

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 Оптимизация технологии очистки сточных вод цех№39 ПАО
«Куйбышевазот»

Обучающийся

М.С. Кадетов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Ю.В. Чариков

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

Работа посвящена оптимизации процесса очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот". Основной целью исследования является сокращение потребления природных ресурсов, таких как артезианская вода, и повышение эффективности технологических процессов с использованием очищенной сточной воды.

В работе рассмотрены основные этапы очистки сточных вод химических предприятий, особенности ливневых сточных вод, а также современные технологии очистки, включая коагуляцию, флотацию, адсорбцию и биологическую очистку. Анализ существующих проблем и решение использования флотореагентов и коагулянтов для приготовления растворов, требующих высококачественной воды, выявил необходимость улучшения качества очищенной сточной воды.

Предложенное техническое решение включает доведение части очищенной сточной воды до необходимых стандартов с помощью современных методов очистки. Это позволит заменить артезианскую воду, снизить эксплуатационные затраты и уменьшить объем сточных вод, направляемых на последующую очистку.

В расчетной части работы выполнены необходимые расчеты, подтверждающие эффективность и целесообразность предложенного решения, включая материальный баланс и конструктивный расчет ионообменной установки.

В результате исследования были достигнуты поставленные цели: оптимизация процесса очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот" с использованием современных технологий, что обеспечит экологическую устойчивость и рациональное использование природных ресурсов.

Содержание

Введение.....	4
1 Аналитическая часть.....	6
1.1 Очистка сточных вод предприятий химической промышленности.....	6
1.2 Характерные особенности ливневых сточных.....	8
1.3 Технологии, применяемые для очистки сточных вод.....	11
2 Технологическая часть	13
2.1 Общая характеристика производства.....	13
2.2 Описание технологической схемы.....	15
2.3 Выбор и обоснование технического решения.....	41
3 Расчетная часть.....	46
3.1 Материальный баланс.....	46
3.2 Конструктивный расчет ионообменной установки.....	49
Заключение	58
Список используемой литературы и используемых источников.....	59

Введение

Современные промышленные предприятия сталкиваются с важной задачей – эффективной очисткой сточных вод, которая направлена на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и рациональное использование водных ресурсов. В условиях усиления экологических требований и ограниченности природных ресурсов, оптимизация процесса очистки сточных вод приобретает все большее значение. Настоящая дипломная работа посвящена исследованию и совершенствованию технологии очистки сточных вод на примере локальных очистных сооружений ливневых сточных вод промышленного предприятия ПАО "Куйбышевазот".

ПАО "Куйбышевазот" – одно из ведущих предприятий химической промышленности России, производящее широкий спектр продукции, включающей минеральные удобрения, капролактамы, аммиак и другие химические вещества. Деятельность предприятия сопровождается образованием значительных объемов сточных вод, требующих тщательной очистки перед сбросом в водные объекты или повторным использованием в производственных процессах.

«Объектом исследования данной работы являются локальные очистные сооружения, предназначенные для очистки ливневых сточных вод ПАО "Куйбышевазот"» [2]. Технологический процесс очистки включает несколько этапов: первичное удаление механических примесей, биологическую очистку в аэротенках, а также последующее отстаивание в отстойниках. «Очищенная на локальных сооружениях вода передается на более крупные очистные сооружения для окончательной доочистки. Отделенные осадки сточных вод подвергаются центрифугированию и вывозятся на утилизацию» [10].

Одним из ключевых аспектов процесса очистки является использование флотореагентов и коагулянтов, для приготовления растворов которых требуется вода повышенного качества. В настоящее время для этой цели используется артезианская вода, что приводит к дополнительным затратам и потреблению

природных ресурсов. В рамках данной работы предлагается инновационное решение: часть воды, полученной при очистке сточных вод, доводить до необходимых требований и использовать в процессе приготовления растворов флотореагентов и коагулянтов. Это позволит отказаться от использования артезианской воды и сократить объем воды, передаваемой на последующую очистку, на 2%.

Целью дипломной работы снижение потребления природных ресурсов и повышение эффективности очистки.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи

- проанализировать технологическую схему используемого процесса очистки
- предложить и обосновать техническое решение по оптимизации процесса
- выполнить расчеты технологического оборудования

«Оптимизация процесса очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот" позволит не только улучшить экологические показатели предприятия, но и продемонстрировать возможность рационального использования водных ресурсов в промышленности, что является важным шагом на пути к устойчивому развитию» [15].

1 Аналитическая часть

1.1 Очистка сточных вод предприятий химической промышленности

Очистка сточных вод является важной и неотъемлемой частью деятельности предприятий химической промышленности. Производственные процессы на таких предприятиях часто сопровождаются образованием значительных объемов сточных вод, содержащих разнообразные загрязняющие вещества, включая органические и неорганические соединения, тяжелые металлы, масла и жиры, а также специфические химические вещества, характерные для данного производства. Эффективная очистка сточных вод необходима для минимизации негативного воздействия на окружающую среду и обеспечения соответствия требованиям экологических нормативов.

«Сточные воды химических предприятий можно классифицировать по происхождению и составу загрязнений» [18]:

- производственные сточные воды: образуются непосредственно в технологических процессах. Они могут содержать широкий спектр загрязнителей, включая органические и неорганические вещества, кислоты, щелочи, соли, тяжелые металлы и специфические химические соединения;

- ливневые сточные воды: формируются при осадках, смывающих загрязнители с территории предприятия. Ливневые сточные воды могут содержать масла, органические вещества, взвешенные частицы и другие загрязнители;

- бытовые сточные воды: образуются в результате жизнедеятельности персонала и включают органические вещества, детергенты и другие бытовые загрязнители.

«Процесс очистки сточных вод химических предприятий включает несколько этапов, направленных на удаление различных видов загрязнителей» [19].

Первоначально осуществляется механическая очистка. На этом этапе происходит удаление крупных взвешенных частиц и механических примесей с помощью решеток, сит и отстойников. Механическая очистка является первым и обязательным этапом, подготавливающим сточные воды для последующих стадий очистки.

Далее идет этап реагентной химической очистки. Он применяется для удаления растворенных неорганических и органических веществ. В химической очистке используются реагенты, такие как коагулянты и флотореагенты, которые способствуют агрегации и осаждению загрязнителей. Этот этап позволяет эффективно удалять тяжелые металлы и другие трудноокисляемые соединения.

Основным этапом является биологическая очистка. Суть ее заключается в использовании микроорганизмов для разложения органических загрязнителей. Биологическая очистка может осуществляться в аэротенках или биофильтрах и включает процессы активного ила, нитрификации и денитрификации.

«Также в зависимости от характера загрязняющих веществ может быть использована физико-химическая очистка, включающая использование методов сорбции, ионного обмена, ультрафильтрации и обратного осмоса для удаления остаточных загрязнителей. Эти методы позволяют достичь высокой степени очистки сточных вод» [26].

«Для специфических типов загрязнений, требующих особых методов обработки может быть применена термическая или электрохимическая технология очистки. Например, термическая деструкция используется для уничтожения особо опасных органических веществ» [22].

«Основными проблемами очистки сточных вод химических предприятий являются» [21]:

- высокая концентрация специфических загрязнителей требующих индивидуального подхода и использования специальных методов очистки;
- образование большого количества осадков, которые требуют утилизации или дальнейшей обработки;

- высокая стоимость оборудования и реагентов для очистки сточных вод.

К перспективным направлениям развития технологий очистки сточных вод можно отнести разработку более эффективных и экологически безопасных способов на новых физических принципах, автоматизацию процессов очистки для повышения их эффективности и надежности и внедрение технологий, позволяющих использовать очищенные сточные воды в производственных процессах, снижая тем самым потребление природных водных ресурсов.

«Очистка сточных вод предприятий химической промышленности является сложным и многогранным процессом, требующим применения комплексного подхода и использования передовых технологий» [23]. Оптимизация этих процессов не только способствует охране окружающей среды, но и позволяет предприятиям снижать затраты и повышать устойчивость их производства.

1.2 Характерные особенности ливневых сточных

Ливневые сточные воды (ЛСВ) представляют собой воды, образующиеся в результате атмосферных осадков, которые смывают различные загрязнения с поверхностей, расположенных на территории предприятия. Ливневые сточные воды отличаются специфическими характеристиками и составом, которые зависят от множества факторов, включая тип предприятия, характер его деятельности, климатические условия и сезонность. ЛСВ промышленных предприятий, таких как ПАО "Куйбышевазот", требуют особого внимания при проектировании и эксплуатации очистных сооружений.

Ливневые сточные воды образуются в результате смыва загрязнений с различных поверхностей, таких как:

- кровля и здания;
- промышленные площадки и склады;
- дороги и парковки;
- зеленые зоны и откосы.

Осадки смывают пыль, грязь, остатки химических веществ и другие загрязнения, которые могут накапливаться на крышах и стенах зданий.

На промышленных площадках и складах могут содержать остатки сырья, продукции, масел, топлива и других химических веществ, которые попадают в сточные воды при осадках.

Транспортные средства оставляют на дорогах и парковках масла, топливо и другие загрязнители, которые смываются дождевой водой.

При дождях с поверхностей зеленых зон и откосов смываются почва, органические вещества и удобрения.

Состав ливневых сточных вод промышленных предприятий может сильно варьироваться в зависимости от специфики производства и условий эксплуатации. Основные группы загрязнителей включают:

- механические примеси: взвешенные частицы, песок, глина и другие нерастворимые материалы.

- органические вещества: остатки масел, жиров, углеводов, растительные остатки и продукты разложения.

- химические соединения: остатки химических реагентов, топлива, масел, тяжелых металлов и других опасных веществ.

- биологические загрязнители: бактерии, вирусы, грибки и другие микроорганизмы, попадающие в сточные воды с органическими остатками.

«Очистка ливневых сточных вод на промышленных предприятиях требует учета их специфических особенностей и загрязнений. Основные этапы очистки включают» [24]:

- первичную механическую очистку

- физико-химическую очистку

- биологическую очистку

- дополнительную очистку

«Первичная (механическая) очистка включает удаление крупных взвешенных частиц и механических примесей с помощью решеток, сит и

песколовок. Этот этап позволяет снизить нагрузку на последующие этапы очистки» [25].

«Физико-химическая очистка заключается в использовании коагулянтов и флотореагентов для осаждения и удаления мелких взвешенных частиц и растворенных веществ. Этот метод позволяет эффективно удалять органические и неорганические загрязнения» [27].

«Биологическая очистка основана на применении микроорганизмов для разложения органических веществ. В условиях ливневых сточных вод биологическая очистка может быть ограничена из-за высокой вариативности состава загрязнений и кратковременности поступления воды» [11].

Дополнительная очистка включает использование методов сорбции, ультрафильтрации и других технологий для удаления остаточных загрязнителей и достижения требуемого качества воды.

Климатические условия и сезонность оказывают значительное влияние на состав и объем ливневых сточных вод. В периоды сильных дождей объем сточных вод может резко возрастать, что требует увеличения пропускной способности очистных сооружений. Весной и осенью возможно увеличение концентрации органических веществ и взвешенных частиц, связанных с листвой, пылью и прочими органическими остатками. Температурные колебания могут влиять на эффективность биологических процессов очистки и скорость химических реакций.

Ливневые сточные воды промышленных предприятий, таких как ПАО "Куйбышевазот", представляют собой сложную смесь различных загрязнителей, требующую комплексного подхода к их очистке. Учитывая характерные особенности и вариативность состава ливневых сточных вод, разработка и внедрение эффективных технологий очистки имеет ключевое значение для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития предприятия. Оптимизация этих процессов позволит не только снизить нагрузку на природные водоемы, но и сократить затраты на очистку сточных вод, способствуя более рациональному использованию ресурсов.

1.3 Технологии, применяемые для очистки сточных вод

Очистка сточных вод является критически важным процессом для промышленных предприятий, включая химические производства, такие как ПАО "Куйбышевазот". Эффективная очистка сточных вод необходима для предотвращения загрязнения окружающей среды и соблюдения экологических нормативов. В зависимости от состава и концентрации загрязнителей, а также специфических требований к качеству очищенной воды, применяются различные технологии очистки сточных вод. Эти технологии можно условно разделить на несколько категорий: механические, физико-химические, биологические и термические методы.

Механические методы направлены на удаление крупных взвешенных частиц и нерастворимых примесей. Основные механические методы включают:

- решетки и сита: используются для задержания крупных твердых частиц и мусора на начальной стадии очистки.
- песколовки: предназначены для осаждения песка и других тяжелых взвешенных частиц.
- отстойники: позволяют осажать взвешенные частицы путем гравитационного осаждения. В зависимости от конструкции могут быть горизонтальными, вертикальными или радиальными.

Физико-химические методы используются для удаления растворенных и мелкодисперсных загрязнителей. Основные физико-химические методы включают коагуляцию и флокуляцию, флотацию, адсорбцию и ионный обмен.

Биологические методы основаны на использовании микроорганизмов для разложения органических загрязнителей. Основные биологические методы включают аэробную очистку, анаэробную очистку.

Аэробная очистка - это процесс, при котором микроорганизмы разлагают органические вещества в присутствии кислорода. Основными конструкциями для аэробной очистки являются аэротенки и биофильтры.

Анаэробная очистка - процесс разложения органических веществ микроорганизмами в отсутствие кислорода. Применяется для обработки высококонцентрированных сточных вод и осадков.

Биологические пруды и лагуны открытые системы, в которых сточные воды очищаются под воздействием естественных биологических процессов.

Существуют методы применяемые для специфических загрязнителей, которые трудно удалить другими способами.

Термическая деструкция включает процессы сжигания или пиролиза для уничтожения особо опасных органических загрязнителей. Область его применения смешанные стоки содержащиеся широкий спектр токсичных веществ, переработка которых общепринятыми методами является не целесообразно.

При использовании электрохимической очистки загрязнители удаляются путем электролиза. Применяется он для удаления тяжелых металлов и других специфических соединений.

Современные технологии очистки сточных вод включают применение мембранных технологий, таких как ультрафильтрация, нанофильтрация и обратный осмос, которые позволяют достичь высокой степени очистки и удаления мельчайших загрязнителей. Также активно развиваются методы комбинированной очистки, сочетающие различные технологические подходы для повышения эффективности и надежности процессов очистки.

Вывод по разделу: Эффективная очистка сточных вод промышленных предприятий требует использования различных технологий, каждая из которых нацелена на удаление конкретных типов загрязнителей. Комбинирование и оптимизация этих технологий позволяют достигать высоких показателей очистки, обеспечивая соответствие экологическим стандартам и минимизируя воздействие на окружающую среду.

2 Технологическая часть

2.1 Общая характеристика производства

Объектом исследования являются канализационные очистные сооружения Копань, относящиеся к цеху №39 ПАО «Куйбышевазот»

Промливневые сточные воды Северного промузла должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1

Таблица 1 - Показатели принимаемого стока

Контролируемый параметр	Норма, единица измерения
рН	6,5-8,5 ед
Взвешенные вещества	н/б 13,86 мг/дм ³
Сухой остаток	н/б 1588 мг/дм ³
Фосфат-ион (по Р)	н/б 1,55 мг/дм ³
Карбамид	н/б 113,6 мг/дм ³
Сульфат-ион	н/б 830 мг/дм ³
Хлорид-анион	н/б 105,240 мг/дм ³
АСПАВ	н/б 0,092 мг/дм ³
нефтепродукты	н/б 1,42 мг/дм ³
Свинец	н/б 0,002 мг/дм ³
Медь	н/б 0,001 мг/дм ³
Цинк	н/б 0,242 мг/дм ³
Хром (VI)	н/б 0,040 мг/дм ³
Никель	н/б 0,001 мг/дм ³
Алюминий	н/б 0,057 мг/дм ³
Железо общее	н/б 0,749 мг/дм ³
Титан	н/б 0,01 мг/дм ³
Нитрит-ион	н/б 0,080 мг/дм ³
Нитрат-ион	н/б 108,5 мг/дм ³
Аммоний-ион	н/б 18,165 мг/дм ³
БПК (полн)	н/б 24,89 мг/дм ³
Метанол	н/б 0,1 мг/дм ³
Фторид-анион	н/б 0,1 мг/дм ³

В технологическом процессе используется коагулянт (полиоксихлорид алюминия) марка «Аква-Рас-30 ТУ 2163-004-72651045-2016, марка «Аква-

Аурат-30 ТУ 2163-069-00205067-2007, массовая доля оксида алюминия $30 \pm 3\%$.

Роль коагулянта при очистке воды заключается в осветлении воды в результате коагуляции. Осветление происходит в следствие нарушения равновесия коллоидной системы за счет уменьшения потенциала частиц, в результате чего образуются хлопья из загрязнений, содержащихся в воде и гидроокиси алюминия, и сорбции загрязнений образующимися хлопьями гидроокиси алюминия.

Необходимая доза коагулянта для осветления воды составляет $10 \div 27,7$ мг/л по оксиду алюминия.

Расчетный расход коагулянта по активному веществу (оксид алюминия Al_2O_3) при расходе $2400 \text{ м}^3/\text{час}$ составит $576 \div 1595,52$ кг/сут по оксиду алюминия

Полиоксихлорид алюминия представляет собой высокоэффективный неорганический коагулянт, образующий устойчивые соединения со многими неорганическими и органическими веществами.

Полиоксихлорид алюминия повышает скорость коагуляции коллоидных частиц органических и неорганических загрязнений, не подщелачивая воду и обеспечивает более высокое качество очистки воды без каких-либо отложений и с минимальным содержанием остаточного алюминия в воде.

Также применяется Флокулянт Zetag 8185. Реагент обеспечивает ускорение процесса флотации и упрощает процесс фильтрации тонкодисперсных примесей (за счет их объединения в относительно крупные макрохлопья), доставляется автотранспортом в мешках по 25 кг.

Относится к одним из наиболее эффективных средств оптимизации технологии очистки воды посредством более быстрого осаждения твердой фазы. Флокулянт Zetag 8185 представляет собой комплекс полиэлектролитов на водной основе, в которых массовая доля активного вещества достигает 50%. Для повышения эффективности реагента, он вводится в непосредственной близости от места флокуляции при постоянном и достаточно интенсивном

помешивании. При этом следует следить, чтобы турбулентность не разрушала сформированные хлопья.

Флокулянт Zetag 8185 является эффективным средством флотации и обезвоживания нефтешламов в нефтеперерабатывающей отрасли. Он обеспечивает быстрое обезвоживание и сгущение илистого осадка в системах коммунального водоснабжения.

Флокулянт Zetag 8185 востребован во многих отраслях промышленности, которые нуждаются в быстром выделении твердых фракций из водных растворов.

Готовой продукцией участка канализационных очистных сооружений являются очищенные сточные воды в количестве до 48 000 м³/сут.

Качество очищенных сточных вод (концентрация нормируемых загрязнений) должно соответствовать нормам, указанных в таблице 2:

Таблица 2 - Качество очищенных сточных вод на выходе КОС

Контролируемый параметр	Норма, единица измерения
рН	6,5-8,5 ед
карбамид	н/б 113,6 мг/дм ³
нитрит-ион	н/б 0,080 мг/дм ³
нитрат-ион	н/б 108,5 мг/дм ³
аммоний-ион	н/б 18,165 мг/дм ³
ХПК	н/б 30 мгО ₂ /дм ³
Взвешенные вещества	н/б 13,86 мг/дм ³

Используемые в процессе реагенты требуют растворения в воде по показателям качества СанПиН 2.1.4.1074-01

2.2 Описание технологической схемы

Принципиальная схема установки рассматриваемой установки очистки сточных вод приведена на рисунке 1

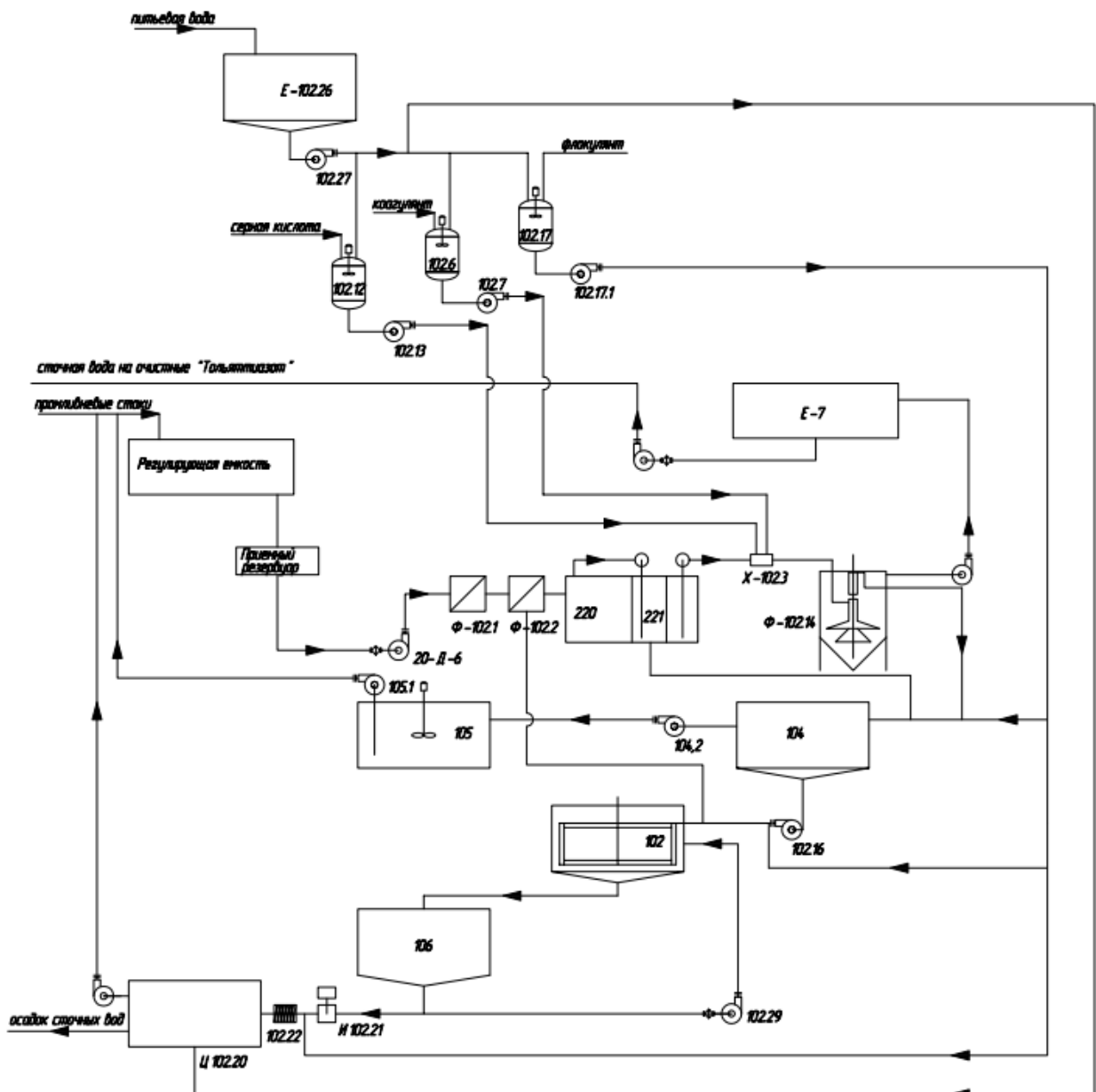


Рисунок 1 – Принципиальная технологическая схема установки очистки
СТОЧНЫХ ВОД

Канализационные очистные сооружения на полную биологическую очистку включают следующие основные узлы:

- Регулирующая емкость (Копань);
- Насосная станция, корп. 100;
- Узел механической очистки, корп. 102;
- Сооружения биологической очистки, корп. 220;

- Сооружения вторичный отстойник, корп. 221;
- Узел реагентного хозяйства, корп. 102;
- Песчаный фильтр корп. 102;
- Отстойник корп. 104;
- Узел обработки осадка, корп. 102;
- Камера очищенного стока корп. 103

«Регулирующая емкость имеет две секции, соединенные между собой переливной трубой. Промливневые сточные воды Северного промузла поступают в регулируемую емкость по каналу, в секцию 2. Забор стоков существующей насосной станцией также осуществляется из второй секции. Секция 1 используется только как накопительная.

Площадь водного зеркала регулирующей емкости (Копани) составляет – 129 375 м². Максимальная глубина - 3 м.

Общий объем регулирующей емкости составляет около 271 000 м³.

Здание насосной станции корп. 100 имеет размеры в плане 36×12 м. В нем установлено следующее насосное оборудование:

- насос перекачивания сточных вод 20-Д-6, 2000 м³/час, Н=78 м, 630 кВт – 8 шт;
- самовсасывающий насос ВКС-2/26, 80 м³/час, Н=15 м, 5,5 кВт – 2 шт» [7].

2.2.1 Регулирующая емкость и насосная станция

«Регулирующая емкость объемом 271 000 м³ используется как усреднитель, с целью усреднения расхода и состава поступающих сточных вод. При принятой максимальной проектной производительности очистных сооружений время пребывания воды в регулирующей емкости 112 часов» [3].

Насосная станция (корпус 100) используется для подачи сточных вод на очистные сооружения и для перекачки очищенных сточных вод на БОС «ТОАЗ».

Центробежными насосами 20-Д-6 поз. 5, 6, 8 сточные воды из регулирующей емкости подаются на очистные сооружения (производительность насосов 2000 - 2500 м³/час. (1 рабочий, 2 резервных). Также для перекачки очищенных сточных вод из резервуара очищенных стоков (корпус 103) на БОС «ТООАЗ» используются существующие насосы 20-Д-6 поз. 1, 3, 4 (1 рабочий, 2 резервных) производительностью 2000-2500 м³/час.

Расход сточных вод контролируется по прибору FIR 1. Для регулировки давления перед фильтрами, имеется возможность сброса части потока от насосов поз.5,6,8 открытием шиберной задвижки А 9 на возврате воды в регулирующую емкость. Расход воды на линии возврата фиксируется по прибору FIR 2.

Основное технологическое оборудование размещено в производственном корпусе 102.

2.2.2 Механическая очистка (фильтрация)

Механическая очистка предназначена для извлечения из поступающей на очистку воды крупных включений (взвешенных веществ), водорослей.

Очистка производится в напорных механических фильтрах. Узел фильтрации разделен на три параллельных нитки фильтрации. Две нитки в работе, одна в резерве. Подключение ниток фильтрации осуществляется шиберными затворами с электроприводом А 1, 2, 3 на входе и шиберными затворами с электроприводом А 4, 5, 6 на выходе. В нитке предусмотрено размещение последовательно фильтров двух типов:

- фильтр щелевой дренажный (ФЩД) поз. Ф 102.2/ 1, 2, 3;
- фильтр щелевой автоматический (ФЩА) поз. Ф 102.1 /1, 2, 3.

«Степень фильтрации фильтров ФЩД составляет 5000 мкм (5,0 мм). Фильтры предназначены для удаления механических включений и защиты фильтров следующей ступени фильтрования.

Максимальная производительность одной нитки фильтрации до 1500 м³/час.

Очистка фильтровального патрона фильтра, осуществляется в ручном режиме по устанавливаемому графику техобслуживания, при росте гидравлического сопротивления проводится внеочередная чистка, при этом в работу включается резервное оборудование. Очистка фильтров осуществляется без подвода воды на промывку.

Отвод фильтра выполняется в резервуар грязной воды в корпус 105.

Крупность задерживаемых включений фильтрами ФЩА составляет более 200 мкм (0,2 мм). Фильтры щелевые автоматические (ФЩА) предназначены для удаления механических включений, водорослей и др. а также для снижения нагрузки на очистные сооружения.

Фильтры ФЩА имеют непрерывный режим работы, автоматически очищаются без остановки процесса фильтрации. Самоочищение фильтра производится по перепаду давления до и после фильтровальной перегородки. Фильтр комплектуется системой управления, приборами КИПиА, подключенными к шкафу управления, оборудованием и запорно-регулирующей арматурой.

Расчетный расход промывной воды от щелевых фильтров составляет до 1728 м³/сут (72 м³/час). Содержание взвешенных веществ в промывной воде до 100 мг/дм³. Фильтрат после промывки отводится в резервуар грязной воды корпус 105» [8].

Поток после фильтрации предусмотрено выдавать в аэротенки корп. 220 открытием затвора А8 (при работе узла биологической очистки), либо во флокуляторы поз Х 102.3/1-8 открытием затвора А7.

2.4.3 Биологическая очистка

Биологическая очистка предназначена для доочистки сточных вод от соединений азота, нитратов, нитритов, органических соединений с помощью активного ила (нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий). «Денитрифицирующими бактериями являются гетеротрофные организмы, использующие нитраты в качестве акцептора водорода при окислении ими

органического вещества. В процессе денитрификации потребляется фосфор в качестве биогенного элемента. Процессы нитриденитрификации происходят при помощи активного ила. Активный ил – это сложная экосистема, в состав которой входит большое количество бактерий в виде хлопьевидных скоплений – зоогелей.

Активный ил - это искусственно (антропогенно) созданная экосистема; система антропогенно зависимая, находящаяся в чрезвычайно изменчивых условиях воздействия абиотических и биотических факторов. Культивирование активного ила в ограниченном пространстве аэротенков, в условиях избытка кислорода и довольно высокой трофности (нагрузки по органическим загрязняющим веществам) и значительного антропогенного воздействия (нагрузки по промышленным загрязняющим веществам, включая токсиканты) приводит к формированию своеобразного сообщества, значительно отличающегося от природных экосистем» [13].

«В активном иле присутствуют все основные физиологические группы микроорганизмов, необходимых для процесса очистки сточных вод. В процессах разложения загрязняющих веществ в аэротенках основная роль принадлежит гетеротрофным флокулообразующим бактериям. Флокулообразующие бактерии — это множество клеток микроорганизмов, объединенных биополимерным гелем в хорошо защищенное и организованное структурно-функциональное целое — хлопья активного ила. Популяции флокулообразующих бактерий составляют в иле 90÷95 %, их функциональное состояние, активность и адаптированность к экологическим условиям аэротенков определяют устойчивость и эффективность биохимического окисления загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах.

Способность активного ила к хлопьеобразованию, осаждаемости и последующему уплотнению, его влагоотдающие свойства — взаимосвязанные, наиболее важные характеристики ила, играющие решающую роль в обеспечении качества биологической очистки и свойств осадков сточных вод.

Активный ил только во флокулированном состоянии может удерживаться во вторичных отстойниках, накапливаться в аэротенках (за счет возврата необходимого объема) и обеспечивать высокие скорости окисления загрязняющих веществ. По существу, качество очищенных вод определяется способностью активного ила к флокуляции.

Организмы активного ила являются микроаэрофилами: для нормальной жизнедеятельности им требуются малые количества растворенного кислорода. Подача воздуха обеспечивает несколько процессов, происходящих с активным илом: дыхание организмов, перемешивание иловой смеси, удаление метаболитов, хемоокисление загрязняющих веществ» [9].

На биологическую очистку сточные воды поступают после механической очистки (узла фильтрации).

В состав сооружений биологической очистки включены аэротенки корп. 220/1-3 и вторичный отстойник корп. 221/1-6. Данные сооружения сблокированы.

Пропускная способность трех аэротенков составляет до 48 000 м³/сут.

Предусмотрены аэротенки 4х-коридорные с размерами секций 66,0-(6,0х4,0) - 5 м.

Количество секций аэротенков 3 шт.

Вместимость каждой секции аэротенков $V_1 = 7920 \text{ м}^3$. Общая вместимость аэротенков – 23760 м³.

Компоновочные решения по аэротенкам с размещением зон и вторичных отстойников представлены на рисунке 2.

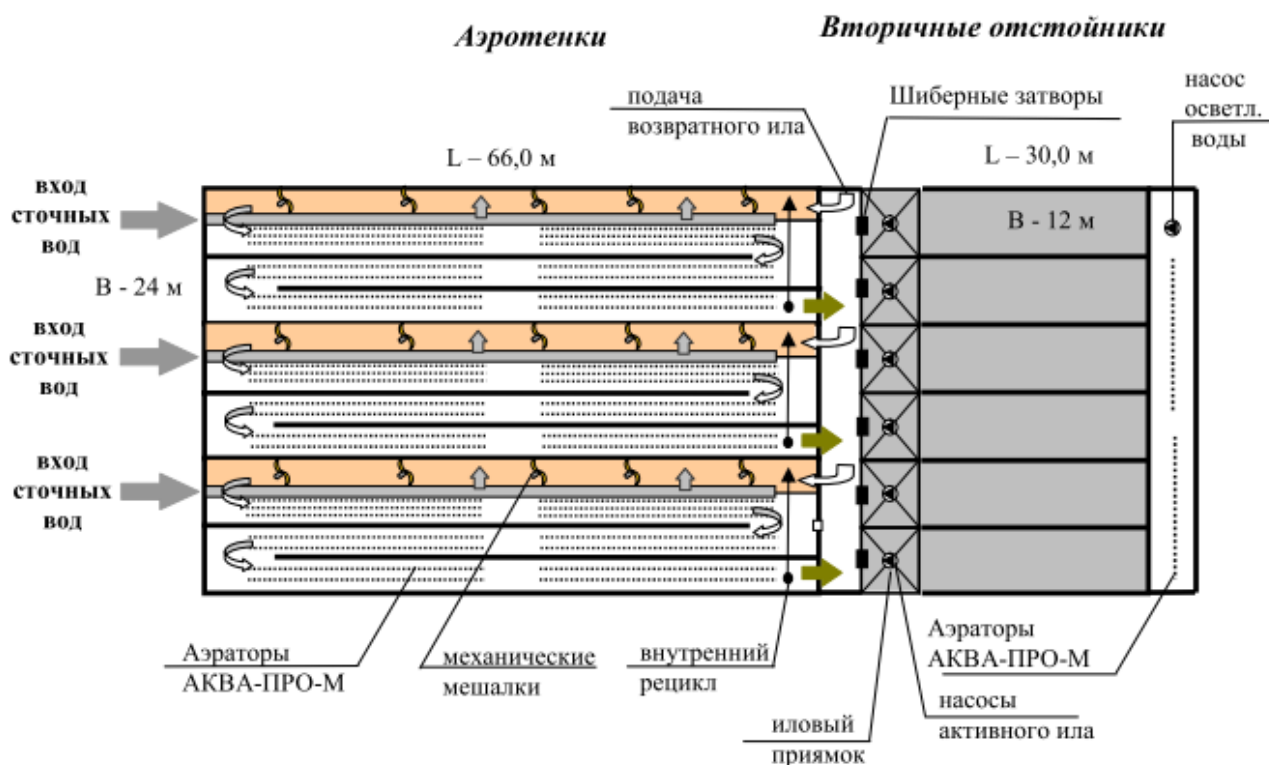


Рисунок 2 - Технологическая схема работы биологической очистки

Предусмотрена схема с тремя секциями четырехкоридорных аэротенков. В каждом аэротенке выделяются две зоны: перемешивания (25 % вместимости аэротенка) и аэрации (75 % вместимости).

В составе аэротенков выделены зоны перемешивания для процессов денитрификации. Количество зон в каждой секции аэротенков – 1 шт. Зоны выделяются в первом коридоре каждой секции аэротенков.

Зоны перемешивания оборудуются погружными механическими мешалками поз. М220.2, на каждую секцию аэротенка – по 5 шт. Они обеспечивают не заиливающие скорости в потоке иловой смеси.

В аэротенке установлены дисковые мембранные аэраторы диаметром 350 мм. Подача воздуха осуществляется от компрессоров поз. К 102.38/ 1-3. Содержание кислорода в воде в коридорах аэротенков контролируется по показаниям анализаторов QIR 33/ 1-6.

В последнем коридоре каждого аэротенка предусмотрены погружные насосы поз. 221.6/1-3 типа «мешалка в трубе», которые предназначены для

организации внутреннего рецикла иловой смеси из зоны нитрификации в зону денитрификации сквозь перегородки между коридорами.

Сточные воды по трубопроводу К14н подаются в секцию аэротенка и распределяются по длине первого коридора.

Активный ил подается в начало первого коридора из вторичных отстойников корп. 221 погружными насосами поз. 221.4/1-6 установленными в конусную часть отстойника.

Воды, прошедшие через аэротенки поступают во вторичные отстойники поз. 221.6/1-6, оборудованные скребковыми системами для сбора ила. Скребковая система X 221.6/1-6 состоит из подвижной платформы, лежащей на двух тележках с приводом. Один поверхностный скребок и один донный скребок установлены под платформой. Мост приводится в действие центральным приводом, соединенным с колесами приводных тележек. Скребки работают от одного мотор-редуктора.

Осветленная в отстойнике вода поступает в лоток, далее с помощью погружных насосов поз. Н 221.5/1,2 выдается на смешение с коагулянтom и серной кислотой с последующей фильтрацией на песчаных фильтрах Ф 102.14 /1-8. Выдача осуществляется с регулировкой по уровню в камере осветленной воды отстойников. Поддержание уровня 60 % обеспечивается регулировкой нагрузки на электродвигатель насосов поз. Н 221.5/1,2 с помощью ЧРП.

В нижней части вторичных отстойников собирается в виде осадка избыточный ил, который в последующем необходимо уплотнять и обезвоживать. Из вторичных отстойников погружными насосами поз. 221.4/ 1-6 смесь ила с водой в количестве до 436,29 м³/сут или 18 м³/час выдается в корпус 102 по трубопроводу К 28н на вход в сгустители поз. 102.16/1-3.

2.2.4 Реагентное хозяйство

«В связи с тем, что сточные воды имеют щелочную реакцию (рН до 9), перед подачей на механическую очистку предусматривается их

предварительное подкисление, для чего используется 96 % серная кислота, в количестве до 5520 кг в сутки.

Для нормального хода процесса биологической очистки необходимо сбалансированное присутствие в воде биогенных элементов, для этого предусмотрено дозирование 73 % ортофосфорной кислоты до 115 кг в сутки.

2.2.4.1 Хранение и дозирование концентрированной серной кислоты

Для снижения pH обрабатываемых стоков используется 96 % серная кислота.

Для хранения и дозирования серной кислоты предусмотрено основное оборудование (емкости, насосы) и вспомогательное, обеспечивающее безопасную работу узла.

Основное оборудование узла дозирования серной кислоты:

- Бак хранения кислоты поз. 102.8/1-3;
- Баки дозирования серной кислоты; поз.102.12/1-2;
- Насосы для перекачки серной кислоты из транспортных емкостей, поз 102.34/1-2,
- Насосы для перекачки серной кислоты из баков хранения в баки дозирования Н 102.9/1-2;
- Насосы-дозаторы серной кислоты. Н102.13/1-8.

Вспомогательное оборудование:

- Компрессор с ресивером и осушителем воздуха К102.10;
- Вакуумный насос с ресивером поз. 102.11;
- Сборная емкость кислоты поз.102.36;
- Нейтрализатор кислоты поз.102.37» [16].

«Баки хранения, дозирования кислоты и другое емкостное оборудование установлены на открытой площадке оборудованной навесом. С целью предотвращения разлива кислоты все оборудование размещено в железобетонном (с хим.защитой) поддоне общим объемом 100 м³, и приемком для сбора кислоты. Высота бортика поддона – 0,3 м, что обеспечивает в случае

пролива сбор всего объема хранящейся серной кислоты. В случае незначительных проливов кислота попадает в приямок поддона, а оттуда с помощью вакуума поднимается в сборную емкость и сбрасывается через сборник-нейтрализатор в резервуар грязной воды» [16].

«Серная кислота доставляется на участок автотранспортом - специализированной автоцистерной емкостью до 20 м³.

Все операции слива/перекачки серной кислоты из автотранспорта, баков хранения и дозирования осуществляются через верхние разгрузочные устройства.

Разгрузка кислоты из цистерн в баки хранения поз 102.8/1-3 предусмотрена по схеме с перекачивающими насосами поз 102.34/1-2, производительностью 25 м³/час.

Заполнение трубопровода перекачивающего насоса возможно по двум вариантам:

- созданием избыточного давления в донорной емкости;
- созданием разрежения в акцепторной емкости.

Для хранения серной кислоты предусмотрены 3 емкости хранения поз.102.8/1-3, из них 2-рабочих, 1- резервный.

Емкости оборудованы:

- теплоизоляцией;
- штуцером для подвода и отвода реагентов;
- штуцером для подвода сжатого воздуха при вытеснении реагента из цистерны;
- штуцером вакуумной линии;
- штуцером для выпуска сжатого воздуха в атмосферу;
- теплообменным наружным контурным подогревателем» [5].

Дозирование серной кислоты осуществляется из баков дозирования поз.102.12/1-2;

«Бак дозирования представляет собой напорный резервуар объемом 7,6 м³.

Бак оборудован:

- штуцером для подвода и отвода реагентов;
- штуцером для подвода сжатого воздуха при вытеснении реагента из цистерны;
- штуцером вакуумной линии;
- штуцером для выпуска сжатого воздуха в атмосферу;

Для перекачивания серной кислоты из баков хранения в бак дозирования поз.102.12

предусматриваются насосы герметичные поз. Н 102. 9/1-2.

Дозирование серной кислоты выполняется с помощью насосов-дозаторов Н 102.13/1-8,

9 шт. (8 - рабочих, 1 – резервный на складе) с регулируемым расходом. Производительность одного насоса дозатора до 100 л/час, т.е. максимальная производительность дозирующего оборудования кислоты - 800 л/час.

Дозирование серной кислоты производится в трубчатый смеситель Х-102.3/1-8. Контроль и регулирование производительности насосов-дозаторов кислоты производится по датчикам рН, установленных на трубчатых смесителях» [17].

2.2.4.2 Вспомогательное оборудование узла серной кислоты

Вспомогательное оборудование предназначено для безопасной эксплуатации оборудования хранения и дозирования концентрированной серной кислоты.

Компрессор К102.10 с ресивером и осушителем воздуха используется для создания избыточного давления в емкостях с целью заполнения сифонов, перекачивающих и дозирующих насосов, а также продувки технологических трубопроводов кислоты.

Вакуумный насос водокольцевой поз. 102.11(марки TRMB 25-30\RX) с ресивером предназначен для заполнения сифонов перекачивающих насосов, а также сбора проливов кислоты из приемка ж/б поддона.

Сборная емкость кислоты поз. 102.36 подключена к вакуумному ресиверу и баку-нейтрализатору поз.102.37 и предназначена для сбора проливов серной кислоты.

Внутри бака нейтрализатора размещена известковая крошка, которая используется для нейтрализации серной кислоты.

Сток после нейтрализатора поступает в резервуар грязной воды.

2.2.4.3 Узел приготовления коагулянта

В качестве коагулянта предусмотрено использование алюминий содержащего реагента марки «Аква-Рас-30», «Аква-Аурат 30». «Роль коагулянта при очистке воды заключается в осветлении воды в результате коагуляции. Осветление происходит в следствие нарушения равновесия коллоидной системы за счет уменьшения потенциала частиц, в результате чего образуются хлопья из загрязнений, содержащихся в воде и гидроокиси алюминия, и сорбции загрязнений образующимися хлопьями гидроокиси алюминия» [12].

Необходимая доза коагулянта для осветления воды составляет $10 \div 27,7$ мг/л по оксиду алюминия. Расчетный расход коагулянта по активному веществу (оксид алюминия Al_2O_3) при обработке загрязненной воды 2400 м³/час, составит $576 \div 1595,52$ кг/сут по оксиду алюминия.

Гидроксохлорид алюминия поставляется автотранспортом в биг-бегах массой 1000 кг.

При обращении с сухим гидроксохлоридом алюминия следует избегать образования пыли, попадания влаги на продукт. Хранить его следует в заводской упаковке.

Для приготовления раствора коагулянта, хранения и дозирования предусмотрено следующее оборудование:

- Автоматическая станция приготовления раствора коагулянта поз С102.6/1,2;

- Насос-дозатор коагулянта NM031BY01L06B Q=200-2200 л/ч, H=20 м,
2шт.

Оборудование транспортировки сухого коагулянта:

- Кран балка;
- Узел опустошения биг-бега;
- Емкость для порошка коагулянта (узел опустошения, приемная емкость

V = 1000 л)

поз. 102.5;

- Узел приготовления концентрированного раствора:

- Насосы-дозаторы коагулянта поз. 102.7 9 шт. (8 рабочих, 1 в резерве, на складе).

- Автоматическая станция приготовления и хранения раствора коагулянта (1 рабочая, 1 резервная) поз. С102.6;

«Компактная установка приготовления раствора из сухих и жидких продуктов состоит из:

– 3-х камерной ёмкости для растворения, созревания и отбора реагента;

– Водной аппаратуры с запорным вентилем, редукционным клапаном, магнитным вентилем и контактным расходомером;

– Мешалок в камере растворения и созревания (опция в камере отбора);

– Смесителя с узлом смачивания;

– Дозатора сухого продукта, с обогревающим дозирующим патрубком и с ёмкостным уровнемером для сухого продукта;

– Ультразвукового уровнемера в камере отбора;

– Шкафа управления.

3-х камерная установка приготовления рабочего раствора по заданной концентрации работает в полном автоматическом режиме с постоянной или циклической подготовкой раствора по проточному принципу.

Проточный принцип работы характеризуется тем, что раствор готовится в ёмкости, разделённой на 3 секции (камеры). Смачивание, растворение, созревание и дозирование происходит в одном бесперебойном процессе» [6].

«Из первой камеры разведённый раствор реагента переливается через разделительную перегородку во вторую камеру созревания. Из второй камеры уже созревший раствор переливается в третью камеру отбора.

Установленный на 3-ей камере ультразвуковой уровнемер контролирует уровень раствора в камере отбора и тем самым управляет процессом приготовления» [16].

2.2.4.4 Узел смешения реагентов

Вода на обработку реагентами поступает из узла биологической очистки от насосов поз 221.5/1-2, либо при простое этого узла после щелевых фильтров по Ф 102.1/1-3.

Очищаемая вода, разделяется на 8 потоков и поступает в смесительные устройства поз. Х-102.3/1-8. Для смешивания реагентов с поступающей сточной водой проектом предусмотрены трубчатые смесители в количестве 8 шт., в которые дозируются концентрированная серная кислота и раствор коагулянта. На смесителях предусмотрены пробоотборные трубки для контроля состава воды после смешивания стока с реагентами.

Показатель рН стока после смешивания поддерживается 6,5-7 единиц. После смесителей сточная вода поступает в самопромывные песчаные фильтры Ф 102.14/1-8.

2.2.4.5 Узел доочистки

«Самопромывные песчаные фильтры предназначены для осветления промышленных сточных вод они могут выступать как отдельные очистные сооружения, выполняя функцию контактных осветлителей, так и в цепочке очистных сооружений обеспечивать заключительную, финальную доочистку, позволяющую обеспечить необходимые требования качества воды на выходе.

Блок фильтров включает следующее оборудование: скорые фильтры поз. Ф102.14/ 1-8, компрессорную станцию К102.15/ 1-3.

Для доочистки сточных вод предусматриваются двухсекционные скорые фильтры с восходящим фильтрованием. Размеры одного фильтра – 11,5×4,6 м.

Полезная фильтрующая площадь одного фильтра – 52,9 м².

Требуемое количество фильтров для обеспечения необходимой производительности – 8 шт.

Вода на фильтры подается после смесителей Х102.3 с общим расходом до 2000 м³/час.

Вода после промывки фильтров (промстоки) самотеком поступает по коллектору К 21 в отстойник корп. 104/1-3.

Конструкция самопромывных фильтров позволяет проводить непрерывное фильтрование без остановки фильтра на отмывку загрузки» [4].

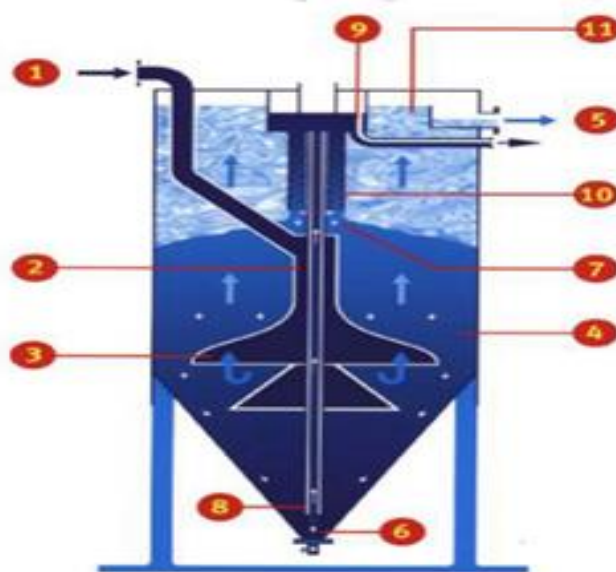


Рисунок 3 - Принцип работы самопромывного песчаного фильтра

«Принцип работы фильтра представлен на рисунке 3. Фильтр работает по принципу противотока. Исходная вода (1), подлежащая очистке, подается сверху-вниз и распределяется с помощью воронки (3) в нижней части фильтра и

фильтруется через слой песка в направлении «снизу-вверх». Через водосборное устройство (11) очищенная вода (5) выводится из фильтра по трубопроводу (5).

Промывка фильтра начинается по потерям напора, когда уровень воды в подающем лотке увеличивается, фильтр включается на промывку. При увеличении уровня срабатывает клапан на пневмопанели управления и включается подача воздуха в эрлифт фильтра (8). Продолжительность промывки задается таймером на панели управления фильтром.

Загрязненный песок (4) опускается в нижнюю часть фильтра и с помощью эрлифта (8), при подаче сжатого воздуха (6), по трубе подается вверх в узел отмывки. При турбулентном перемешивании частицы грязи отделяются от песчинок. Чистый песок падает по лабиринтному каналу (10) вниз, встречный поток воды производит отмывку грязи. Загрязненная вода удаляется через сливной патрубок (9), очищенный песок возвращается в верхнюю часть фильтрующего слоя (7)» [20].

«Таким образом, песок движется сверху вниз, а очистка воды производится через слой чистого песка и тем самым обеспечивается постоянный процесс фильтрации. Такая конструкция самопромывного фильтра имеет целый ряд преимуществ по сравнению с обычными фильтрами или контактными осветлителями:

- работа без остановки на промывку;
- нет необходимости в установке промывных насосов большой производительности;
- процессы работы и промывки фильтра полностью автоматизированы без использования дорогостоящей автоматики;
- отсутствие залповых сбросов промывной воды;
- в фильтре нет движущихся частей (за исключением песка, воды, воздуха);

Корпус фильтров выполнен из железобетона. Нижняя часть каждого фильтра состоит из 10-ти конусов для размещения промывных модулей» [14].

Качество воды до и после фильтров доочистки:

- Взвешенные вещества вход 10,1 мг/л, выход 4 мг/л
- БПК полн. вход 4,3 мг/л, выход 3,0 мг/л

В качестве фильтрующего материала используется кварцевый песок фракции 0,8-1,2 мм имеющий коэффициент неоднородности не более 1,5; истираемость не более 0,3 %; измельчаемость не более 3 %;

Высота фильтрующей загрузки - 2 м;

Количество фильтрующего материала на один фильтр - 200 м³.

Промывка фильтров:

Для промывки фильтрующего материала используется эрлифтный модуль с пескопромывающим устройством.

Для работы эрлифтного насоса предусмотрен подвод сжатого воздуха от компрессорной станции К 102.15/1-3 на каждый эрлифт с максимальным расходом до 5,25 м³/час.

Максимальный расчетный расход промывных вод составляет до 316 м³/час.

Отвод промывной воды выполняется в отстойник корпус 104/1-3.

Для работы блока фильтров предусматривается винтовая компрессорная станция Kraftmann в комплекте с системой управления и осушителем рефрижераторного типа производительностью до 420 нм³/час и обеспечивающая давление воздуха до 10 бар. Компрессорная станция состоит:

- Компрессорный блок;
- Электродвигатель, защищенный терморезисторами;
- Масляные и воздушные охладители;
- Предохранительный клапан давления на выходе;
- Воздухозаборный фильтр и регулятор всасывания;
- Система смазки;
- Электронная система контроля и управления;
- Вентилятор охлаждения;
- Установка агрегатов на отдельной стальной раме;
- Звукоизолирующий корпус с эпоксидным покрытием;

- Рефрижераторный осушитель.

Очищенная на контактных осветлителях вода поступает в резервуар очищенных стоков корпус 103.

2.2.4.6 Сооружения осветления промывных вод и сгущения осадка

Узел обработки промывных вод контактных осветлителей Ф 102.14 /1-8 состоит из трёх отстойников корп.104/1-3 и трёх сгустителей осадка поз. 102.16/1-3.

Промывная вода после песчаных фильтров самотеком подаётся в горизонтальные отстойники, где происходит осветление воды. Отстойники оборудованы гребенчатыми переливами и тонкослойными модулями.

Тонкослойные модули позволяют повысить эффективность его работы. Гребенчатые переливы, установленные на лотки, способствуют выравниванию кромки лотков и повышению равномерности сбора осветленной воды.

Для ускорения процесса осаждения взвешенных частиц промывная вода предварительно смешивается с флокулянт. Дозирование рабочего раствора флокулянта производится от станции приготовления флокулянта поз 102.17.1, насосами дозаторами до 1000 л/ч.

Станция приготовления раствора флокулянта аналогична станции поз.102.6 (приготовления коагулянта), в станции С 102.17.1 в качестве реактива используется флокулянт Zetag.

Применение флокулянта необходимо для улучшения водоотдающих свойств осадка при обезвоживании в отстойниках, илоуплотнителях, на центрифугах или на иловых картах и для достижения требуемых показателей влажности. Введение флокулянта обеспечивает хлопьеобразование и укрупнение взвешенных частиц. Необходимая доза флокулянта для обезвоживания биологического осадка составляет 8 кг/т. Флокулянты поставляются автотранспортом в мешках массой до 25 кг.

Влажность осадка в отстойнике промывной воды корп. 104/1-3 поддерживается на уровне 99 %.

Необходимым условием надежной работы отстойника является соблюдение устойчивого ламинарного течения жидкости в области осаждения.

Насосное оборудование, установленное для перекачки осветленной воды и осадка из отстойника:

– Насос для перекачивания осадка на уплотнение (поз. 104.1/1-3) $Q=25 \text{ м}^3/\text{ч}$ $H=20 \text{ м}$;

– Насос для перекачивания осветленной воды (поз. 104.2) $Q=380 \text{ м}^3/\text{ч}$ $H=15 \text{ м}$.

Осветленная вода собирается лотками отстойника и поступает в приемную камеру, откуда насосом поз. Н 104.2 по коллектору К18Н откачивается в резервуар грязной воды корп. 105. Производительность насоса подачи осветленной воды - $380 \text{ м}^3/\text{час}$.

При периоде между сбросами осадка 5 ч, расчетный объем зоны накопления осадка одного отстойника составит $48,5 \text{ м}^3$.

Объем зоны накопления принятого отстойника промывных вод составляет 48 м^3 . Из них коническая часть составляет $23,4 \text{ м}^3$.

Осадок из зоны накопления равномерно откачивается по коллектору К19Н насосом поз. Н104.1/1-3 на сгущение в сгустители поз.102.16/1-3, производительность насоса - $25 \text{ м}^3/\text{час}$.

Сгустители поз. 102.16/1-3 предназначены для окончательной подготовки осадка перед обезвоживанием. В сгустителе происходит уплотнение осадка под действием гравитационной силы и работы мешалок, способствующих агломерации частиц осадка.

Предусмотрено 3 рабочих сгустителя для сгущения осадка, поступающего от насосов Н104.1/1-3 и со стадии биологической очистки от насосов вторичных отстойников поз.221.6/1-6 по коллектору К28Н в сгуститель. Объем одного сгустителя $107,8 \text{ м}^3$.

Сгуститель оборудован медленной рамной мешалкой, которая предназначена для улучшения текучести осадка. Максимальная скорость вращения лопастей мешалок составляет около $0,03 \text{ м/сек}$.

Для повышения скорости сгущения в осадок перед сгустителем вводится флокулянт от станции приготовления С 102.17/1,2. На трубопроводе подачи осадка в сгуститель установлен расходомер для регулирования расхода флокулянта.

Режим работы сгустителя периодический, или периодический накопительный.

В центре сгустителя расположен приямок для отвода сгущенного осадка в корп. 106.

Подача осадка в сгуститель производится в центральную часть. Отвод осадка - из центрального приямка.

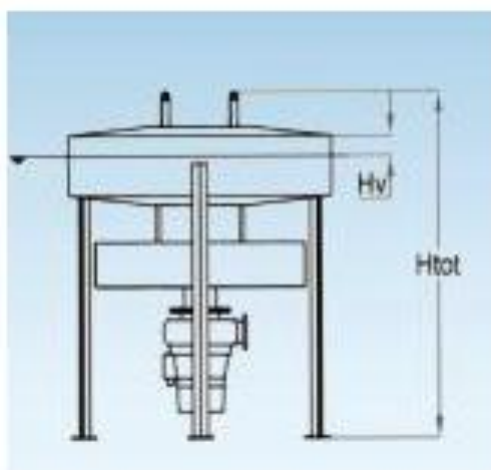


Рисунок 4 -Плавающий водозабор

Для отвода осветленной воды из сгустителя предусмотрен плавающий водозабор, представленный на рисунке 4. Установка плавающего водозабора позволяет сгуститель переводить в периодический накопительный режим работы.

Осветленная вода из сгустителя отводится в резервуар грязной воды поз.105. Контроль наличия взвеси в осветленной воде ведётся по показаниям

мутномера QIR 13/1-3, установленного на линии осветленной воды из каждого сгустителя.

В резервуаре грязной воды корп. 105 установлены мешалка для предотвращения осаждения взвеси и погружные насосы поз.105.1/1,2 производительностью 500 м³/час для перекачивания грязной воды в регулируемую емкость (Копань).

Уплотнённый осадок, с влажностью до 98%, из сгустителя забирается шнековыми насосами осадка поз. 102.22/1,2 на обезвоживание в центрифуги, или может отводиться под гидростатическим давлением в резервуар осадка корп. 106.

Резервуар осадка корп. 106 служит для приёма уплотнённого осадка на период простоя или технологического обслуживания центрифуг. Для обеспечения текучести собранного осадка движение в сборнике корп. 106 осуществляется подачей на всас циркуляционного насоса поз. 102.29/1,2 с возвратом в нижнюю часть сборника корп. 106.

Из резервуара осадка корп. 106 смесь поступает в мацератор поз. И102.21/1,2. Мацераторы дробят содержащиеся в перемещаемой жидкости твёрдые частицы до формы, способной к перекачиванию. Из мацераторов пульпа поступает на всас шнековых насосов поз.102.22/1,2 с выдачей ими на центрифуги Ц 102.20/1,2.

2.2.4.7 Обработка осадка

На механическое обезвоживание поступает осадок после сгущения на радиальных сгустителях промывных вод.

Режим работы узла механического обезвоживания осадка составляет 20 часов в сутки с учетом технологических остановок на профилактику.

Для улучшения водоотдающих свойств осадка перед обезвоживанием производится его дополнительная обработка флокулянтами. Подача флокулянта осуществляется дозаторами от станции приготовления С102.24 в линию нагнетания от шнековых насосов.

Одна рабочая установка по приготовлению флокулянта производительностью (по отбору) до 2000 л/час.

Промывка центрифуг, трубопроводов, насосов производится технической очищенной водой с корп.103 погружными насосами поз. 103.1/1,2 в сборники (емкости) Е-102.26/1,2. Из сборников Е-102.26/1,2 насосами поз 102.27/1-6 на промывку. Количество воды на промывку одной рабочей линии составляет до 15 м³/час. Время промывки составляет 20-40 мин. Количество воды на промывку составляет до 7,5 м³/сут (при 30 мин.).

На обезвоживание поступает осадок промывных вод в количестве 6,982 т/сут., или 406,42 м³/сут. Влажность - 98,283 % (концентрация взвешенных веществ 17,17 кг/м³).

Влажность обезвоженного на центрифуге осадка промывных вод принята 75% (концентрация – 250 кг/м³). Количество кека составит:

$$Q = (406,42 \times 17,17) / 250 = 27,91 \text{ м}^3/\text{сут.} (1,39 \text{ м}^3/\text{ч}).$$

Для обезвоживания осадка используются центрифуги С4Е-4/454 НТС производства компании Флоттвег, Германия. Производительность одной центрифуги составляет 10÷35 м³/час или до 1,2 тонн/час по а.с.в.

Декантерная центрифуга применяется для обезвоживания двухфазных смесей.

Принцип работы основан на разделении твердой и жидкой фазы под действием центробежных сил за счет разницы удельного веса жидкости и твердых частиц.

Центрифуга (декантер) состоит из коническо-цилиндрического барабана, шнека внутри барабана, подающей трубы, приводной системы, подшипниковых механизмов, дозирования полимера, корпуса и станины.

Все детали, соприкасающиеся во время работы с продуктом, выполнены из высоколегированной, коррозионно- и кислотоустойчивой нержавеющей стали. Общий вид центрифуги представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 - Внешний вид центрифуги С4Е-4/454 НТС

Комплекс механического обезвоживания осадка состоит из двух технологических линий на базе центрифуг С4Е-4/454 НТС (1-рабочая, 1-резервная).

В состав каждой технологической линии входит:

- центрифуга С4Е-4/454 НТС;
- мацератор;
- шнековый насос-дозатор осадка с частотным преобразователем;
- электромагнитный расходомер осадка;
- шнековый насос-дозатор раствора флокулянта с частотным преобразователем;
- электромагнитный расходомер раствора флокулянта;
- автоматическая трехкамерная установка концентрированного (до 0,5 %) раствора порошкового флокулянта с шкафом управления;
- бак очищенной воды для промывки центрифуг и приготовления рабочих растворов флокулянта (не стандартизированное оборудование);
- шнековый транспортер;
- система повышения давления;
- бункер для обезвоженного осадка;

- шкаф управления оборудованием.

После центрифуг обезвоженный осадок подается шнековыми транспортерами в бункеры поз.102.28/1,2 для кека, откуда вывозится спецавтотехникой на площадки складирования корп. 108

Для сбора и обезвоживания осадка, в аварийных ситуациях и в случаях простоя центрифуг, предусмотрены иловые площадки корп. 107. Дренаж с иловых площадок скапливается в корп. 109 далее погружными насосами поз. 109.1/1,2 по коллектору К26Н перекачивается в отстойник «Копань».

2.2.4.8 Резервуар очищенных стоков (поз.103 по ПЗУ)

Для сбора очищенной воды, поступающей после песчаных фильтров осветлителей Ф 102.14/1-8, предусмотрен резервуар очищенных стоков корп. 103. Из него очищенная вода погружными насосами поз. 103.1/1,2 подается на технологические потребности: промывку оборудования, приготовление реагентов.

Максимальный расход воды на технические нужды площадки очистных составляет до 20,7 м³/час.

Прием технической воды осуществляется в сборники Е-102.26/1,2. Из сборников Е102.26/1,2 насосами поз.102.27/1,2,3 производится выдача технической воды на производственные нужды.

Размеры резервуара поз.103 - 11,7х8,7х5,45 (раб.) м. Рабочий объем – 422 м³.

Вода из резервуара чистой воды забирается насосами поз. 1, 3, 4, установленными в насосной станции, для передачи в коллектор на очистные ТоАЗ, и далее в р. Волга.

2.2.4.9 Иловые площадки

Аварийные иловые площадки предназначены для обезвоживания уплотненного осадка в случае остановки работы центрифуг.

Для обеспечения расчетной производительности иловая карта должна включать каналы, в которые с уклоном уложены дренажные трубы, заведенные в дренажные колодцы. Поперечное сечение канала показано на рис.5.

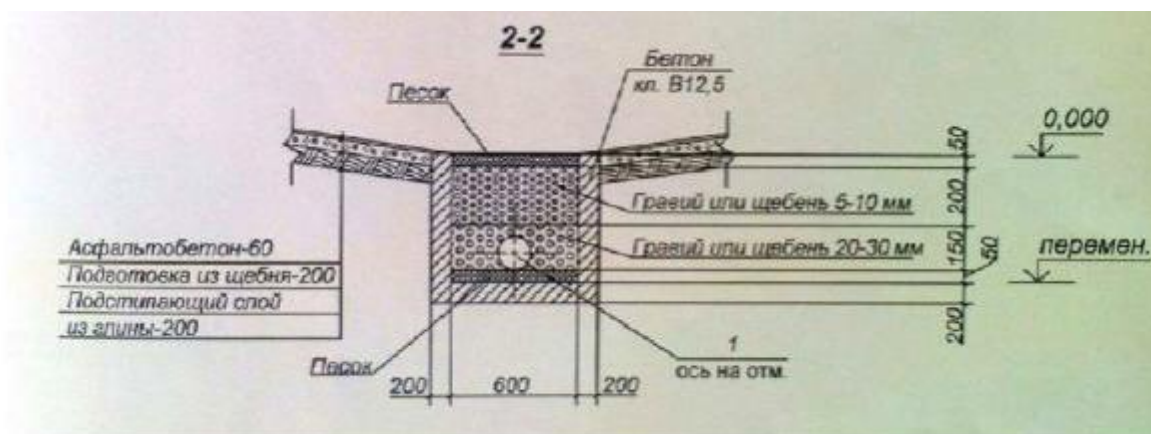


Рисунок 6 - Поперечное сечение дренажного канала

Иловые площадки рассчитываются из условия высоты налива до 0,45 м. Время обезвоживания уплотненного осадка до состояния, при котором его можно убирать техникой при использовании синтетического флокулянта составляет 10 суток.

В аварийной ситуации, предусматривается налив осадка, как на площадки обезвоживания поз 108, так и на 3 аварийные площадки для кека - $36 \times 18 \text{ м}^2$.

Общая площадь карт для налива осадка составит $10\,260 \text{ м}^2$.

Дополнительные две карты позволят обеспечить вывоз обезвоженного осадка и подготовку карт под следующий налив.

Сбор воды с иловых карт осуществляется в сборник корп. 109, откуда собранные воды погружным насосом поз. 109.1/1,2 откачиваются в Копань

2.2.4.10 Складские помещения реагентного хозяйства

Предусмотрена площадь склада под хранение коагулянта $133,2 \text{ м}^2$; и $15,6 \text{ м}^2$ под хранение флокулянта и 4 емкости (3 - рабочих, 1 - резервная) для хранения кислоты объемом 32 м^3 .

Предусмотрено хранение коагулянта на складе в биг-бегах. Размещение их возможно в два яруса.

Для обеспечения нужд персонала чистой водой предусмотрен прием воды артезианской со скважины в буферные емкости поз 122.2/1,2. Из них вода артезианская выдается насосами поз. 122.1/1,2 выдается в сеть корп. 102 АБК.

Для сбора дождевых и талых вод на площадке очистных сооружений предусмотрены подземные резервуары поз.123/1-3. Откачка воды в автоматическом режиме по уровню осуществляется погружными насосами поз. Н123/1-3 в резервуар Копань.

2.3 Выбор и обоснование технического решения

В процессе очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот" используются флотореагенты и коагулянты, для приготовления растворов которых требуется вода повышенного качества. В настоящее время для этой цели используется артезианская вода, которая отвечает необходимым стандартам и обеспечивает стабильное качество растворов. Однако, использование артезианской воды связано с рядом проблем, таких как высокая стоимость добычи, значительное потребление природных ресурсов и потенциальное негативное воздействие на экосистему.

В связи с этим возникает необходимость поиска альтернативных источников воды, которые могли бы заменить артезианскую воду в технологическом процессе. Одним из таких решений является использование части очищенной сточной воды после доведения её качества до требуемых стандартов. Это позволит сократить потребление артезианской воды и снизить нагрузку на природные ресурсы.

При использовании очищенной сточной воды напрямую для приготовления растворов коагулянтов и флотореагентов наблюдаются следующие проблемы:

- увеличение вязкости растворов коагулянтов и флотореагентов, что затрудняет их применение в технологическом процессе;

- образование осадка в виде сгустков, что ухудшает эффективность очистки и может привести к засорению оборудования.

Эти проблемы обусловлены присутствием в очищенной сточной воде оставшихся растворенных солей, органических веществ и других микропримесей, которые взаимодействуют с коагулянтами и флотореагентами, изменяя их свойства.

Режим работы узла приготовления раствора коагулянта может быть нарушен по нескольким причинам, если используется техническая вода. Основные причины могут включать наличие в воде различных ионов и соединений, которые могут вступать в реакцию с гидроксохлоридом алюминия.

Ионы кальция и магния могут образовывать нерастворимые соединения с коагулянтом, что может приводить к образованию осадка и снижению

Ионы железа могут реагировать с коагулянтом, образуя нерастворимые гидроксиды железа, которые могут вызывать помутнение раствора и засорять оборудование.

Могут образовывать нерастворимые соединения с алюминием, что также может приводить к образованию осадка.

Реагируя с алюминием, фосфаты могут образовывать нерастворимые фосфаты алюминия.

Органические вещества могут реагировать с коагулянтом, образуя различные органические комплексы, которые могут ухудшать эффективность коагуляции и вызывать засорение оборудования.

Использование технической воды с вышеуказанными примесями может привести к нарушению режима работы узла приготовления раствора коагулянта, снижению эффективности процесса водоподготовки и увеличению затрат на очистку и обслуживание оборудования. Для минимизации этих проблем рекомендуется проводить предварительный анализ технической воды и, при необходимости, применять методы предочистки.

Предлагается техническое решение, включающее доведение качества части очищенной сточной воды до требуемых стандартов с целью её использования в процессе приготовления растворов коагулянтов и флотореагентов. Предлагается использование установки ионообменной очистки для удаления катионов, взаимодействующих реагентами. Схема предлагаемой установки приведена на рисунке 7.

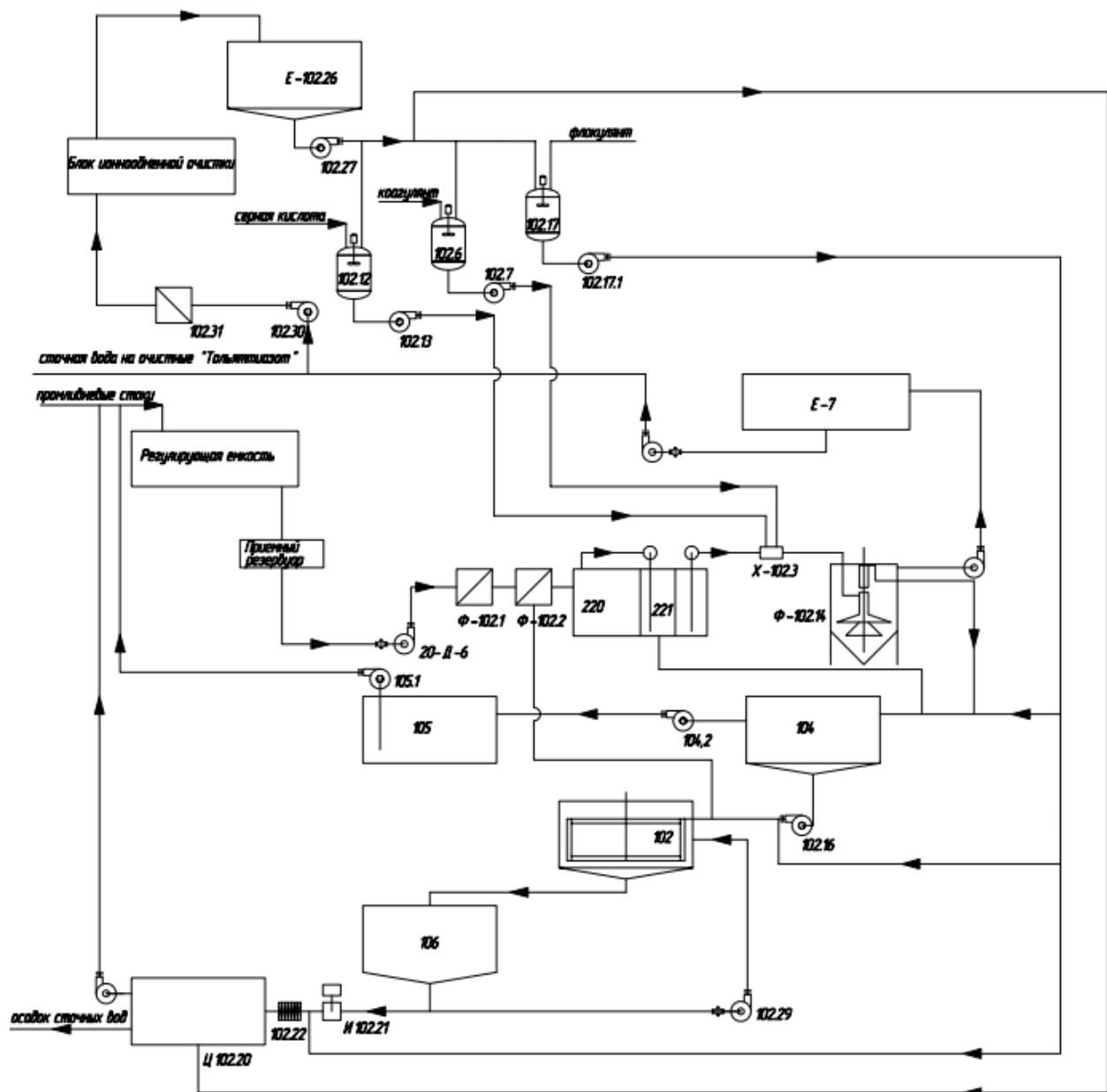


Рисунок 7 - Предлагаемая технологическая схема

Использование очищенной сточной воды позволит сократить расходы на добычу артезианской воды и снизить эксплуатационные затраты. Уменьшение потребления природных ресурсов и снижение нагрузки на экосистему благодаря отказу от использования артезианской воды. Дополнительная очистка сточной воды обеспечит стабильное качество растворов коагулянтов и флотореагентов, предотвращая изменение их свойств и образование осадка.

Использование части очищенной воды в технологическом процессе позволит сократить объем сточных вод, передаваемых на последующую очистку, на 2%, что дополнительно снизит нагрузку на очистные сооружения.

Принципиальная технологическая схема ионообменной установки представлена на рисунке 8

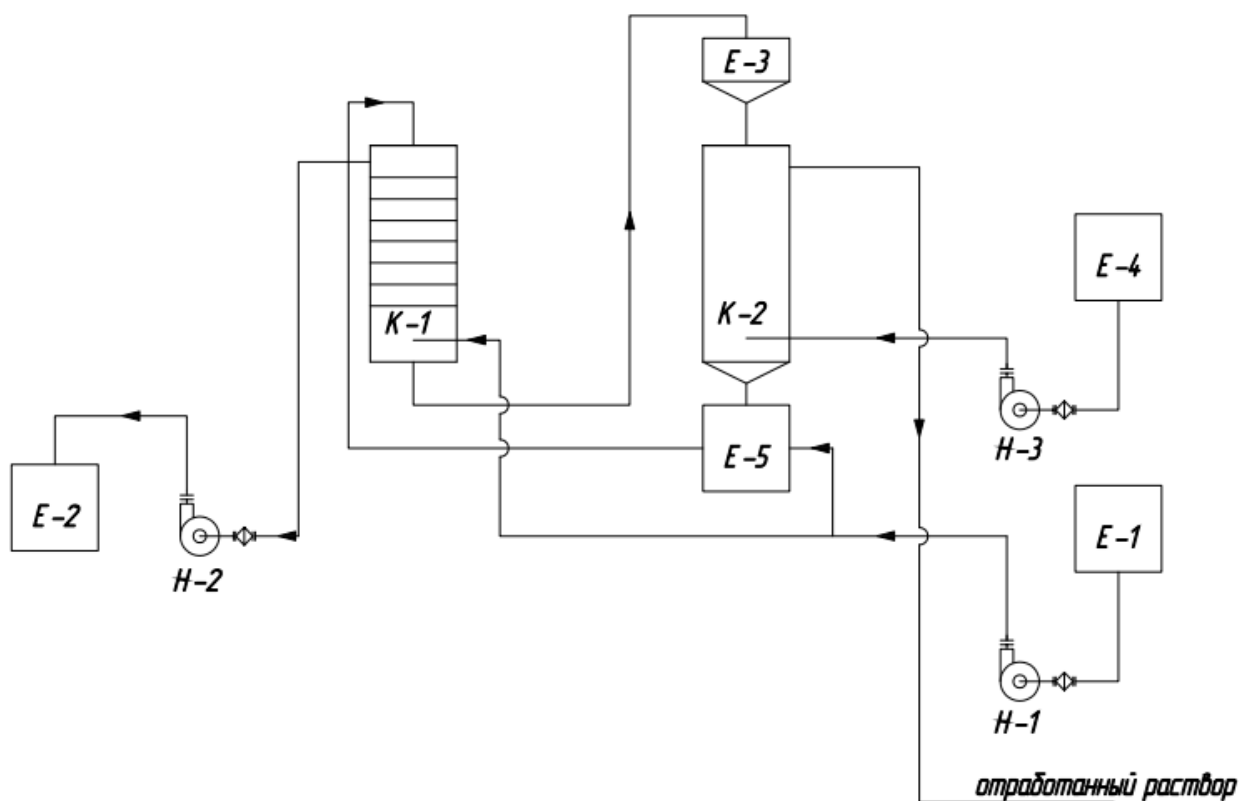
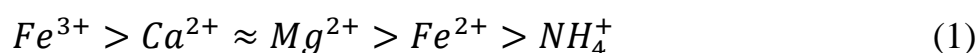


Рисунок 8 – Принципиальная схема катионообменной установки

В катионообменную колонну поступает исходная вода, очищенная от катионов кальция, раствор направляется в емкость очищенного раствора. Отработанная ионообменная смола выносится из колонны эйрлифтом и направляется в регенерационную колонну, где взаимодействует с 1 н раствором соляной кислоты.

Катионит имеет разную избирательность к различным ионам металлов. Это означает, что не все ионы будут задерживаться катионитом в равной мере. Избирательность зависит от ряда факторов, включая заряд и размер ионов, а также от конкретного типа катионита. Ионы кальция и магния двухвалентны. Как правило, катиониты имеют высокую избирательность к двухвалентным ионам по сравнению с одновалентными. Железо может существовать в растворе в двух или трехвалентной форме. Трехвалентные ионы (Fe^{3+}) имеют более высокую избирательность по сравнению с двухвалентными ионами. Одновалентный ион аммония имеют меньшую избирательность по сравнению с двух- или трехвалентными ионами.

В общем случае избирательность катионита для этих ионов будет выглядеть следующим образом:



Катионит будет задерживать трехвалентные ионы железа лучше всего, затем двухвалентные ионы кальция и магния, за ними будут следовать двухвалентные ионы железа, и наконец, одновалентные ионы аммония.

Вывод по разделу: Внедрение использования части получаемой в основном процессе очищенной воды после дополнительной очистки для приготовления растворов реагентов не только повысит эффективность очистки сточных вод и сократит затраты на водоснабжение, но и обеспечит экологическую устойчивость предприятия ПАО "Куйбышевахот". Это соответствует современным тенденциям в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

3 Расчетная часть

3.1 Материальный баланс

Данные об основных катионах, содержащихся в сточной воде приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Катионы, содержащиеся в сточной воде

Определяемый ион	Концентрация, мг/л
Fe ³⁺	0,7
Ca ²⁺	68,3
NH ₄ ⁺	18

Расчет произведем на литр сточной воды

Найдем количество эквивалентов веществ, участвующих в процессе по формуле:

$$M_{\text{экв.}i} = M_i \cdot f_{\text{э.}i} \quad (2)$$

Подставим значения в формулу (2):

$$M_{\text{экв. Fe}^{3+}} = 56 \cdot \frac{1}{3} = 18,67 \text{ г/моль} \cdot \text{ЭКВ}$$

$$M_{\text{экв. Ca}^{2+}} = 40 \cdot \frac{1}{2} = 20 \text{ г/моль} \cdot \text{ЭКВ}$$

$$M_{\text{экв. NH}_4^+} = 18 \cdot 1 = 18 \text{ г/моль} \cdot \text{ЭКВ}$$

$$M_{\text{экв. HCl}} = 36,5 \cdot 1 = 36,5 \text{ г/моль} \cdot \text{ЭКВ}$$

Найдем удельное количество кислоты, требуемое на регенерацию:

$$m_{HCl} = \sum_{i=1}^n \frac{m_i}{M_{\text{экв.}i}} \cdot M_{\text{экв.} HCl} \quad (3)$$

Подставим значения в формулу (3)

$$m_{HCl} = \left(\frac{0,7}{18,67} + \frac{68,3}{20} + \frac{18}{18} \right) \cdot 36,5 = 162,5 \text{ мг}$$

Примем что обработка катионита ведется 1 нормальным раствором соляной кислоты. Также примем степень извлечение катионов 95%. Рассчитаем материальный баланс процесса исходя из максимальной потребности по технической воде $G_{\text{общ}}=20000 \text{ кг/ч}$, заявленной в регламенте.

Рассчитаем массовые расходы потоков по формуле:

$$G_i = G_{\text{общ}} \cdot x_i \quad (4)$$

Подставим значения в формулу

$$G_{Fe^{3+}}^{\text{исх}} = 20000 \cdot 7 \cdot 10^{-7} = 0,014 \text{ кг/ч}$$

$$G_{Ca^{2+}}^{\text{исх}} = 20000 \cdot 6,83 \cdot 10^{-5} = 1,37 \text{ кг/ч}$$

$$G_{NH_4^+}^{\text{исх}} = 20000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} = 0,36 \text{ кг/ч}$$

С учетом степени извлечения найдем массовые расходы компонентов потока сточной воды

$$G_{Fe^{3+}}^{\text{сток}} = 20000 \cdot 7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,95 = 0,013 \text{ кг/ч}$$

$$G_{Ca^{2+}}^{\text{сток}} = 20000 \cdot 6,83 \cdot 10^{-5} \cdot 0,95 = 1,3 \text{ кг/ч}$$

$$G_{NH_4^+}^{\text{сток}} = 20000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,95 = 0,34 \text{ кг/ч}$$

С учетом степени извлечения найдем массовые расходы компонентов потока очищенной воды

$$G_{Fe^{3+}}^{оч} = 20000 \cdot 7 \cdot 10^{-7} \cdot 0,05 = 0,001 \text{ кг/ч}$$

$$G_{Ca^{2+}}^{оч} = 20000 \cdot 6,83 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05 = 0,069 \text{ кг/ч}$$

$$G_{NH_4^+}^{оч} = 20000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 0,05 = 0,018 \text{ кг/ч}$$

Найдем требуемый расход хлороводорода соляной кислоты, который пойдет на регенерацию

$$G_{HCl}^{исх} = 20000 \cdot \frac{162,5}{10^6} = 3,25 \text{ кг/ч}$$

Найдем количество 1 нормальной соляной кислоты

$$G_{с.к.}^{исх} = \frac{3,25}{0,0365} = 89 \text{ кг/ч}$$

Найдем количество воды в 1 нормальной соляной кислоты

$$G_{с.к.-H_2O}^{исх} = 89 - 3,25 = 85,75 \text{ кг/ч}$$

Результаты расчетов материального баланса представлены в таблице 4

Таблица 4 – Материальный баланс процесса

Приход		Расход	
Наименование компонента	Расход, кг/ч	Наименование компонента	Расход, кг/ч
Исходная вода		Очищенная вода	
Fe ³⁺	0,014	Fe ³⁺	0,001
Ca ²⁺	1,37	Ca ²⁺	0,069
NH ₄ ⁺	0,36	NH ₄ ⁺	0,018

H ₂ O	19998,256	H ₂ O	19999,912
Соляная кислота		Сточная вода	
HCl	3,25	Fe ³⁺	0,013
H ₂ O	85,75	Ca ²⁺	1,3
		NH ₄ ⁺	0,34
		H ₂ O	84,527
		Cl ⁻	3,16
Итого	20089	Итого	20089

Таким образом бы произведен расчет материального баланса и результаты представлены в таблице 4.

3.2 Конструктивный расчет ионообменной установки

Ионообменная установка предназначена для удаления из исходной воды, расходом 20м³/ч, катионов концентрацией 4,25 моль экв/м³, степень извлечения компонентов 95%, температуру примем 20°С, катионит КУ-2, для регенерации катионита используется 1н раствор соляной кислоты.

Полная емкость катионит составляет 4,75 ммол экв/г, удельный объем 3см³/г, средний диаметр гранулы 0,9мм, насыпная плотность 780кг/м³

Константа равновесия на основании закона действующих масс вычисляет по уравнению:

$$X^* = \frac{KX_0C/C_H}{1+(K-1) \cdot C/C_H} \quad (5)$$

$$\text{где } X_0 = 4,75 \cdot 22,98 \cdot 10^{-3} = 0,11 \text{ кг/кг}$$

$$C_H = 4,35 \cdot 22,98 \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ кг/м}^3$$

Используя значения констант его можно привести к виду:

$$X^* = 1,32C/(1 + 2C) \quad (6)$$

«Из анализа литературных данных следует, что высота псевдоожоженного слоя в подобных установках превышает высоту неподвижного в 1,5-2 раза. Порозность неподвижного слоя составляет 0,4. Соответственно интервал изменения порозности в рабочем режиме будет 0,6-0,7. Примем порозность слоя 0,65» [6].

Плотность частиц набухшего катионита рассчитаем по формуле

$$\rho_x = \rho_{\text{кас}}/(1 - \varepsilon_0) \quad (7)$$

Подставим значения в формулу (7)

$$\rho_x = 780/(1 - 0,4) = 1300 \text{ кг/м}^3$$

Критерий Архимеда находится по формуле

$$Ar = \frac{d^3 \rho_y (\rho_x - \rho_y) g}{\mu^2} \quad (8)$$

Подставим значения в формулу (8)

$$Ar = (0,9 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1000(1300 - 1000) \cdot \frac{9,81}{[(10^{-3})^2]} = 2145$$

Критерий Рейнольдса определяется по формуле

$$Re = Ar \varepsilon^{4,75} / (18 + 0,61 \sqrt{Ar \varepsilon^{4,75}}) \quad (9)$$

Подставим значения в формулу (9)

$$\text{Re} = \frac{2145(0,65)^{4,75}}{18 + 0,61\sqrt{2145 \cdot 0,65^{4,75}}} = 9,83$$

Скорость движения жидкости определяется по формуле

$$w = \frac{\text{Re}_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}}} \quad (10)$$

Подставим значения в формулу (10)

$$w = 9,83 \cdot \frac{10^{-3}}{0,90 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = 0,011 \text{ м/с}$$

Диаметр аппарата определяется по формуле

$$D = \sqrt{V/(0,785w)} = \sqrt{20/(3600 \cdot 0,785 \cdot 0,011)} = 0,802 \text{ м}$$

Примем $D=0,8\text{м}$.

«Фаза, которая определяет диффузионное сопротивление определяется по критерию Био. Если его значение больше 20 то скорость процесса массопереноса определяется внутренней диффузией, если значение менее 1 то преобладает внешнее диффузионное сопротивление. Значение критерия Био определяется по формуле» [6]:

$$\text{Bi}' = \frac{\beta_c R}{\rho_{\text{и}} D_{\text{э}} \Gamma} \quad (11)$$

β_c – коэффициент внешней массоотдачи, м/с;

$D_{\text{э}}$ – эффективный коэффициент диффузии в частице, м²/с ;

Γ – тангенс угла наклона равновесной линии, м³/кг;

$\rho_{\text{и}}$ – плотность ионита, кг/м³.

Критерий Прандтля определяется по уравнению

$$\text{Pr}' = \frac{\mu_y}{\rho_y \cdot D_y} \quad (12)$$

Подставим значения в формулу (12)

$$\text{Pr}' = \frac{10^{-3}}{1000 \cdot 1,17 \cdot 10^{-9}} = 854,7$$

Диффузионные критерии связаны следующим уравнением

$$\text{Nu}' = 2 + 1,5(\text{Pr}')^{0,33} [(1 - \varepsilon)\text{Re}]^{0,5} \quad (13)$$

Подставим значения в формулу (13)

$$\text{Nu}' = 2,0 + 1,5 \cdot 854,7^{0,33} [(1 - 0,65) \cdot 9,83]^{0,05} = 16,75$$

Коэффициент внешней массоотдачи определяется по формуле

$$\beta_c = \text{Nu}' D_y / d \quad (14)$$

Подставим значения в формулу (14)

$$\beta_c = 16,75 \cdot 1,17 \cdot \frac{10^{-9}}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 22 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$$

В области малых концентраций равновесная линия описывается линейным уравнением. Соответственно, тангенс ее наклона можно принять $X^*(C_{\text{ср}})/C_{\text{ср}}$

Среднюю концентрацию катионов находят по уравнению

$$C_{\text{ср}} = \frac{C_{\text{H}} - C_{\text{K}}}{\ln(C_{\text{H}}/C_{\text{K}})} \quad (15)$$

Подставим значения в формулу (15)

$$C_{\text{ср}} = \frac{0,1 - 0,005}{\ln\left(\frac{0,1}{0,005}\right)} = 0,032 \text{ кг/м}^3$$

Найдем среднюю равновесную концентрацию катионов по формуле (6)

$$X^*(C_{\text{ср}}) = 1,32 \cdot \frac{0,032}{1 + 2 \cdot 0,032} = 0,040 \text{ кг/кг}$$

Средний тангенс угла наклона находится по уравнению

$$\Gamma = X^*(C_{\text{ср}})/C_{\text{ср}} \quad (16)$$

Подставим значения в формулу (16)

$$\Gamma = \frac{0,040}{0,032} = 1,25$$

Плотность слоя ионита находится по формуле

$$\rho_{\text{и}} = v_0^{-1}/(1 - \varepsilon_0) \quad (17)$$

Подставим значения в формулу (17)

$$\rho_{\text{и}} = 333,31 / (1 - 0,4) = 555,5 \text{ кг/м}^3$$

Найдем значение критерия Био по уравнению

$$Bi' = \frac{\beta_c R}{\rho_{\text{и}} D_3 \Gamma} \quad (18)$$

где $D_3 = 2,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$

Подставим значения в формулу (18)

$$Bi' = \frac{22 \cdot 10^{-6} \cdot 0,45 \cdot 10^{-3}}{555,5 \cdot 2,3 \cdot 10^{-10} \cdot 1,25} = 0,062$$

Минимальный расход ионита находится по формуле

$$G_{\text{x min}} = \frac{V(C_{\text{H}} - C_{\text{K}})}{X^*(C_{\text{K}})} \quad (19)$$

где $X^*(C_{\text{K}}) = 1,32 \cdot 0,0051 + 2 \cdot 0,005 = 0,0065 \text{ кг/кг}$

Подставим значения в формулу (19)

$$G_{\text{x min}} = \frac{10(0,1 - 0,005)}{0,0065} = 146,2 \text{ кг}$$

Рабочий расход находится по формуле

$$G_{\text{x}} = 1,2 G_{\text{x min}} \quad (20)$$

Подставим значения в формулу (20)

$$G_x = 1,2 \cdot 146,2 = 175,4 \text{ кг/ч}$$

Конечная концентрация катионита

$$X_k = \frac{10(0,1 - 0,05)}{175,4} = 0,0054 \text{ кг/кг}$$

Среднее время пребывания частиц катионита в аппарате найдем по формуле:

$$\tau_{cp} = \frac{\rho_{и} \Gamma R X_k / X^* (C_{cp})}{3 \beta_c [1 - X_k / X^* (C_{cp})]} \quad (21)$$

Подставим значения в формулу (21):

$$\tau_{cp} = \frac{0,45 \cdot 10^{-3} \cdot 555,5 \cdot 0,0054 / 0,04}{3 (1 - 0,0054 / 0,04) \cdot 2,2 \cdot 10^{-6}} = 739 \text{ с}$$

Объем расход катионита найдем по формуле:

$$V_\lambda = G_x / \rho_{и} \quad (22)$$

Подставим значения в формулу (22):

$$V_\lambda = \frac{175,4}{3600 \cdot 555,5} = 8,77 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

Объем псевдооживленного слоя вычисляется по формуле

$$V = V_{\lambda} \cdot \tau_{cp} / (1 - \varepsilon) \quad (23)$$

Подставим значения в формулу (23)

$$V = 8,77 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{739}{1 - 0,65} = 0,185 \text{ м}^3$$

Высота псевдооживленного слоя определяется по уравнению:

$$H_c = V_c / (0,785 \cdot D^2) \quad (24)$$

Подставим значения в формулу (24)

$$H_c = \frac{0,185}{0,785 \cdot 0,8^2} = 0,37 \text{ м}$$

Высота сепарационного пространства определяется скоростью витания частиц ионита минимального размера. Для катионита КУ-2 это 0,3мм.

Критериальное уравнение процесса выглядит следующим образом:

$$Re = Ar / (18 + 0,61\sqrt{Ar}) \quad (25)$$

Найдем значение критерия Архимеда при $d = 0,3$ мм, из формулы (25)

$$Ar = \frac{[(0,3 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 1000(1300 - 1000)9,81]}{(10^{-3})^2} = 79,5$$

Найдем скорость витания по формуле (10)

$$w = \frac{79,5}{(18 + 0,61\sqrt{79,5})} \cdot \frac{10^{-3}}{0,3 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = 0,011 \text{ м/с}$$

Скорость уноса равна рабочей. Примем запас по высоте слоя 30%.
 $H_c = 0,48 \text{ м}$

Высоту сепарационной зоны примем в два раза больше. Высота колонны определяется формулой:

$$H_k = 3 \cdot H_c \quad (26)$$

Подставим значения в формулу (26)

$$H_k = 3 \cdot 0,48 = 1,44 \text{ м}$$

Вывод по разделу: Для реализации процесса ионнообменной очистки 20 м³/ч исходной воды со степенью извлечения катионов 95% понадобится колонна диаметром 0,8 м, высотой 1,44 м, со слоем катионита КУ-2 0,48 м

Заключение

В работе была рассмотрена проблема очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот". Основное внимание уделено оптимизации процесса использования флокулянтов и коагулянтов, для приготовления растворов которых требуется вода повышенного качества. Введение, аналитическая часть, технологическая часть и расчетная часть работы позволили комплексно изучить текущие проблемы и предложить эффективное техническое решение.

Актуальность темы работы, обусловленная необходимостью снижения потребления природных ресурсов и улучшения экологических показателей предприятия. Были поставлены цели и задачи исследования, направленные на оптимизацию процесса очистки сточных вод.

Предложено использовать часть очищенной сточной воды после доведения её качества до необходимых стандартов для приготовления растворов коагулянтов и флокулянтов. Это решение позволит сократить потребление артезианской воды, снизить эксплуатационные затраты и уменьшить объем сточных вод, передаваемых на последующую очистку.

В расчетной части работы были выполнены необходимые расчеты, подтверждающие целесообразность и эффективность предложенного технического решения. Проведены расчеты, определяющие количество и состав сточных вод на различных этапах очистки. Разработан конструктивный расчет установки для доочистки воды, обеспечивающий требуемое качество для приготовления растворов коагулянтов и флокулянтов.

Оптимизация процесса очистки сточных вод на предприятии ПАО "Куйбышевазот" позволит не только улучшить экологические показатели, но и сократить затраты на водоснабжение. Внедрение современных технологий очистки и использование очищенной сточной воды в технологических процессах обеспечат устойчивое развитие предприятия и снижение воздействия на окружающую среду.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Асонов А.М. Расчет сооружений очистки городских сточных вод. 2016. 67с.
2. Васина Л.Г., Богловский А.В., Меньшикова В.Л., Шипилова О.В. Оценка эффективности коагуляции воды оксихлоридом алюминия на Шатурской ГРЭС-5 // Энергосбережение и водоподготовка. 2018. – №1. – с.51–55.
3. Ветошкин А.Г. Основы инженерной экологии [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Г. Ветошкин. — Электрон дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. 332 с.
4. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 704 с.
5. Гончарук В. В. Комплексная очистка сточных вод // Химия и технология воды. 2020. № 1. С. 55-6
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. Жадан А.В. Практическая реализация противоточной технологии ионного обмена // А.В. Жадан., Е.Н. Бушуев / Вестник ИГЭУ. Вып. 5, 2017, С.10–15.
8. 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.
9. Ильин В. И. Разработка технологических решений по очистке сточных вод до предельно допустимых концентраций // Экология промышленного производства. 2021. № 1. С. 66-68.
10. 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;

11. Ким В. С. Внедрение энергоэффективной биотехнологии очистки городских сточных вод // Водоочистка. 2018. № 4. С. 34–38.

12. Кичигин, В.И. Моделирование процессов очистки воды. Гриф МО РФ / В.И. Кичигин. М.: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2017. 491 с.;

13. Когановский А. М. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / А. М. Когановский, Н. А. Клименко, Т. М. Левченко. М.: Химия, 2018. - 288 с

14. Лекомцев В. Р. Обзор основных методов обезжелезивания воды / В. Р. Лекомцев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 29 (163). — С. 17-20.

15. Никифоров А. Ф. Теоретические основы сорбционных процессов очистки воды: учебное пособие / А. Ф. Никифоров, А. С. Кутергин, А. В. Воронина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 100 с.

16. 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.;

17. Основы природопользования и энергоресурсосбережения: учебное пособие / В. В. Денисов [и др.] ; под ред. В. В. Денисова. СанктПетербург : Лань, 2018. 408 с. : ил;

18. Постоянный технологический регламент цеха №39 канализационных очистных сооружений Северного промузла «Копань»;

19. Реховская Е. О. Повышение качества многоступенчатого процесса очистки воды / Е. О. Реховская, А. С. Макарова. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2016. — № 20 (124). — С. 467-470.

20. Самыгин В. Д. Процессы и аппараты очистки сточных вод. М. : Издательский дом МИСиС, 2019. 222 с

21. Яничева Н. Ю. Синтетический иванюкит - перспективный ионообменный материал. / Н. Ю. Яничева, Г. О. Калашникова. // Вестник

Мурманского государственного технического университета. – 2014. – № 1. – С. 106-111.

22. Chaudhary D.S. Granular Activated Carbon (GAC) Biofilter for low strength Wastewater Treatment / D.S. Chaudhary, S. Vigneswaran, H. H. Ngo, W.G. Shim, H. Moon // Environmental Engineering Reserch. – 2020. – Vol.8, No. 4. – p. 184-192.

23. Hammer J. M. Water and wastewater Technology / J. M. Hammer, J. M. Hammer Jr. // 4th edition. New Jersey: Prentice Hall Inc., 2021. – 540 p.

24. Mackenzie L. Davis. Water and Wastewater Engineering. 2019. 1296 p.

25. Malcolm C. McLaughlin, M.A. Alan S. Zisman, M.D. The Aqueous cleaning handbook. 2017. 186 p.

26. Small scale waste water treatment by anaerobic process at common effluent treatment plant // International Journal of Engineering sciences & research technology. 2018. № 4(7), P. 1031–1035.

27. Zhen G., Lu. X., Kato H. Overview of pretreatment strategies for enhancing sewage sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. № 6. P. 559–577.