по определению количества взвешенных веществ осуществляются по методике ПНДФ 14.1:2:4.254-2009. Методика определения взвешенных веществ основана на выделении их из пробы путем фильтрования воды через предварительно подготовленный бумажный или мембранный фильтр и определении веса осадка на фильтре, высушенного до постоянной массы при $(105 \pm 2 \text{ } ^\circ \text{C})$.

Для проведения лабораторных исследований необходимы такие приборы и материалы как:

- весы лабораторные с максимальной нагрузкой 210 г высокого класса точности по ГОСТ Р 53228;
- воронки лабораторные, В-56-80 ХС, В-75-110 ХС по ГОСТ 25336;
- колбы конические вместимостью 250 см³ по ГОСТ 25336;
- цилиндры мерные вместимостью 100 см³ по ГОСТ 1770, 2 класса точности;
- шкаф сушильный общелабораторного назначения, обеспечивающий температуру $(105 \pm 2 \text{ } ^\circ \text{C})$;
- эксикатор по ГОСТ 25336;
- вода дистиллированная по ГОСТ 6709 или для лабораторного анализа по ГОСТ Р 52501 (2-ой степени чистоты), (далее вода дистиллированная);

Для начала работы необходимо подготовить фильтры «Синяя лента». Фильтры складывают конусом по форме воронки, и промывают на воронке 250 - 300 см³ дистиллированной воды. Фильтры подсушивают на воздухе

досуха, вынимают из воронки, помещают в сложенном виде в сушильный шкаф при $(105 \pm 2)^\circ \text{C}$ и сушат не менее 2,5 часов.

Затем закрывают бюкс крышкой, охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Повторяют процедуру сушки, с выдержками в сушильном шкафу по 30 минут до тех пор, пока разница между двумя последними результатами взвешивания не будет превышать 0,5 мг. Значение массы бюкса с фильтром записывают в рабочем журнале после каждого взвешивания. Последний результат взвешивания используют для расчетов [26].

Подготовленные к анализу фильтры хранят в закрытом эксикаторе не более 7 дней. В течение указанного срока хранения повторное взвешивание фильтра перед фильтрованием не требуется. По окончании срока хранения фильтры высушивают ещё раз при $(105 \pm 2)^\circ \text{C}$ в течение 1 часа. Значение массы бюкса с фильтром записывают в рабочем журнале.

При работе с бумажным фильтром фильтр с осадком трижды промывают дистиллированной водой порциями по 10 см^3 .

Фильтр подсушивают на воздухе (2 - 3) часа и помещают в тот же бюкс, где проводилось предварительное взвешивание. Мембранный фильтр высушивают в течение 1 часа, а бумажный в течение 4 часов в сушильном шкафу при $(105 \pm 2)^\circ \text{C}$. Фильтр с бюксом охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Повторяют процедуру сушки до тех пор, пока разница между двумя последними результатами взвешиваниями не будет превышать 0,5 мг. Значения каждого взвешивания записывают в рабочий журнал.

В результате проведенного опыта было определено содержание взвешенных веществ в сточной воде с корпуса 2040 цеха №39 на ПАО «КуйбышевАзот» в количестве 0,1089 грамм на 100 миллилитров анализируемого раствора. По таблице 4, в которой указаны нормативные значения содержания взвешенных веществ, обнаружено превышение предельно допустимой концентрации в 2 раза.



Рисунок 2 - Сточная вода с корпуса 2040 (аэротенк) цеха №39 предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

Для удаления взвешенных веществ в анализируемой воде был подобран наиболее эффективный коагулянт в разделе 3.6

Глава 3 Оптимизация процесса очистки сточных вод цеха №39 предприятия ПАО «КуйбышевАзот»

3.1 Подбор коагулянта

Подбор коагулянтов (таблица 6) производится по методике «Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения» ГОСТ Р 51642-2000. Для сравнения эффективности очистки с применением коагуляции был проведен сравнительный анализ таких коагулянтов как полиоксихлорид алюминия (Polypacs-30 LF) и титан (III) хлористый ($TiCl_3$).



а) Полиоксихлорид алюминия б) Титан (III) хлористый

Рисунок 3 – Коагулянты, использованные в работе

Были приготовлены растворы данных коагулянтов в концентрации:

- Polypacs-30 LF – 4 г/л,
- $TiCl_3$ – 10 г/л.

В пробы воды по 100 мл были внесены коагулянты в объеме:

Таблица 6 – Объем коагулянтов использованных для анализа

Коагулянт	Объем анализируемой пробы, мл	Объем внесенного коагулянта, мл
Polypacs-30 LF		
1	100	2
2	100	3
3	100	4
4	100	10
TiCl₃		
1	100	1
2	100	2
3	100	3
4	100	4

После внесения в пробы анализируемой воды необходимой дозы коагулянтов, необходимо перемешивать пробы в течении 3 минут. После этого скорость перемешивания в течение 10 с плавно снижается и перемешивается еще в течении 15 мин. Далее мешалку и оставляем отстаиваться растворы на 30 мин.



Рисунок 4 – Анализируемые пробы воды с внесенными коагулянтами

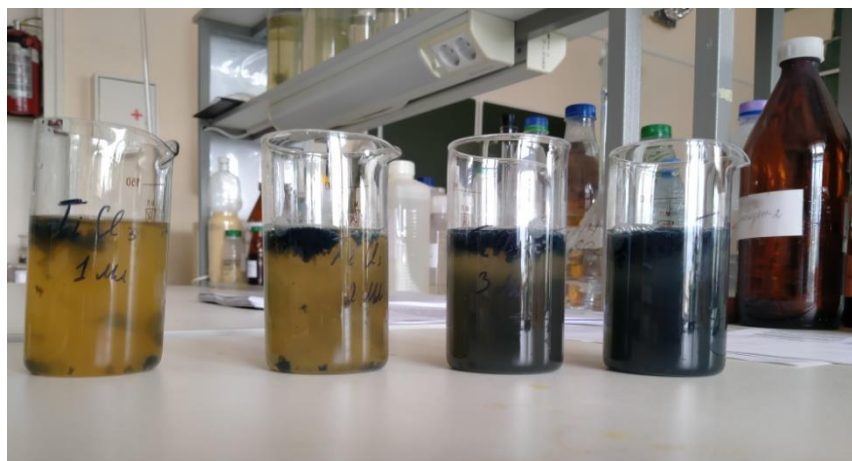


Рисунок 5 – Коагуляция титаном (III) хлористым

После отстаивания пробы фильтруют через предварительно подготовленные и доведенные до постоянной массы бумажные фильтры «синяя лента». После этого пробы фильтруют еще раз для определения содержания взвешенных веществ в воде после коагулирования и фильтрации.



Рисунок 6 - Прокоагулированные пробы воды после фильтрации



Рисунок 7 – Визуальное сравнение разницы очистки коагулянтами

После повторного высушивания фильтров с осадком было определено количество взвешенных веществ в анализируемой воде после очистки коагулянтами двух типов. Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты проведенного коагулирования пробы сточной воды

№	Масса взвешенных веществ в пробе воды после применения коагулянта Polypacs-30 LF, гр/л	Масса взвешенных веществ в пробе воды после применения коагулянта $TiCl_3$, гр/л	Нормативное значение содержания взвешенных веществ с сточной воде, гр/л
1	0,0199	0,0253	не более 0,3
2	0,0166	0,0247	
3	0,0228	0,0242	
4	0,0337	0,0216	

Из данных проведенных лабораторный исследований можно сделать вывод, что степень очистки от взвешенных веществ, достигаемая обоими коагулянтами соответствует нормативам ПДК. При этом очистка $TiCl_3$ является наиболее эффективной по сравнению с Polypacs-30 LF. Также расход

данного коагулянта в несколько раз меньше, чем расход полиоксихлорида алюминия:

- 1) Расход Polypacs-30 LF – 17 л/сутки;
- 2) Расход $TiCl_3$ – 3,6 м³/сутки.

Кроме того, что данный коагулянт является наиболее эффективным, по сравнению с полиоксихлоридом алюминия, он не представляет опасности, так как относится к 4 классу опасности. Так же нет необходимости удалять его из очищенных стоков.

3.2 Расчет рециркуляционной схемы флотации с применением реагентов

Расчет напорного флотатора – отстойника производился по «Руководству по проектированию и расчету флотационных установок для очистки сточной воды» 1978 г.

Флотатор

Расход сточных вод при схеме с 50% - ной рециркуляцией

$$Q = 37\,593,181 + 37\,593,181 \cdot 0,5 = 56\,389,772 \text{ кг/ч}$$

Рециркуляционный расход – 28 194,89 кг/ч

Площадь флотатора:

Производительность флотатора 200 м³/ч.

Нагрузка на поверхность флотатора - 5 м³/(м²·ч).

$$F = \frac{200}{5} = 40 \text{ м}^3 \quad (12)$$

Принимаем 1 флотатор диаметром 15 м.

Насосная станция

В насосной станции устанавливаются 3 группы насосов, напорные баки, эжекторы.

Насосы предусмотрены для подачи сточной воды на флотацию, для подачи рециркуляционного расхода, для откачки осадка из флотатора.

Напорные баки (сатураторы)

Объем баков определяется исходя из 1-минутного пребывания в них сточных вод при рабочем давлении 5 атм.

При рециркуляционном расходе 28 194,89 м³/ч необходимый объем баков составит:

$$W = \frac{28\,194,98 \cdot 1}{60} = 470 \text{ м}^3$$

Количество воздуха, необходимое для насыщения сточных вод, составляет 9 % общего расхода обрабатываемой воды и будет равно:

$$q = \frac{28\,194,98 \cdot 9}{100} = 2\,538 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Для подачи воздуха во всасывающую трубу насоса принимается эжектор ЭВ-100-48 (типовой проект Т-2094).

Подбор насосного оборудования

– насосы, подающие сточные воды на флотацию:

Расход сточных вод 37 593,181 м³/ч = 10 443 л/с

$$H = h_1 + h_i + h_{\text{н.с.}} + h_{\text{расх.}} \quad (13)$$

где H - требуемый напор насоса;

h_1 - геометрическая высота нагнетания 5 (4);

h_i - потери напора по длине (м);

$h_i = 1,2il$

где 1,2 - коэффициент запаса на местные сопротивления при $q = 10\ 443$ л/с, $l = 50$ м, диаметр $d_y = 800$ мм, потери напора на $100i = 0,35$, скорость движения воды $v = 1,4$ м/с.

$$h_i = 1,2 \cdot \frac{0,36}{100} \cdot 50 = 0,21 \text{ м}$$

$h_{н.о.}$ – потери напора в насосной станции 2 (см);

$h_{расх.}$ – потери напора в расходомере 1,5 м

$$H = 5 + 0,21 + 2 + 1,5 = 8,71$$

Принимаем 2 рабочих и 1 резервный насосы марки Д -1250 – 14 м³/ч напором 14 м, с электродвигателем типа ВАО – 92-6 N = 75 кВт, n= 980 об/мин.

– насос для подачи рециркуляционного расхода:

Расход сточных вод $Q = 28\ 194,89$ м³/ч = 7 832 л/с

$$H = h_1 + h_i + h_{н.с.} + h_{расх.} + h_{насыш.} \quad (14)$$

где H - требуемый напор насоса;

h_1 - геометрическая высота нагнетания 6 (4);

h_i - потери напора по длине (м);

$$h_i = 1,2il$$

где 1,2 - коэффициент запаса на местные сопротивления при $q = 7\ 832$ л/с, $t = 20$ м; диаметр $d_y = 500$ мм, потери напора на $100i = 0,32$, скорость движения воды $v = 1,7$ м/с.

$$h_i = 1,2 \cdot \frac{0,32}{100} \cdot 20 = 0,08 \text{ м} \approx 0,1 \text{ м}$$

$$H = 6 + 0,1 + 2 + 1,5 = 9,6 \text{ м}$$

Принимаем 1 рабочий и 1 резервный насосы марки Насос 1Д 200 - 90 м³/ч , производительностью 200 м³/ч напором 90 м, с электродвигателем типа АИР250М2 N = 90 кВт, n= 2 900 об/мин.

1) Приемный резервуар

Емкости приемный резервуаров до флотации и после флотации определяется исходя из 5-10 минутной производительности насосов:

$$W = \frac{200 \cdot 5}{60} = 17 \text{ м}^3$$

Принимаем резервуар емкостью 50 м³ (типовой проект № 902-2-288)

Резервуар для сбора пены принят емкостью

Камера смешения и распределения

В камере смешения и распределения происходит смешение основного расхода воды с рециркуляцией и распределением смешанного потока на флотатор.

Камера смешения работает по принципу гидроэлеватора и рассчитывается как гидроэлеватор,

Камера смешения.

Расход сточных вод 37 593,181 кг/ч = 10 443

Рециркуляционный расход 5 217 л/с;

Общий расход смеси составит

$$Q = Q_p + Q_{bc} \quad (15)$$

где Q_p - расход рабочей жидкости - 5 217 л/с;

Q_{bc} - расход всасывающей жидкости - 10 443 л/с,

отсюда.

$$Q = 5 217 + 10 443 = 15 660 \text{ л/с}$$

Коэффициент подсоса

$$q = \frac{Q_{\text{вс}}}{Q_p} = \frac{10\,443}{5\,217} = 2$$

Оптимальное соотношение давлений

$$\beta = \frac{2}{\varphi_0^2} (1 + \varepsilon) \left(1 + \sqrt{1 - \frac{\varphi_0^2}{1 + \varepsilon}} \right) - 1 \quad (16)$$

где φ_0 – коэффициент скорости для сопла = 0,9;

$\varepsilon = 0,3$ – коэффициент местного сопротивления в диффузоре (при $\alpha=15^\circ$).

$$\beta = \frac{2}{0,9^2} (1 + 0,3) \left(1 + \sqrt{1 - \frac{0,9^2}{1 + 0,3}} \right) - 1 = 4,2$$

Оптимальное соотношение площадей сечений горловин и сопла при этом должно быть

$$m_{\text{опт}} = \frac{F_2}{F_1} = \varphi_0^2 \quad (17)$$

$$\beta = 0,9^2 \cdot 4,2 = 3,4$$

d_2 - диаметр горла;

d_1 – диаметр сопла;

Принимаем $d_2 = 500$ мм

$$\frac{0,5^2}{d_i^2} = 3,4$$

$$d_i = \sqrt{\frac{0,5^2}{3,4}} = \sqrt{0,074} \approx 27 \text{ см} = 27 \text{ мм}$$

(Принимаем $d_i = 300 \text{ мм}$)

Длина камеры смешения

$L_{\text{см}} = 5/8$ при $d_2 = 500 \text{ мм}$ $L_{\text{н.о.м.}} = 3 \text{ м}$

Длина диффузора

$$L_d = \frac{d_{\text{тр}} - d_2}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \quad (18)$$

где $d_{\text{тр}} = 800 \text{ мм}$ – диаметр трубы, к которой присоединяется диффузор;

$\alpha = 15^\circ$ - угол конусности диффузора;

$$L_d = \frac{0,8 - 0,5}{2 \operatorname{tg} 7} = 1,23$$

Принимаем за 1,25

Расчет шайб гашения напора:

Диаметр шайб определяется по формуле

$$h = \varepsilon \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad (19)$$

где $h = 50 - 5 = 45 \text{ (м)}$

где 50 – давление в трубопроводе до шайбы (м);

5 – давление в трубопроводе после шайбы (м);

$$\varepsilon = \frac{\omega}{\omega_2^2}$$

где ω_2 – площадь сечения трубопровода диаметром 300 мм -0,071 м²;
 v_2 - скорость в трубопроводе диаметром 300 м.м при расходе 5 217 (л/с
составляет) $v_2 = 7,4$ м/с;

$$\varepsilon = \frac{2gh}{v_2^2} = \frac{2 \cdot 9,8 \cdot 45}{7,4^2} = 16,1$$

По табл. 3 - 22 Справочника по гидравлическим расчетам, при $\varepsilon=16,1$

$$\frac{\omega}{\omega_2^2} = 0,08$$

тогда $\omega = 0,8$, $\omega_2 = 0,8 \cdot 0,071 = 0,0568$

Диаметр шайб будет:

$$d_{ш} = \sqrt{\frac{\omega}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0568}{3,14}} = 0,27 \text{ м} = 270 \text{ мм}$$

На рисунке 8 представлен пример принципиальной схемы камеры смешения воды с реагентами.

Расход сточных вод - 37 593,181 м³/ч.

Количество камер – 2 шт.

Объем смесителя определяется из расчета 2 – минутного пребывания в нем сточных вод:

$$W = \frac{37\,593,181}{2} \cdot \frac{2}{60} = 627 \text{ м}^3$$

При глубине камеры $H = 3,5$ м рассчитывается площадь камеры:

$$F = \frac{627}{3,5} = 180 \text{ м}^2$$

Ширина камеры 5 м, длина 2,86 м.

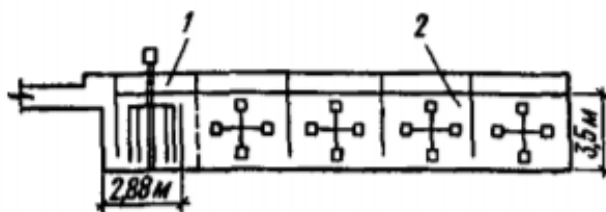


Рисунок 8 – Схема камеры смешения

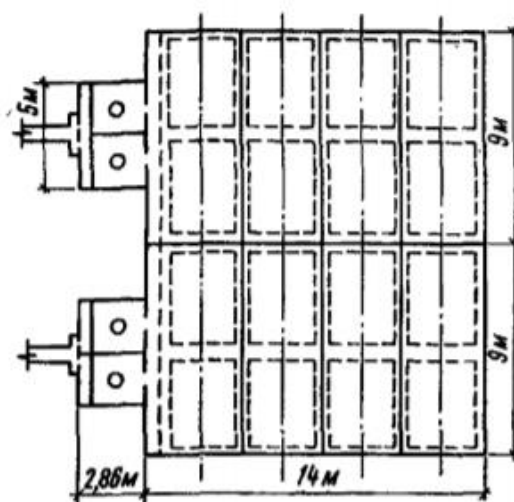


Рисунок 9 – Камера хлопьеобразования

Расчет мешалок

В камере имеются 2 вертикальные оси с одной мешалкой (m) на каждой. Каждая мешалка имеет 4 лопасти (p). Радиус вращения лопасти 1,2 м. Размеры лопасти: длина $l = 2,5$ м, ширина $b = 0,25$ м.

Площадь лопастей, находящихся в поперечном сечении камеры:

$$f = lb p/2 = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 2 = 1,25$$

Площадь поперечного сечения смесителя:

$$f_1 = 3,5 \cdot 2,86 = 10,01 \text{ м}^3$$

Отношения площади лопастей к площади поперечного сечения

$$\frac{f}{f_2} \cdot 100 = \frac{1,25}{10,01} = 12,5\%$$

т.е. менее предельной величины – 15-20 %.

Относительная скорость движения лопастей:

$$v_1 = \frac{n \cdot 2\pi R \frac{\Delta v}{v}}{60} \quad (20)$$

где $\frac{\Delta v}{v} = 0,75$ – отношение разности скоростей к скорости движения лопасти;

R – радиус вращения 1,2 м;

n – скорость вращения лопасти;

$$v_1 = \frac{n \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,75}{60} = 0,094 \text{ м/с}$$

Мощность, необходимая для перемещения одной лопасти, определяется по формуле КЭМПА

$$N = 51 \cdot C_d \cdot A \cdot v^3, \text{ кг} \cdot \text{м/с} \quad (21)$$

где C_d - коэффициент сопротивления воды 1,5;

A - площадь лопасти - $1,25 \cdot 2 \cdot 2 = 5 \text{ м}^2$

$$N = 51 \cdot 1,5 \cdot (0,094)^3 = 0,32 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$W = \frac{N}{V} = \frac{0,32 \cdot n^3}{40} = 0,0080n^3$$

Критерий работы камеры

$$G = 10 \sqrt{\frac{W}{\mu}} \quad (22)$$

где μ - абсолютная вязкость воды 0,01005 (пз.)

$$G = 10 \cdot \frac{0,0080n^3}{0,01005} = 150 \text{ с}^{-1}$$

$h^3 = 256$ ($n=6$ об/мин).

При этом $N = 1,4$ кВт

Камера хлопьеобразования

Принципиальная схема камеры хлопьеобразования представлена на рисунке 9.

Количество камер – 2 шт.

Расход воды на одну камеру равен $18\,796,591 \text{ м}^3/\text{ч}$;

Объем камеры определяется из расчета 20 – минутного пребывания в ней сточных вод

$$W = 18\,796,591 \cdot \frac{20}{60} = 6\,266 \text{ м}^3$$

Принимаем глубину камеры $H = 5,5$ м

$$F = \frac{6\,266}{5,5} = 1\,139 \text{ м}^3$$

Принимаем длина камеры - 14 м, ширина камеры 9 м.

Устанавливаем 4 горизонтальные оси с 3 мешалками на каждой оси.

Радиус вращения лопасти 1,45 м (расчет мешалок аналогичен расчету их для камеры смешения)

Каждая мешалка имеет 4 лопасти. Размеры лопастей длина $l = 2,5$ м, ширина $b = 0,25$ м.

Площадь поперечного сечения камеры

$$F = 3,5 \cdot 14 = 49 \text{ м}^2$$

$$\frac{f}{F} 100 = \frac{3,74}{49} = 7,5\% < 15\%$$

$$f = lb p/2 = 2,5 \cdot 0,25 \cdot 3 \cdot 2 = 3,74$$

Относительная скорость вращения

$$v = \frac{n \cdot 2\pi R \frac{\Delta v}{v}}{60} = \frac{n \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,45 \cdot 0,75}{60} = 0,0114n$$

Общая площадь лопастей $A = \sum f$

$$A = 3,74 \cdot 4 \cdot 2 = 30$$

Расход мощности для вращения

$$N = 51C_d A v^2 = 51 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 0,0114n = 3,4n^2$$

Удельный расход мощности:

$$W = \frac{N}{V} = \frac{3,4n^2}{400} = 0,0085n^2$$

$$G = 10 \sqrt{\frac{W}{\mu}} = 10 \sqrt{\frac{0,0085n^2}{0,01005}} = 25c^{-1}$$

где $n = 2$ об/мин;

μ – абсолютная вязкость воды ($\mu = 0,01005$);

G – критерий работы мешалок;

b – скорость вращения;

N – 0,3 кВт

Реагентное хозяйство

Реагентное хозяйство состоит из баков хранения и расходных баков для кислоты или щелочи и для хранения коагулянта. Концентрация рабочих растворов – 5%-ный раствор реагентов (щелочь, кислота)

Доза раствора подготавливается на одни сутки. В качестве коагулянта используется $TiCl_3$ дозой 4 мл/л. Суточный расход 15% - го раствора коагулянта 3,6 м³/сутки.

коагулянт хранится в резервуарах мокрого хранения в расходных баках

Принимаем время хранения при максимальном расходе коагулянта 15 суток, тогда объем емкости для хранения коагулянта составит:

$$W_p = 3,6 \cdot 15 = 54 \text{ м}^3$$

Принимаем 2 бака - хранилища, емкость каждого из которых составляет 28 м³, с размерами в плане 4×3×2 м.

При мокром типе хранения коагулянта, объем расходных баков составит:

$$W = \frac{q \cdot D_k \cdot t}{10\,000 \cdot v \cdot \gamma} \quad (23)$$

где q - часовая производительность станции ($200 \text{ м}^3/\text{ч}$);

t – время, на которое заготовлен коагулянт (продолжительность смены 8 часов);

D_k – доза коагулянта (3600 мл/час)

v – процентная концентрация раствора коагулянта – 15 %

$$W = \frac{200 \cdot 8 \cdot 3600}{10\,000 \cdot 15 \cdot 1} = 38,4 \text{ м}^3$$

Минимальное количество расходных баков - не менее 2-х. В эксплуатацию принимаем 3 расходных бака емкостью 20 м^3 , один из которых является резервным. Дно бака имеет уклон не менее 0,010.

Конфигурация баков в плане принята квадратной. Соотношение высоты H , м, и размера стороны в плане B , м, принято $H/B = 3/2$, поэтому высота и сторона в плане были определены по формулам

$$H = \sqrt{\frac{9 \cdot W}{4}} \quad (24)$$

$$B = \sqrt{\frac{2 \cdot W}{3}} \quad (25)$$

Для баков хранилищ:

$$H = \sqrt{\frac{9 \cdot 28}{4}} = 8 \text{ м}$$

$$B = \sqrt{\frac{2 \cdot 28}{3}} = 4,4 \text{ м}$$

Для расходных баков:

$$H = \sqrt{\frac{9 \cdot 20}{4}} = 7 \text{ м}$$

Чертеж предлагаемого напорного флотатора – отстойника предоставлен в приложении А на странице 70 данной выпускной квалификационной работы.

3.3 Расчет материального баланса флотатора-отстойника

Количество сточной воды Q , поступающей на флотатор – 37 593,181 м³/ч.

Масса взвешенных веществ до очистки $C_{в.в.} = 7,238$ кг/ч.

Коэффициент очистки фильтра $\omega_{в.в.} = 0,97$, значит рассчитаем массу взвешенных веществ после очистки по формуле 3.15:

$$m'_{в.в.} = \omega_{в.в.} \cdot m_{в.в.}, \text{ кг/ч} \quad (26)$$

где $\omega_{в.в.}$ – коэффициент очистки фильтра, масс. %;

$$m'_{в.в.} = 0,97 \cdot 7,283 = 7,021 \text{ кг/ч}$$

Рассчитаем массу взвешенных веществ, которые остались в воде по формуле 3.16:

$$m_{2в.в.} = m_{1в.в.} - m'_{в.в.}, \text{ кг/ч} \quad (27)$$

$$m_{2в.в.} = 7,238 - 7,021 = 0,217 \text{ кг/ч}$$

После очистки с применением коагулянта $TiCl_3$, масса взвешенных веществ в воде стала 0,0000216 кг/л, то есть, на выходе расход взвешенных веществ в час составляет 0,812 кг/ч [27], [28], [29], [30], [31].

Результаты расчета приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчета материального баланса флотатора [32].

Наименование	Приход (кг/час)	Расход (кг/час)
Сточная вода:	37593,181	37 593,181
Взвешенные вещества	7,238	0,812
Итого:	37598,652	37593,993

Таким образом, в результате проведенной работы определено, что преимуществами технологии очистки сточных вод с применением напорного флотатора-отстойника является то, что степень очистки от взвешенных веществ в отстойнике на выходе составляет 5,138 кг/час в сточной воде, а на флотаторе в пене содержится 6,426 кг/час.

То есть в сточной воде флотационной установки содержание взвешенных веществ практически нулевое. При этом объем воды на выходе остается неизменным [33].

Заключение

Исследуемые в данной работе вопросы являются наиболее значимыми для процесса очистки промышленных сточных вод на предприятии химической промышленности ПАО «КуйбышевАзот». Для модернизации технологической линии очистки было необходимо проанализировать справочники наилучших доступных технологий (НДТ).

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были выполнены следующие задачи:

- проанализированы существующие методы очистки сточных вод;
- проведен патентный поиск и подобран патент, на основе которого строится дальнейшая работа;
- проанализирован принцип работы очистных сооружений цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот»;
- проведены лабораторные исследования по определению содержания взвешенных веществ в сточной воде корпуса 2040 цеха №39;
- проведены расчеты параметров предлагаемого напорного флотатора - отстойника и его материального баланса;
- предложен метод по повышению эффективности очистки сточных вод на ПАО «КуйбышевАзот».

По результатам выполнения поставленных задач предложены меры по повышению качества очистки сточных вод от взвешенных веществ на очистных сооружениях цеха №39 ПАО «КуйбышевАзот».

Предложен метод напорной флотации по патенту RU 2386590C1 после аэротенка и вместо вторичного отстойника для наиболее эффективной очистки.

На основании проделанной работы и приведенных выше доводов, можно сказать, что в выпускной квалификационной работе поставленные задачи были выполнены.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Аким Э.Л. Способ очистки сточных вод напорной флотацией 2008 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37655459>
2. Антонова Н.В. Разработка технического решения для подготовки стоков в контрольной емкости на стадии доочистки на примере предприятия ПАО «КуйбышевАзот» // Бакалаврская работа, 2016 г.; Белевцев А.Н. Теоретические основы защиты окружающей среды. Охрана водного бассейна в металлургии: учебное пособие/А.Н. Белевцев, М.А. Белевцев, Л.А. Мирошкина – Москва: МИСИС 2007 г. 103 с.;
4. Варакин Е.А. Окислительная способность активного ила при очистке сточных вод производства сульфатной целлюлозы 2016 г. 117 с.;
5. Воропеева Н.Ю., Шлёкова И.Ю. Интенсификация процесса денитрификации при биологической очистке сточных вод/ Научная статья 2018 г.
6. Григорьева И. Ю. Основы природопользования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / И. Ю. Григорьева. Москва : ИНФРА-М, 2018. 336 с. : ил. (Высшее образование. Бакалавриат). ISBN 978-5-16-005475-9;
7. Дорошкевич С.Г. Влияние органоминеральных удобрительных смесей на основе осадков сточных вод и цеолитов на агрохимические свойства аллювиальной дерновой почвы, 2002 – 5-10 с.;
8. Дягилева А.Б. Установки, системы и оборудования для очистки воды, учебное пособие, 2006;
9. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Очистка и кондиционирование природных вод. Том 2 / М.Г. Журба. М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2016. 538 с.
10. Зарубин М.П. Флотатор-отстойник. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=378893312002> г
11. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007. – 508 с.;

12. Инженерная экология литейного производства: учебное пособие/ А.Н. Болдин, А.И. Яковлев, С.Д. Тепляков, А.А. Шпектор – Москва: Машиностроение, 2010, 276 с.;
13. Информационно – технический справочник по наилучшим доступным технологиям Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях, 2015 г. 24 с.; Каракеян В. И. ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ ДЛЯ СПО, 2016;
15. Кичигин, В.И. Моделирование процессов очистки воды. Гриф МО РФ / В.И. Кичигин. М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2017. 491 с.;
16. Конференция 2016 ВУиТ [Электронный ресурс]. URL: <http://vuit.ru/science/studscience/vuitconfpack/Студ.%20КОНФЕРЕНЦИЯ-2016%20Г..pdf> ;
17. Луканин А. В. Инженерная экология [Электронный ресурс] : процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков : учеб. пособие / А. В. Луканин. Москва : ИНФРА-М, 2017. 605 с. : ил. (Высшее образование. Бакалавриат). ISBN 978-5-16-012132-1;
18. Материалы студенческих научно-практических конференций // Всероссийская научно-практическая конференция аспирантов, студентов и учащихся школ. Региональная студенческая научно-практическая конференция. Тольятти: Волжский университет им. В.Н. Татищева, 2016. 362 с.;
19. Общая химическая технология: основные концепции проектирования химико-технологических систем : учебник / И. М. Кузнецова [и др.] ; под ред. Х. Э. Харлампиди. Изд. 2-е, перераб. Санкт-Петербург : Лань, 2014. 380 с. : ил.;
20. Орлов А., Методы предварительной, финишной и глубокой очистки воды: моногр. / Орлов Алексей , Сергей Образцов und Сергей Тимченко. М.: LAP LambertAcademicPublishing, 2015. 220 с.;

21. Основы природопользования и энергоресурсосбережения: учебное пособие / В. В. Денисов [и др.] ; под ред. В. В. Денисова. Санкт-Петербург : Лань, 2018. 408 с. : ил;
22. Портал информационно образовательных ресурсов [Электронный ресурс] URL: <https://study.urfu.ru/>
23. Постоянный технологический регламент цеха №39 установки нитриденитрификации промышленных стоков;
24. Поточилон В.А Пособие для технолога очистных сооружений.
25. Сидорова Л.П., Снигирева А.Н. «Очистка сточных и промышленных вод», 2017;
26. Шалимов Ю.Н., Руссу А.В., Епифанов А.В., Епифанов В.Д., Лутовац М., Бабкин В.Д., Евсеев Е.П. Микробиология сточных вод очистных сооружений, Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций 2016. № 11 (7)., с. 366374;
27. Advanced Wastewater Treatment Technologies 2016 г. URL: http://www.gcpcenvis.nic.in/Books/Advanced_Wastewater_Treatment_Technologies.pdf
28. Condorchem envitech [Электронный ресурс] URL: <https://condorchem.com/en/industrial-wastewater-treatment> (дата обращения 25.05.2021 10:35)
29. European commission [Электронный ресурс] URL: https://ec.europa.eu/environment/water/water-urbanwaste/index_en.html (дата обращения 25.05.2021 11:10)
30. Minnesota pollutioncontrol agency Wastewater treatment technology 1997 г. [Электронный ресурс] URL: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-wwtp8-23.pdf> (дата обращения 25.05.2021 11:15);
31. Research Gate [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/344382388_Wastewater_Treatment_Plan

ts_in_Libya_Challenges_and_Future_Prospects (дата обращения 30.05.2021 13:57)

32. Wikipedia [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_Japan#Wastewater_treatment_and_sanitation (дата обращения 24.05.2021 11:10);

33. Wikipedia [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Water_supply_and_sanitation_in_the_United_States#Wastewater_treatment (дата обращения 24.05.2021 12:05).

Приложение А

Чертеж предлагаемого напорного флотатора-отстойника

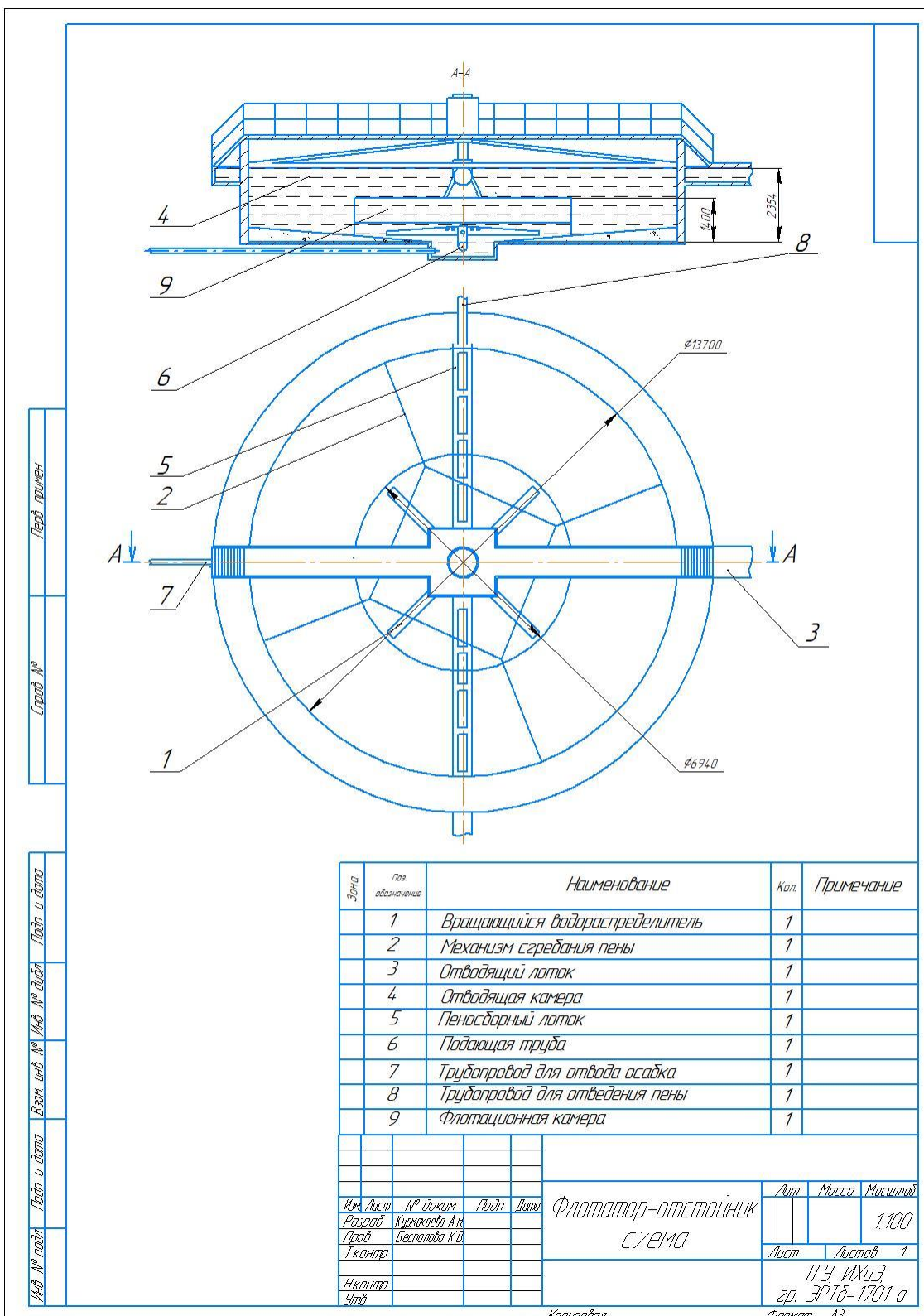


Рисунок А 1. - Чертеж флотатора