

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 «Техносферная безопасность»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Усовершенствование технологий сбора и очистки промышленных
сточных вод

Обучающийся

А.М. Досмухамбетов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.б.н., доцент, Н.Г. Шерышева

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

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

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

Тольятти 2022

Аннотация

Ключевые слова: сточные воды, сбор и очистка, промышленные предприятия, технологическая схема, регламентированная процедура, аварийный выброс, канализация, отходы, чрезвычайная ситуация.

Бакалаврская работа имеет объем 42 страницы, состоит из семи разделов, в своем составе имеет 9 рисунков, 5 таблиц, 21 литературный источник.

Актуальность работы обосновывается тем, что в последние годы вопросам качества сточных вод, дальнейшего использования их для технических нужд уделяется повышенное внимание. Процессы очисток весьма разнообразны и требуют постоянной модернизации, поскольку зависят от наличия примесей в сточных водах, их химического состава, количества, которые изменяются в связи с вновь вводимыми технологическими процессами. Наличие существующих проблем в области охраны окружающей среды обязывает модернизировать системы очистки и защиты водных объектов.

Целью данного исследования является анализ и совершенствование технологий сбора и очистки промышленных сточных вод.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	5
Перечень сокращений и обозначений.....	6
1 Характеристика производственного объекта.....	7
2 Анализ безопасности объекта.....	12
2.1 Анализ системы сбора и очистки промышленных сточных вод на предприятии. Характеристика очистного оборудования.....	12
2.2 Анализ состава промышленных сточных вод. Определение степени очистки промышленных сточных вод.....	19
3 Разработка технического решения по повышению эффективности сбора и очистки промышленных сточных вод	22
4 Охрана труда.....	25
5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность.....	28
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях.....	31
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	34
Заключение.....	38
Список используемых источников.....	40
Приложение А Технологическая схема очистных сооружений ООО «Велес».....	42

Введение

Наличие существующих проблем в области охраны окружающей среды обязывает модернизировать системы очистки и защиты водных объектов.

Основной проблемой в вопросах сохранения качества воды и природных условий для обитателей водной среды служат сточные воды. В современном мире загрязнения водных объектов привели во многих случаях к утрате качества воды и, соответственно, были потеряны рыбоводческие и санитарно-бытовые источники использования водных объектов.

В последние годы вопросам качества сточных вод, дальнейшего использования их для технических нужд уделяется повышенное внимание. Процессы очисток весьма разнообразны и требуют постоянной модернизации, поскольку зависят от наличия примесей в сточных водах, их химического состава, количества, которые изменяются в связи с вновь вошедшими технологическими процессами.

Целью данного исследования является анализ и совершенствование технологий сбора и очистки промышленных сточных вод. Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующий ряд задач:

- дать характеристику производственного объекта;
- провести анализ системы сбора и очистки промышленных сточных вод на предприятии, состава промышленных сточных вод;
- разработать техническое решение по повышению эффективности сбора и очистки промышленных сточных вод;
- провести анализ политики организации в области охраны труда и окружающей среды и экологической безопасности;
- оценить эффективность мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.

Объект настоящего исследования – ООО «Велес». Предмет исследования – параметры работы оборудования очистки сточных вод.

Термины и определения

Очистка сточных вод – комплекс мероприятий по удалению загрязнений, содержащихся в бытовых и промышленных сточных водах перед выпуском их в водоёмы.

Песковые площадки – площадки для обезвоживания осадка (крупных минеральных примесей) из пескоуловителей.

Песколовка – сооружение для механической очистки сточных вод, служит для выделения мелких тяжёлых минеральных частиц (песок, шлак, бой стекла т. п.) путём осаждения [14].

Радиальный отстойник – это сооружение для очистки воды, в котором движение потока происходит в радиальном направлении из центральной части к периферии, где располагается кольцевой водосборный лоток [3].

Решётка – сооружение для механической очистки сточных вод, служит для задержания крупных загрязнений органического и минерального происхождения.

Сточные воды – «воды, которые образуются в результате бытовой и производственной деятельности человека, а также собираются на водосборной антропогенной (то есть созданной с участием человека) площади и в дальнейшем отводятся в места их утилизации» [16].

Перечень сокращений и обозначений

БПК – биохимическое потребление кислорода.

ВИК – визуальный и измерительный контроль.

ЗРА – запорно-регулирующая аппаратура.

ИТР – инженерно-технический работник.

НД – нормативная документация.

ООО – общество с ограниченной ответственностью.

ПАЗ – противоаварийная защита.

ППК – программа производственного контроля.

СА – система автоматизации.

ТД – техническое диагностирование.

ФНП – федеральные нормы и правила.

1 Характеристика производственного объекта

В настоящем исследовании рассмотрим технологический процесс на объекте – ООО «Велес». Адрес организации: Оренбургская обл., г. Оренбург, ул. Новая, д. 8. Основной вид деятельности – деятельность в области архитектуры, инженерных изысканий и предоставление технических консультаций в этих областях, производство изделий из бетона, цемента и гипса, производство абразивных и неметаллических минеральных изделий, не включенных в другие группировки, производство абразивных изделий, ремонт металлоизделий.

Структура управления ООО «Велес» представлена на рисунке 1.

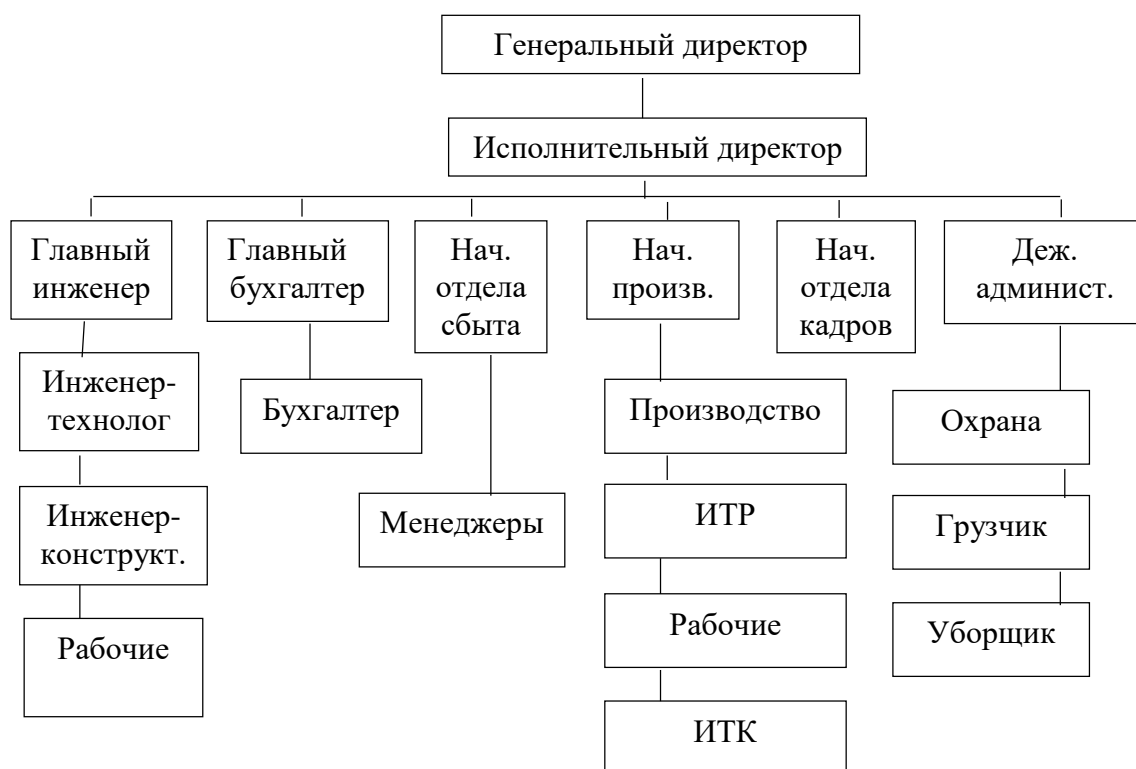


Рисунок 1 – Структура управления ООО «Велес»

Технологическая схема очистных сооружений ООО «Велес» представлена в приложении А.1.

Согласно приложению А «очистка сточных вод представляет собой целый комплекс мероприятий, проводимых с целью удаления загрязнений, содержащихся как в бытовых, так и в промышленных сточных водах. Обычно такая очистка проводится в КОС установках» [5].

«Очищение в ООО «Велес» проводится в несколько этапов:

- механический;
- физико-химический;
- биологический;
- дезинфекция сточных вод» [5].

«На механическом этапе проводится предварительная очистка сточных вод, стекающих на очистные сооружения. При этом происходит не только их подготовка к биологической очистке, но и задержание различных нерастворимых примесей» [7].

«К сооружениям, которые используются при механической очистке сточных вод, относят:

- решетки и сита;
- первичные отстойники;
- песколовки;
- септики;
- мембранные элементы» [7].

«Для задержания каких-либо крупных загрязнений минерального и органического происхождения, прежде всего применяют решетки, а при необходимости более полного выделения различных грубодисперсных примесей используют сита. Максимальная ширина каждого из прозоров решетки не превышает 16 мм. Отбросы, образовавшиеся на решетках, либо дробятся и направляются с остальными осадками очистных сооружений для совместной переработки, либо вывозятся в специальные места, где осуществляется обработка промышленных и твердых бытовых отходов» [18].

«Затем сточные воды проходят через специальные песколовки, на которых под действием силы тяжести осаждаются мелкие частицы (шлак,

песок, бой стекла и т.п.), и жироловки, где с поверхности воды путем флотации удаляются гидрофобные вещества. Песок, образующийся на песколовках, обычно складывают или используют в дорожных работах. Мембранная технология, которая в последнее время является наиболее перспективным способом для очистки стоков, применяется комплексно с традиционными способами для очень глубокой очистки сточных вод и их возврата в производственный цикл. После такой очистки для последующего выделения взвешенных веществ воды поступают на первичные отстойники. При этом БПК снижается до 20-40%» [20].

«В результате проведенной механической очистки количество минеральных загрязнений снижается на 60-70%, а БПК – на 30%. Кроме того, проведение данного этапа очистки очень важно для установления равномерного движения стоков (их усреднения), что позволяет избежать значительных колебаний объема сточных вод на следующем –биологическом этапе. На биологическом этапе происходит деградация органической составляющей стоков микроорганизмами (простейшими, бактериями), минерализация вод, удаление фосфора и органического азота и снижение БПК. Могут быть использованы не только аэробные, но и анаэробные микроорганизмы. Биологическая очистка может производиться несколькими способами, но самыми основными считаются активный ил (аэротенки). В первичных отстойниках, в которые попадают стоки на данном этапе, происходит осаждение взвешенной органики. Отстойники – железобетонные резервуары, глубина которых составляет пять метров, а диаметр – 40 и 54 метра. Снизу в их центры подаются стоки, затем осадок скапливается в центральном приемке, а специальный поплавок, находящийся сверху, сгоняет в бункер все легкие загрязнения» [17].

«Кроме того, после аэротенков и первичных отстойников устанавливается вторая линия отстойников, включающая илососы. С их помощью со дна отстойников очистных сооружений хозяйственных и промышленных стоков удаляется активный ил. На данный момент из-за

применения оборотных систем водоснабжения существенно увеличилось использование физико-химических методов очистки стоков» [10].

«Такие методы используются для очистки от различных растворенных примесей и взвешенных частиц. При помощи установок ультрафиолетового облучения происходит окончательное обеззараживание стоков, предназначенных для сброса в водоем, либо на рельеф местности. Также, кроме ультрафиолетового облучения, для обеззараживания очищенных сточных вод на протяжении 30 минут проводится обработка хлором» [21]. «Хлор уже довольно давно используют как основной обеззараживающий реагент на многих очистных станциях. Но так как хлор является очень токсичным химическим веществом и может представлять огромную опасность для окружающей среды, то очистные предприятия для обеззараживания стоков начали рассматривать варианты других реагентов: дезавит, гипохлорит и озонирование» [19].

Выводы по первому разделу

В первом разделе охарактеризованы общие сведения для выбранного объекта: расположение, функциональное назначение, основные виды деятельности, структура управления организацией, осуществляемые технологические процессы. Очистение в ООО «Велес» проводится в несколько этапов: механический, физико-химический, биологический, дезинфекция сточных вод [5]. Рассмотренный в разделе технологический процесс - биологическая очистка, которая в ООО «Велес» производится с помощью активного ила (аэротенки).

2 Анализ безопасности объекта

2.1 Анализ системы сбора и очистки промышленных сточных вод на предприятии. Характеристика очистного оборудования

Использование решеток в процессах очистки сточной воды позволяет удалить крупные фракции загрязняющих не растворимых веществ. В ООО «Велес» используются круглые, прямоугольные по форме решетки. Они изготовлены в виде подвижных и неподвижных конструкций; очистка решеток производится как вручную, так и механическим способом; также решетки устанавливаются в ООО «Велес» как вертикально, так и наклонно, в зависимости от напорного или самотечного поступления стоков.

Схема установки решетки представлена на рисунке 2.

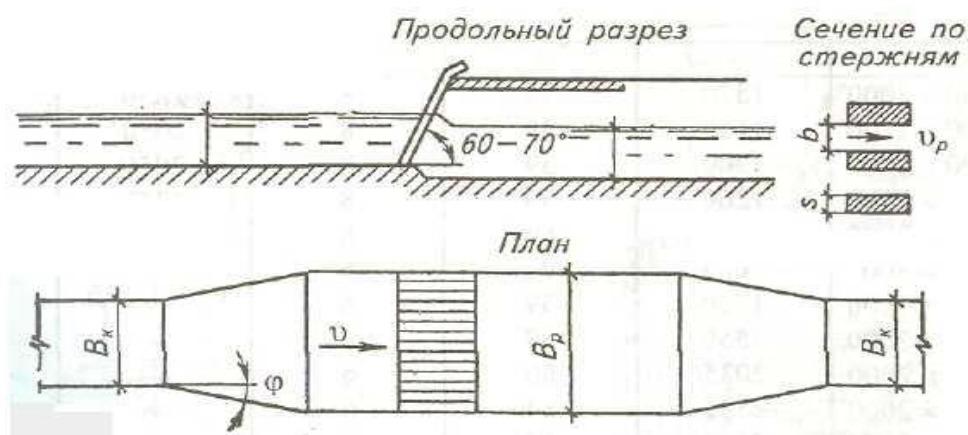


Рисунок 2 – Схема установки решётки в ООО «Велес»

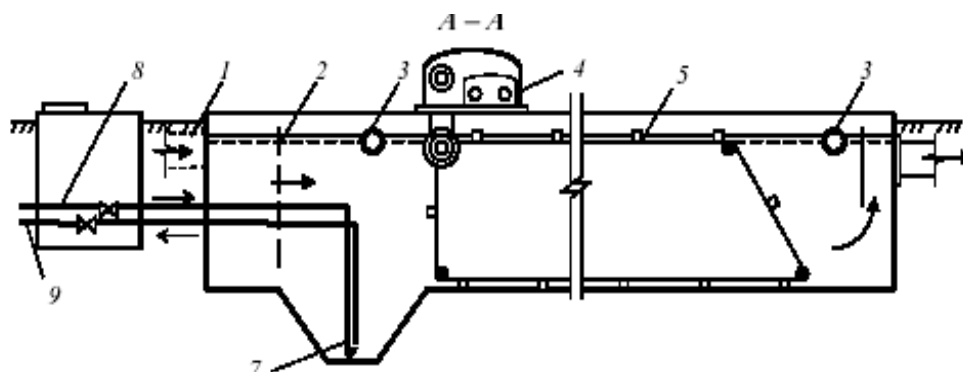
Основное предназначение решеток в ООО «Велес» заключается также и в защитной функции очистных сооружений, поскольку извлекают из сточной воды различный мусор, крупные элементы загрязнений и не позволяют им засорять трубные соединения, каналы, предотвращают поломки двигательных элементов оборудования очистных станций.

Сточные воды в процессе самотека проходят через решетки, которые вылавливают крупный мусор. После процесса очистки решеток, мусор с них поступает в участок утилизации, измельчается в зависимости от его состава.

Применение нефтеловушек в процессе очистки сточных вод, в которых содержатся нефтепродукты, позволяют удалить основную их часть, а также твердые примеси.

В нефтеловушке ООО «Велес» предусмотрены две работающие секции, за счет чего обеспечивается бесперебойность работы ловушки. В ней имеются нефтесборные трубы, скребковый транспортер, позволяющий убрать всплывающие нефтепродукты, перегнать осадки в приямок. Скребковый механизм должен включаться так часто, чтобы не допустить превышения толщины слоя нефтяных загрязнений чем высота бруса в скребковом транспортере, но один раз за смену в обязательном порядке. Накопленные осадки из приямка удаляются посредством гидроэлеватора.

Схема горизонтальной нефтеловушки ООО «Велес» представлена на рисунке 3.



«1 – подводная труба; 2 – щелевая распределительная перегородка; 3 – нефтесборная труба; 4 – механизм передвижения скребков; 5 – скребковый транспортер; 6 – трубопровод отвода осветленной воды; 7 – гидроэлеватор; 8 – подача воды к гидроэлеватору; 9 – отвод осадка» [19]

Рисунок 3 – Горизонтальная нефтеловушка в ООО «Велес»

Принцип действия нефтеловушки в ООО «Велес» состоит в равномерном распределении сточных вод на ряд секций, в удалении своевременно осадков и плавающих нефтяных веществ, в постоянном контроле качества сточной воды.

Наличие отстойника позволяет удалять не растворимые, оседающие или плавающие примеси из стоков с помощью процесса осаждения по закону силы тяжести. Процесс отстаивания, за счет которого выделяются не растворимые, оседающие или плавающие примеси, можно отнести к самому распространенному способу разделения фракций.

Одним из явных достоинств отстойника вертикального исполнения в ООО «Велес» следует назвать простоту исполнения, осадки удаляются с помощью гидравлического давления. Вертикальные отстойники – это округлые резервуары, имеющие коническое днище.

В них стоки проходят через центральную трубу, внизу на выходе они изменяет направление – идет медленный подъем воды до сливного желоба. В этом движении из стоков удаляются различные грубые фракции примесей, поскольку они тяжелее воды. Центральная труба имеет раструб, пониже него смонтирован отражательный щит, которые совместно обеспечивают хорошее распределение воды по всему объему отстойника, а также не позволяют взмучивать осадки.

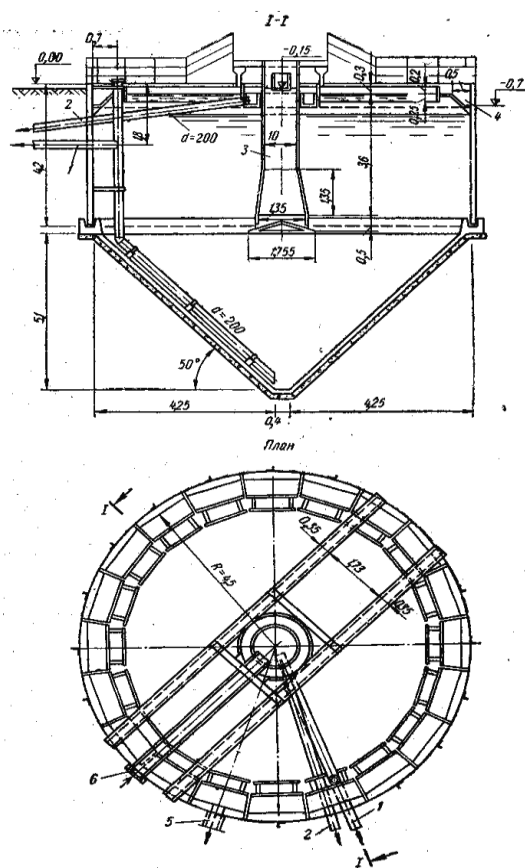
На все частицы не растворимых фракций действуют две силы: они движутся в отстойнике вместе с водой (с её скоростью) в направлении верха, и а сила тяжести заставляет их двигаться к низу, причем скорость движения вниз зависит от таких факторов, как плотность частицы, форма, плотность сточной воды.

В сточных водах наличие механических примесей с различными свойствами в ООО «Велес» позволяет при прохождении их по отстойнику осаждаются в различных местах: некоторые в силу своих свойств моментально осаживаются на дне, какие-то присутствуют в форме взвеси или движутся с потоком воды наверх. Именно эти, что движутся к верху частицы, попадают в

слой со взвешенными частицами, и когда проходят его, мелкие частицы увеличиваются при столкновении во взвеси, тем самым увеличивая скорость осаждения примесей.

Определение уровня сточных вод внутри отстойника определяются с помощью гребня в переливном желобе, он необходим для приема отстоянной воды, затем воду направляют к дальнейшей очистке. Выделенные из сточных вод примеси из взвешенного состояния, создают осадок в виде ила (иловая зона в отстойнике). Объем иловой зоны определяется объемом осадка, формируемого в течении двух суток.

Схема вертикального отстойника ООО «Велес» представлена на рисунке 4.



- 1 – выпуск ила; 2 – выпуск осадка; 3 – центральная труба с отражателем; 4 – водосборный желоб; 5 – отводящий лоток; 6 – подводящий лоток

Рисунок 4 – Вертикальный отстойник в ООО «Велес»

Удаление осадка из отстойника вертикального исполнения производится гидравлическим давлением с задействованием иловой трубы, которая находится ниже верхнего уровня воды на расстоянии в полтора – два метра. Осадок имеет влажность в пределах 94-96%. У вертикальных отстойников в ООО «Велес» имеется несколько преимуществ перед горизонтальными: более удобный ввод осадков, небольшая занимаемая площадь. Хотя необходимо указать и недостатки: увеличение стоимости строительства из-за значительной глубины, в особенности, когда имеются грунтовые воды.

В аэротенке в ООО «Велес», имеющего форму резервуара, с малой скоростью происходит движение смеси ила и сточных вод. В нем очистка протекает за счет биологической очистки, т.е. через жизнедеятельность микроорганизмов, содержащихся в активном иле; процесс перемешивания сточной воды обогащает её кислородом, необходимым для микроорганизмов.

При биологической очистке сточных вод протекают два процесса: «сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами. Скорость сорбции значительно превышает скорость биоокисления, поэтому после окончания процесса сорбции и достижения требуемого эффекта очистки по БПК отделившийся в отстойнике ил направляют в регенератор (секцию аэротенка) с целью биоокисления остаточных загрязнений сточных вод» [4].

Постоянное перемешивание, которое создается сжатым воздухом либо специальными устройствами, обеспечивает хороший и постоянный контакт для них. Жизнедеятельность микроорганизмов (минерализаторы) невозможна без непрерывного поступления кислорода (воздух). Жизненное пространство, в котором живут микроорганизмы-минерализаторы – это и есть слой активного ила. Микроорганизмы сорбируют, окисляют с помощью кислорода (воздух), содержащиеся в сточной воде органические соединения, поэтому в активном иле содержатся крупные и средние хлопья.

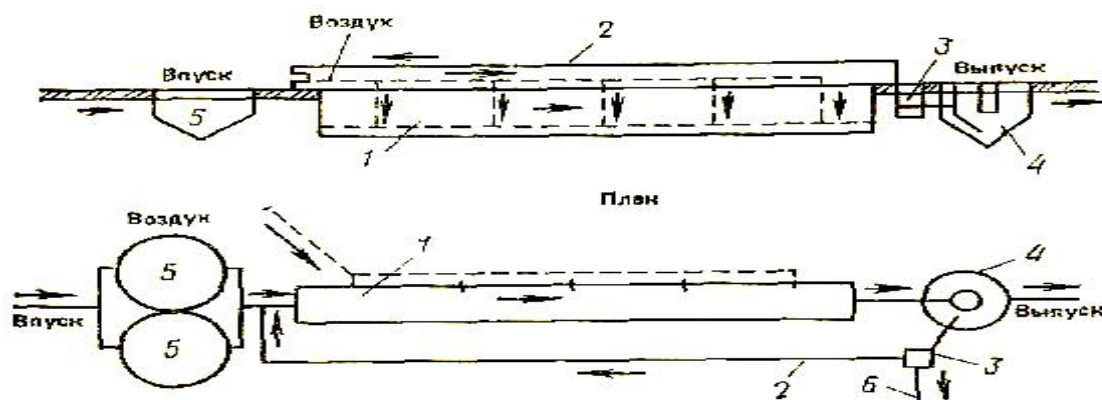
Сточные жидкости, имеющие активный ил, подвергаются аэрации

(обогащение воздухом) по всей длине аэротенка, что позволяет доставить кислород микроорганизмам в необходимом объеме, а также содержать ил в состоянии взвеси. Воздуходувки подают кислород (воздух) внутрь аэротенка для жизнедеятельности микроорганизмов и для перемешивания жидкости.

Характерной особенностью аэротенка в ООО «Велес» является регулируемая степень очистки, которая необходима на основании местных требований. Длительность процесса аэрации увеличивает слой активного ила, а значит степень очистки вод повышается.

Аэротенки в ООО «Велес» подразделяются на смесители, вытеснители и промежуточный вид; они предполагают использование полной или частичной биологической очистки сточных вод в соответствии местных требований.

Технологическая схема работы аэротенка в ООО «Велес» представлена на рисунке 5.



«1 – аэротенк; 2 – циркулирующий активный ил; 3 – насосная станция; 4 – вторичный отстойник; 5 – первичный отстойник; 6 – избыточный активный ил» [19]

Рисунок 5 – Технологическая схема работы аэротенка в ООО «Велес»

Сточные воды, проходя по всему объему аэротенка в ООО «Велес» подвергаются действию микроорганизмов, за счет которого загрязняющие вещества перерабатываются.

Затем, после выхода из аэротенка сточные воды и активный ил поступают на следующую ступень очистки – это вторичный отстойник, в котором идет процесс отделения активного ила от очищенных вод. После процесса отстаивания выделенный слой активного ила откачивается для повторного использования через канал, ведущий в аэротенк. Откаченный объем ила из отстойника называют циркуляционный. Поскольку рост массы микроорганизмов при переработке ими органических загрязняющих веществ постоянно растет, увеличивается и масса активного ила, из-за чего следует некоторый объем ила периодически убирать.

Начальному процессу смешивания сточной воды и активного ила характерна сорбция загрязняющих веществ, которые под действием микроорганизмов окисляются, из-за чего происходит сокращение биохимической потребности в обеспечении кислородом.

Использование регенераторов в аэротенках в ООО «Велес» повышает устойчивость биохимической реакции процесса очищения сточной воды. В очистных системах разделены процессы удаления загрязняющих веществ и их окисление с помощью активного ила, в следствие чего сточные воды находятся в аэротенках небольшой промежуток времени, поскольку их цель извлечь загрязнения.

Способ порционной подачи сточных вод через аэротенк в ООО «Велес» позволяет лучше обогатить кислородом очищаемую воду, обеспечивает по всему объему аэротенка стабильную нагрузку на активный ил. Данный способ подачи рационален и для процесса регенерации в активном иле. Практическим применением доказаны удобство, экономичность аэротенков и в условиях с высоким содержанием загрязняющих веществ в сточных водах, благодаря чему их широко используют для очистки промышленной сточной воды.

Технологическая схема очистки сточных вод в ООО «Велес» представлена на рисунке 6.

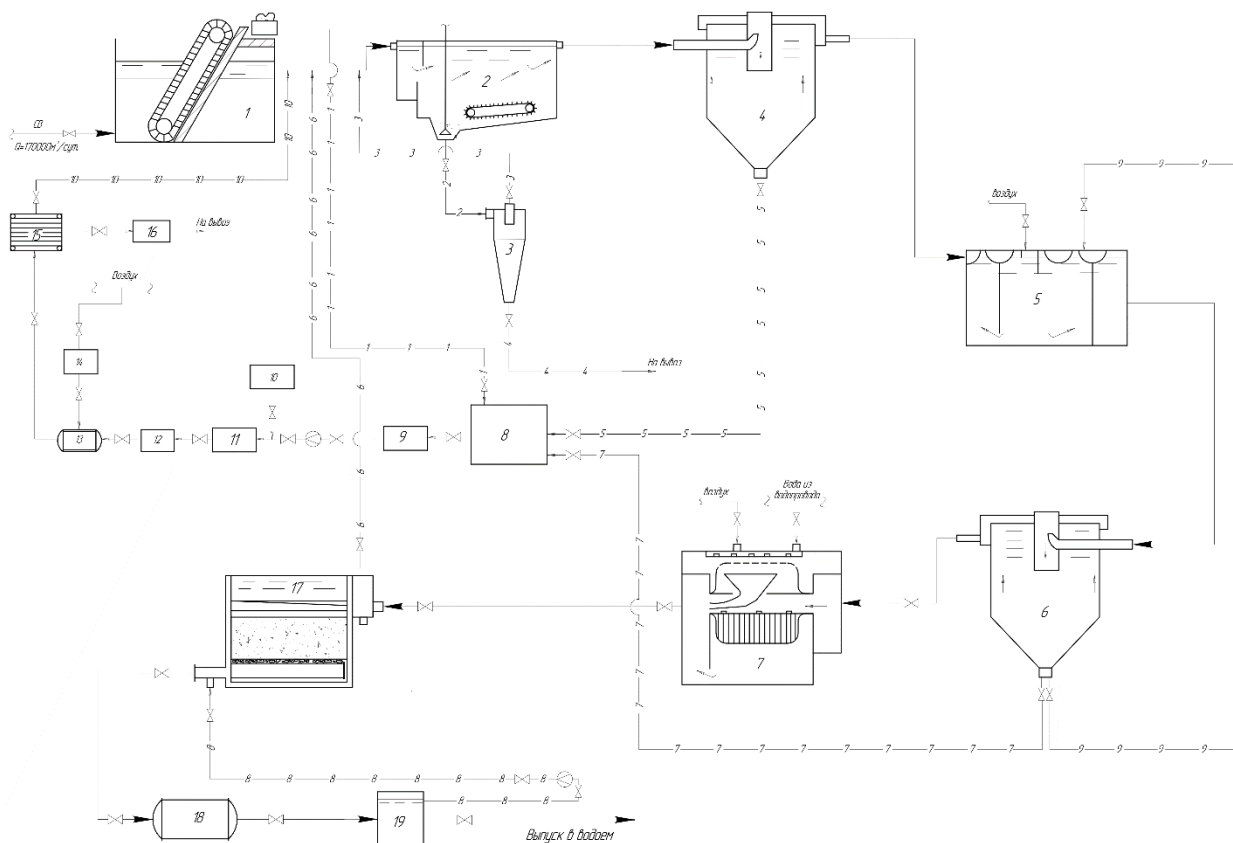


Рисунок 6 – Технологическая схема очистки сточных вод в ООО «Велес»

Подачу кислорода (воздуха) и его распределение в аэротенк, поддерживать активный ил во взвешенном состоянии можно с помощью аэрационных систем, обеспечивающих гидродинамические режимы в работе аэротенка, которые стимулируют значительный рост микроорганизмов, т.е. повышают эффективность очищения сточной воды биологическим способом.

2.2 Анализ состава промышленных сточных вод. Определение степени очистки промышленных сточных вод

Анализ сточных вод – «важная составляющая природоохранных мероприятий в любом цивилизованном государстве. Цель проведения лабораторных испытаний – сохранение благоприятной экологической обстановки на планете, вклад в безопасность жизни и здоровья ее обитателей,

начиная от людей и заканчивая флорой, фауной, питьевыми запасами, сельскохозяйственными и лесными угодьями, почвами, чистотой атмосферного воздуха» [3]. Ключевые задачи:

- «четкое выполнение требований ППК (программы производственного контроля) для промышленных предприятий всех форм собственности;
- предотвращение отравлений, интоксикации и других вредных последствий от опосредованного воздействия стоков с опасным химическим составом на организм человека;
- установка заградительных барьеров при попытках загрязнения поверхностных и подземных источников водоснабжения;
- выполнение законодательных требований санитарных служб» [3].

«Предельно допустимое содержание веществ m , мг/л, в спускаемых в водоем сточных водах определяем по формуле» [3]:

$$m = p \cdot \left(\frac{a \cdot Q}{q} + 1 \right) + b, \quad (1)$$

где « P – допустимое санитарными нормами увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, принято $p = 0,125$ мг/л;

Q – минимальный среднемесячный расход воды в водоеме 95%-ной обеспеченности, $Q = 13,2$ м³/с;

q – максимальный секундный расход воды в водоисточнике, $q = 0,085$ м³/с;

b – содержание взвешенных веществ в водоеме до спуска в него сточных вод, $b = 110$ мг/л;

a – коэффициент, зависящий от гидравлических условий смешения, $a = 0,99$ » [3].

$$m = 0,125 \cdot \left(\frac{0,99 \cdot 13,2}{0,085} + 1 \right) + 110 = 129,34 \text{ мг/л}$$

«Эффект степени очистки сточных вод определен по формуле» [3]:

$$\varepsilon = \left(\frac{C_{\text{СМ}}^{\text{ВЗВ}} - m}{C_{\text{СМ}}^{\text{ВЗВ}}} \right) \cdot 100, \quad (2)$$

$$\varepsilon = \left(\frac{224,02 - 129,34}{224,02} \right) \cdot 100 = 42,26\%$$

«Допустимую БПК_{полн} сточных вод при выпуске их в водоем определяем по формуле» [3]:

$$L_{\text{ст}} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{\text{ст}} t}} \cdot [L_{\text{пр.доп.}} - L_p \cdot 10^{-k_p t}] + L_{\text{пр.доп.}} \cdot 10^{-k_{\text{ст}} t}, \quad (3)$$

где « $k_{\text{ст}}$, k_p – константы скорости потребления кислорода сточной и речной водой, $k_{\text{ст}} = k_p = 0,1$;

$L_{\text{пр.доп.}}$ – предельно допустимая БПК_{полн} смеси речной и сточной воды в расчетном створе, $L_{\text{пр.доп.}} = 2,8$ мг/л;

L_p – БПК_{полн} речной воды до места выпуска сточных вод, $L_p = 2,6$ мг/л;

t – продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа, равная отношению расстояния по фарватеру от места выпуска вод до расчетного створа к средней скорости течения воды в реке на данном участке, сут» [3].

«Продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа определяется по формуле» [3]:

$$t = \frac{l_T}{V_{\text{ср}}}, \quad (4)$$

«где l_T – расстояние по фарватеру от места выпуска вод до расчетного створа;

$V_{\text{ср}}$ – средняя скорость течения воды в реке на данном участке» [3].

$$t = \frac{11000}{0,81 \cdot 86400} = 0,16 \text{ сут.}$$

$$L_{\text{ст}} = \frac{0,99 \cdot 13,2}{0,085 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,16}} \cdot [2,8 - 2,6 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,16}] + 2,8 \cdot 10^{-0,1 \cdot 0,16} = 50,5 \text{ мг/л}$$

«Определим эффект степени очистки сточных вод» [3]:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{СМ}}^{\text{БПК}} - L_{\text{ст}}}{C_{\text{СМ}}^{\text{БПК}}} \cdot 100, \quad (5)$$

$$\mathcal{E} = \frac{275,9 - 50,5}{275,9} \cdot 100 = 81,7\%$$

«Биологическая очистка сточных вод необходима для удаления из сточных вод растворимых и коллоидных органических загрязнений, которые присутствуют в сточной воде в большом количестве» [3]. В качестве такого сооружения для ООО «Велес» предлагается – аэротенк.

Выводы по второму разделу

Во втором разделе проведен анализ системы сбора и очистки промышленных сточных вод на предприятии, дана характеристика очистного оборудования. Проведен анализ состава промышленных сточных вод, на данный момент в состав сточных вод входит: фосфор общий, фосфаты, общий азот, азот аммонийный, нитраты. Определена степень очистки промышленных сточных вод, очистка производится на 81,7%. Для того, чтобы максимально эффективно улучшить качество удаления из сточных вод растворимых и коллоидных органических загрязнений для ООО «Велес» предлагается модернизация аэротенка.

3 Разработка технического решения по повышению эффективности сбора и очистки промышленных сточных вод

В присутствии микроорганизмов «в сточных водах происходят многочисленные метаболические процессы путем оксигенации или восстановления органических соединений до органических или неорганических производных этих веществ. Эти процессы протекают в различных анаэробных и аэробных условиях, что приводит к снижению уровня питательных веществ в сточных водах путем интеграции соединений фосфора в структуру осадка. Из-за очень высокой биологической изменчивости активного ила различные метаболические превращения, происходящие в иле, могут привести к образованию весьма разнообразных вторичных смесей загрязняющих веществ, которые впоследствии выделяются из сточных вод в виде загрязненного газа» [12].

«Вид и количество загрязняющих веществ в воздухе варьируются в зависимости от типа сточных вод, эксплуатационных характеристиках и условий окружающей среды. Аэрация и механическое перемешивание являются основными движущими силами генерации аэрозолей на очистных сооружениях сточных вод» [6].

«После исследования нескольких видов предлагаемых промышленностью аэротенков, был выбран аппарат биохимической очистки сточной воды – аэротенк Standard ATV-DVWK-A131 E» [6]. Продолжительность аэрации (или время пребывания сточной жидкости в аэротенках):

$$t = \frac{L_a - L_t}{a(l - s_u)p'} \quad (6)$$

где L_a и L_t – БПК₂₀ соответственно поступающей в аэротенк и очищенной сточной жидкости, мг/л;

$a = 4$ – доза ила, принимаемая для бытовых сточных вод, г/л;

S_u – зольность ила;

p – скорость окисления загрязнений, мг БПК_{полн} на 1 г беззольного вещества за 1 ч.

$$t = \frac{120 - 24}{4(1 - 0,35) \cdot 23} = 1,6 \text{ ч.}$$

Прирост ила в аэротенках:

$$P_p = 0,8 \cdot V_B + 0,3L_a, \quad (7)$$

где V_B – количество взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей в аэротенк, мг/л.

$$P_p = 0,8 \cdot 61,6 + 0,3 \cdot 120 = 13,3 \text{ мг/л}$$

Продолжительность аэрации во всех случаях не должно быть меньше 2 ч. Время аэрации смеси сточной жидкости и циркулирующего ила в аэротенке:

$$t_a = \frac{2,5}{a^{0,5}} \lg \frac{L_a}{L_t}, \quad (8)$$

где a_a – доза ила в аэротенке, (1,5 г/л), в регенераторе – 4 мг/л.

$$t_a = \frac{2,5}{1,5^{0,5}} \lg \frac{120}{24} = 1,43 \text{ ч.}$$

Количество циркулирующего ила по заданным дозам ила в аэротенке и регенераторе (в долях единицы):

$$\alpha = \frac{a}{a_p - a_a}, \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{1,5}{4 - 1,5} = 0,6$$

Основные параметры работы аэротенка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры работы аэротенка

Станция по очистке сточных вод	Производительность, м ³ /сутки	Полезный объем сооружения, м ³	Доза ила, г/л	Интенсивность аэрации, м ³ /м ² *ч
Городские КОС	14800	6000	2,7	1,8

Внешний вид аэротенка представлен на рисунке 7.

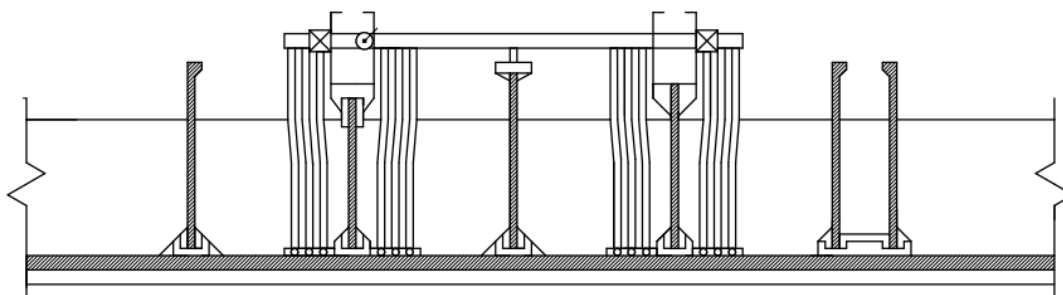


Рисунок 7 – Внешний вид аэротенка

Выводы по третьему разделу

В третьем разделе для повышения эффективности сбора и очистки промышленных сточных вод предлагается модернизация аэротенка. Данный способ является эффективной альтернативой, позволяющей решить проблему выделения загрязняющих веществ в атмосферу. Предлагается модернизация аэротенка путем внедрения современной разработки - аэротенка Standard ATV-DVWK-A131 E. После предлагаемой модернизации в ООО «Велес» интенсивность аэрации увеличится в 1,8 м³/м²*ч.

4 Охрана труда

Чтобы провести анализ рабочих мест с точки зрения безопасности условий труда, произведем расчет освещения на складе ООО «Велес». Основные нормы освещенности на складе можно найти в СП 52.13330.2016. «По рекомендациям РАМН уровень освещенности для открытых складов и площадок под навесом должен составлять от 20 до 50 лк. Свет организуют с применением светильников» [8].

Согласно СП 52.13330.2016: «Для искусственного освещения следует использовать энергоэффективные источники света и световые приборы, отдавая предпочтение при равной мощности источникам света с наибольшими световой отдачей и сроком службы, с учетом требований к цветоразличению. Источники света и световые приборы должны отвечать требованиям законодательства» [8].

«Проведем расчет освещенности на конкретном примере – рабочем месте работника склада по методике расчета искусственного освещения. Данное помещение выбрано, так как в нем отсутствуют источники естественного освещения» [9].

«Исходные параметры: длина и ширина кабинета составляют: $a = 5$ м и $b = 4$ м, соответственно, высота потолка – $h = 3$ м» [9].

«Расчет производится под типовой растровый светильник с 4-ю линейными люминесцентными лампами (Кл), мощностью 18 Вт каждая (1 лампа даёт световой поток (СПл), равный 900 лк)» [9].

«В обязательном порядке в расчет нужно вносить поправки на цвет и степень отражаемости всех поверхностей. В нашем примере все поверхности покрыты краской, пол – серый, а значит, индексы отражения составляют: для потолка – 80, для стен – 80, для пола – 30» [9].

На рисунке 8 изображено рабочее место работника склада ООО «Велес».



Рисунок 8 – Рабочее место работника склада ООО «Велес»

«Поскольку должность работника склада предполагает длительные монотонные операции – со высоким уровнем зрительной работы (различение объектов, размером от 3 до 5 мм), то возьмём за норму – освещённость его рабочего места (Е) в 500 люксов. Коэффициент запаса (поправка на запылённость) для нашего примера равен 1,2 (Кз)» [8].

«Определяем индекс помещения (Ип), расчет по формуле» [8]:

$$I_p = S / ((h_1 - h_2) \cdot (a + b)) \quad (10)$$

где «И_п – индекс помещения;

S – площадь помещения;

h₁ – высота от пола до источников освещения;

h₂ – высота стола;

a – длина помещения;

b – ширина помещения» [9].

$$I_{\Pi} = 5 \cdot 4 / ((3 - 0.8) \cdot (5 + 4)) = 1.01$$

«Теперь можно определить коэффициент использования (U) – в нашем случае он составит 65. Выполним расчет количества светильников для данного помещения» [9].

$$K_{\text{св}} = (E \cdot S \cdot 100 \cdot K_3) / (U \cdot K_{\text{л}} \cdot \text{СП}_{\text{л}}) \quad (11)$$

где «E – норма освещенность рабочего места;

S – площадь помещения;

K₃ – коэффициент запаса;

K_л – количество люминесцентных ламп в растровом светильнике;

СП_л – световой поток» [9].

$$K_{\text{св}} = (500 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 1,2) / (65 \cdot 4 \cdot 900) = 6 \text{ светильников}$$

Выводы по четвертому разделу

В четвертом разделе осуществлен расчет освещенности на изучаемом рабочем месте – работник склада. В результате проведенного аналитического расчета можно подвести итог: необходима установка шести дополнительных светильников в складском помещении. Такое освещение позволит организовать рабочий режим так, что производительность будет повышаться вследствие снижения чувства усталости сотрудников склада.

5 Охрана окружающей среды и экологическая безопасность

Эксплуатация очистных сооружений канализации «приводит к прямым выбросам ПГ в результате биологических процессов, а также косвенным выбросам в результате выработки энергии» [12].

«В присутствии микроорганизмов в сточных водах происходят многочисленные метаболические процессы путем оксигенации или восстановления органических соединений до органических или неорганических производных этих веществ. Эти процессы протекают в различных анаэробных и аэробных условиях, что приводит к снижению уровня питательных веществ в сточных водах путем интеграции соединений фосфора в структуру осадка. Из-за очень высокой биологической изменчивости активного ила различные метаболические превращения, происходящие в иле, могут привести к образованию весьма разнообразных вторичных смесей загрязняющих веществ, которые впоследствии выделяются из сточных вод в виде загрязненного газа» [12].

«Вид и количество загрязняющих веществ в воздухе варьируются в зависимости от типа сточных вод, эксплуатационных характеристиках и условий окружающей среды. Аэрация и механическое перемешивание являются основными движущими силами генерации аэрозолей на очистных сооружениях сточных вод» [6].

«Были зафиксированы параметры условий окружающей среды в шести контрольных точках над поверхностью водной глади аэротенка. В таблице 2 представлены максимальные, минимальные и средние значения» [12].

Таблица 2 – Параметры условий окружающей среды

Показатель	Мин.	Макс.	Сред.
P, мм рт. ст.	757,3	757,3	757,3
V, м/с	0,5	1	0,7
Влажность, %	28,5	30	29

Продолжение таблицы 2

Показатель	Мин.	Макс.	Сред.
t, °C	29,9	31,2	30,7

Показатели эмиссии газов из аэротенка представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели эмиссии газов из аэротенка

Показатель	Вход 1 секция	Середина 1 секция	Выход 1 секция	Вход 2 секция	Середина 2 секция	Выход 2 секция
CO, мг/м ³	0	0	0	0	0	0
NO ₂ , мг/м ³	0	0	0	0	0	0
NO, мг/м ³	0	0	0	0	0	0
SO ₂ , мг/м ³	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
H ₂ S, мг/м ³	0,012	0,013	0,013	0,014	0,013	0,012
HCHO, мг/м ³ (формальдегид)	0	0	0	0	0	0
C ₂ H ₅ OH (этанол), мг/м ³	0	0	0	0	0	0

«Сообществу бактериальных штаммов, способных нейтрализовать определенные группы пахучих соединений, необходимо поддержание соответствующих условий в коридорах активного ила для сохранения желаемой популяции. Контроль и поддержание технологических условий, таких как pH, температура и степень аэрации, которые способствуют как очистке сточных вод, так и дезодорации, зачастую являются дорогостоящими» [4].

«Однако данный способ является эффективной альтернативой, позволяющей решить проблему выделения загрязняющих веществ в атмосферу. С целью снижения количеств выбросов от объектов КОС можно предпринять попытки, связанные с уменьшением биодоступности промоторов бактериальной продукции отдельных одорантов путем связывания их, например, с металлами, содержащимися в различных реагентах, которые направлены на улучшение процесса очистки сточных вод. В некоторых

случаях необходимо использовать биологические методы очистки газа, а именно биофильтрацию или диффузию активным илом» [11].

«Применение указанных выше методов может привести к повышению эффективности всего процесса и снижению эксплуатационных затрат. Таким образом, для проектирования соответствующей системы, направленной на снижение негативного воздействия на атмосферу, важно определить и охарактеризовать выбрасываемые загрязняющие воздух вещества, вид которых зависит от функционирования очистных сооружений или технологической линии в пределах данного субъекта» [4].

Выводы по пятому разделу

В пятом разделе изучены параметры условий окружающей среды и показатели эмиссии газов из аэротенка ООО «Велес». В организации предлагается увеличить «контроль и поддержание технологических условий, таких как pH, температура и степень аэрации, которые способствуют как очистке сточных вод, так и дезодорации. Можно также предпринять попытки, связанные с уменьшением биодоступности промоторов бактериальной продукции отдельных одорантов путем связывания их, например, с металлами, содержащимися в различных реагентах, которые направлены на улучшение процесса очистки сточных вод» [4].

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

На рисунке 9 представлены основные причины аварийности в ООО «Велес».



Рисунок 9 – Процентное распределение основных причин аварийности в ООО «Велес»

Основной причиной снижения уровня промышленной безопасности в области надзора за оборудованием, работающим под избыточным давлением, является большое количество находящегося в эксплуатации оборудования, отработавшего свой расчетный ресурс, а также низкая исполнительская дисциплина обслуживающего оборудование персонала, руководителей и специалистов предприятий (организаций), осуществляющих его эксплуатацию, ремонт, освидетельствование, диагностирование и экспертизу промышленной безопасности.

«Чтобы работа технологического оборудования протекала без наличия отказов и аварий, чтобы повысить его надежность необходимо предусмотреть превентивные мероприятия. В данных мероприятиях главное состоит в таких действиях» [1]:

- «систематическое проведение работ по диагностике состояния паропроводов и технологического оборудования на базе современных технических средств;
- постоянный контроль изоляционных и антикоррозионных покрытий паропроводов;
- использование современных систем связи для оперативной передачи информации о состоянии наиболее опасных технологических участков;
- совершенствование способов и служб контроля утечек и систематического надзора за техническим состоянием всех технологических блоков;
- дополнительная противоаварийная подготовка персонала на специальных тренажерах (с привлечением специалистов в области обеспечения промышленной безопасности) по обработке действий в опасных условиях при конкретных сценариях развития аварий на всех технологических блоках;
- повышение уровня автоматизации и главное – применение надежных в эксплуатации датчиков, преобразователей, систем автоматики и телемеханики;
- учет информации об авариях, отказах, неполадках и осложнениях в ходе технологического процесса с использованием современных средств обработки, хранения и оперативной передачи данных» [2].

«Использование системы эксплуатационного мониторинга ресурса снижает степень опасности возникновения внезапных отказов и аварийных ситуаций на установках. Система ЭМР должна решать следующие задачи» [1]:

- «контроль за выработанным и прогноз остаточного ресурса на всех стадиях эксплуатации реакторной установки;

- выявление потенциальных индивидуальных возможностей по увеличению долговечности конструктивных элементов для обоснования продления их назначенных сроков службы и ресурса;
- оптимизация модели эксплуатации реакторной установки с целью снижения темпов накопления повреждений в наиболее нагруженных конструктивных узлах» [1].

Компоненты системы ЭМР должны обеспечивать:

- «мониторинг процесса эксплуатации реакторной установки на базе регистрации последовательности режимов эксплуатации;
- математическое моделирование процесса накопления повреждений в критических конструктивных элементах согласно зарегистрированной последовательности режимов эксплуатации;
- периодическое диагностирование технического состояния материала конструктивных элементов в процессе эксплуатации в доступных местах;
- контроль выработанного и остаточного ресурса оборудования и трубопроводов» [15].

Для ООО «Велес» можно в качестве мероприятий предложить следующее: «организация учебных курсов, курсов повышения квалификации, промежуточных аттестаций, тестирований» [15].

Выводы по шестому разделу

Итак, в шестом разделе проведен анализ аварий, которые могут произойти в ООО «Велес» при неблагоприятных условиях, поэтому для предотвращения подобных ситуаций были изучены перспективные технологии, позволяющие провести аварийно-спасательные работы с минимальным выражением жертв.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

Поскольку темой исследования заявлено: усовершенствование технологий сбора и очистки промышленных сточных вод, оценим затраты на внедрение и применение аэротенка составим план мероприятий в таблице 4.

Таблица 4 – План мероприятий по улучшению охраны окружающей среды

Наименование структурного подразделения, рабочего места	Наименование мероприятия	Цель мероприятия	Срок выполнения	Структурные подразделения, привлекаемые для выполнения
ООО «Велес»	Применение аэротенка	После предлагаемой модернизации в ООО «Велес» интенсивность аэрации увеличится в $1,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$	15.09.2022-01.12.2022	Отдел главного инженера Отдел метрологии Отдел охраны труда

«Рассчитаем показатели экономического эффекта и эффективности природоохранных затрат. Данные для расчета эффективности природоохранных мероприятий представлены в таблице 5» [13].

Таблица 5 – Данные для расчета эффективности природоохранных мероприятий

Наименование показателя	усл.обозн.	ед. измер.	Значение показателя	
			1 (до реализации мероприятий)	2 (после реализации мероприятий)
«множитель» [13]	γ	тыс.руб./усл.т	74	74
«показатель опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов» [13]	δ	-	10	10
«поправка, учитывающая характер примеси в атмосфере» [13]	f	-	1	1

Продолжение таблицы 5

Наименование показателя	усл.обозн.	ед. измер.	1 (до реализации мероприятий)	2 (после реализации мероприятий)
«приведенная масса годового выброса загрязнений из источника» [13]	М	усл.т/год	44	13
«текущие расходы на эксплуатацию устройства получения карбамида» [13]	С	тыс.руб.	0	198
«инвестиции на применение способа получения карбамида гранулированием» [13]	К	тыс.руб.	0	7500
«нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений средозащитного назначения» [13]	Ен	-	0,15	0,15

«Величина предотвращенного экономического ущерба от загрязнения среды» [13]:

$$\Pi = Y_1 - Y_2 \quad (12)$$

где « Π – величина предотвращенного годового экономического ущерба от загрязнения среды» [13];

« Y_1 – ущерб от загрязнения окружающей среды до проведения мероприятий» [13];

« Y_2 – ущерб от загрязнения окружающей среды после проведения мероприятий» [13].

«Экономическая оценка ущерба от выбросов годовых объемов вредных веществ в природную среду (атмосферу, воду, землю) для отдельного источника до и после осуществления мероприятия» [13]:

$$Y = \gamma \cdot \delta \cdot f \cdot M \quad (13)$$

где « γ – множитель, определяемый как удельный ущерб от выброса (сброса) вредных веществ, тыс.руб./усл. Т» [13];

« δ – показатель опасности загрязнения атмосферного воздуха над территориями различных типов» [13];

« f – поправка, учитывающая характер рассеяния примеси в атмосфере, усл.т/год.» [13];

« M – приведенная масса годового выброса загрязнений из источника в природную среду, усл.т/год» [13].

$$Y_1 = 74 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 44 = 32560 \text{ тыс. руб.}$$

$$Y_2 = 74 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 13 = 9620 \text{ тыс. руб.}$$

$$П = 32560 - 9620 = 22940 \text{ тыс. руб.}$$

«Годовой экономический эффект от проведения природоохранных мероприятий, способствующих снижению загрязнения природной среды в районе источника» [13]:

$$Э = П - З \quad (14)$$

где « Z – величина приведенных затрат на проведение природоохранных мероприятий, руб.» [13].

Приведенные затраты:

$$З = С + E_n \cdot K \quad (15)$$

где « C – текущие расходы на эксплуатацию сооружения или устройства, руб.» [13];

« E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений средозащитного назначения» [13];

« K – инвестиции на приобретение и установку очистных устройств, руб.» [13].

$$З = 198 + 0,15 \cdot 7500 = 1323 \text{ тыс. руб.}$$

$$Э = 22940 - 1323 = 21617 \text{ тыс. руб.}$$

Общая экономическая эффективность средозащитных затрат:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_з &= Э/З & (16) \\ \mathcal{E}_з &= \frac{21617}{1323} = 16,34 \end{aligned}$$

Общая экономическая эффективность инвестиций в природоохранные мероприятия:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_к &= (Э - С)/К & (17) \\ \mathcal{E}_к &= \frac{21617 - 198}{7500} = 2,86 \end{aligned}$$

Выводы по седьмому разделу

Итак, внедрение и применение аэротенка в ООО «Велес» позволит повысить эффективность сбора и очистки промышленных сточных вод. Помимо этого, улучшаются условия труда в организации. Внедрение предлагаемого метода позволяет предложить альтернативу загрязнения атмосферы. Также после проведенного экономического расчета можно подвести такой итог, что предлагаемое мероприятие является экономически выгодным.

Заключение

В первом разделе охарактеризованы общие сведения для выбранного объекта: расположение, функциональное назначение, основные виды деятельности, структура управления организацией, осуществляемые технологические процессы. Представлена технологическая схема очистных сооружений ООО «Велес». Очистение в ООО «Велес» проводится в несколько этапов: механический, физико-химический, биологический, дезинфекция сточных вод [5]. Рассмотренный в разделе технологический процесс - биологическая очистка, которая в ООО «Велес» производится с помощью активного ила (аэротенки)

Во втором разделе проведен анализ системы сбора и очистки промышленных сточных вод на предприятии, дана характеристика очистного оборудования. Проведен анализ состава промышленных сточных вод, на данный момент в состав сточных вод входит: фосфор общий, фосфаты, общий азот, азот аммонийный, нитраты. Определена степень очистки промышленных сточных вод, очистка производится на 81,7%. Для того, чтобы максимально эффективно улучшить качество удаления из сточных вод растворимых и коллоидных органических загрязнений для ООО «Велес» предлагается модернизация аэротенка.

В третьем разделе для повышения эффективности сбора и очистки промышленных сточных вод предлагается модернизация аэротенка. Данный способ является эффективной альтернативой, позволяющей решить проблему выделения загрязняющих веществ в атмосферу. После предлагаемой модернизации в ООО «Велес» интенсивность аэрации увеличится в $1,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$.

В четвертом разделе осуществлен расчет освещенности на изучаемом рабочем месте – работник склада. В результате проведенного аналитического расчета можно подвести итог: необходима установка шести дополнительных светильников в складском помещении. Такое освещение позволит

организовать рабочий режим так, что производительность будет повышаться вследствие снижения чувства усталости сотрудников склада.

В пятом разделе изучены параметры условий окружающей среды и показатели эмиссии газов из аэротенка ООО «Велес». В организации предлагается увеличить «контроль и поддержание технологических условий, таких как рН, температура и степень аэрации, которые способствуют как очистке сточных вод, так и дезодорации. Можно также предпринять попытки, связанные с уменьшением биодоступности промоторов бактериальной продукции отдельных одорантов путем связывания их, например, с металлами, содержащимися в различных реагентах, которые направлены на улучшение процесса очистки сточных вод» [4].

В шестом разделе проведен анализ аварий, которые могут произойти в ООО «Велес» при неблагоприятных условиях, поэтому для предотвращения подобных ситуаций были изучены перспективные технологии, позволяющие провести аварийно-спасательные работы с минимальным выражением жертв.

В седьмом разделе был сделан вывод о том, что внедрение и применение аэротенка в ООО «Велес» позволит повысить эффективность сбора и очистки промышленных сточных вод. Помимо этого, улучшаются условия труда в организации. Внедрение предлагаемого метода позволяет предложить альтернативу загрязнению атмосферы. Также после проведенного экономического расчета можно подвести такой итог, что предлагаемое мероприятие является экономически выгодным.

Список используемых источников

1. Бандурин М. А. Совершенствование методов проведения эксплуатационного мониторинга // Гидротехника. №9. С. 21-26.
2. Булавка Ю. А., Кожемятов Ю. А. Актуальные проблемы обеспечения безопасности при эксплуатации оборудования // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. №4. С. 17-24.
3. Буренин В. В. Новые способы и устройства для очистки и обезвреживания сточных вод промышленных предприятий // Экология и промышленность России. 2019. № 9. С. 12-15.
4. Голицын А. Н. Основы промышленной экологии. М. : Academia, 2018. 239 с.
5. Гончарук В. В. Комплексная очистка сточных вод // Химия и технология воды. 2020. № 1. С. 55-66.
6. Гусева Т. В., Бегак М. В., Молчанова Я. П. Углеродный след коммунальных очистных сооружений: оценка, сокращение, сертификация // Техническое регулирование. 2021. №4. С. 48-54.
7. Даценко В. В. Очистка сточных вод // Экология производства. 2022. № 12. С. 65-69.
8. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс] : СП 52.13330.2016 от 08.05.2017. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 15.08.2022).
9. Захаров И. А. Методика расчета искусственного освещения // Системы безопасности. 2019. №2. С. 203–205.
10. Ильин В. И. Разработка технологических решений по очистке сточных вод до предельно допустимых концентраций // Экология промышленного производства. 2021. № 1. С. 66-68.
11. Кондакова Н. В. Мозгунова А. А., Гаврилина Ю. А., Серпокрылов Н. С. Оценка состояния воздуха рабочей зоны и выделяемых запахов в условиях

крытых очистных сооружений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. №4. С. 13-16.

12. Орлов В. А., Саймуллов А. В. и Мельник О. В. Изучение процесса появления дурно пахнущих запахов в канализационных сетях и анализ средств их удаления // Вестник МГСУ, 2020. № 15. С. 409–431.

13. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности [Электронный ресурс]: Методические указания по выполнению раздела / Т.Ю. Фрезе. URL: <https://edu.rosdistant.ru/course/view.php?id=3014> (дата обращения: 05.08.2022).

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

15. Солодунов А. А. Мониторинг эксплуатационной надежности // Промышленная безопасность. №2. С. 14-20.

16. Суворов И. Ф. Способ очистки и обеззараживания сточных вод // Изобретатели -машиностроению. 2020. № 3. С. 40-41.

17. Melita J., Andrea J. Turner Creating a circular economy precinct // UTS. 2019. №5. P. 21-23.

18. Pepper G. Evaluation of sludge treatment technologies Waters // Journal of Applied Economic Research, 2020. № 3. P. 329–347.

19. Walley P. Optimizing thermal hydrolysis for reliable high digester solids: loading and performance // 12th European Biosolids & Organic Resources Conference. 2019. №6. P. 12-19.

20. 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.

21. Zhu X. The Circular Economy Opportunity for Urban and Industrial Innovation in China. Ellen macarthur foundation. 2018. – 166 p.

Приложение А



Рисунок А.1 – Технологическая схема очистных сооружений ООО «Велес»