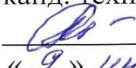


Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ярославский государственный технический университет»  
Кафедра «Охрана труда и природы»

УДК 665.6/7.

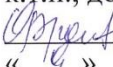
ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ

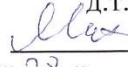
Заведующий кафедрой  
канд. техн. наук, доцент  
 С.З.Каласова  
« 9 » июня 2021 г.

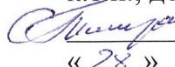
## ПРОЕКТ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО ШЛАМА НПЗ

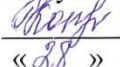
Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе выпускника  
по направлению 18.03.02 «Энерго – и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», программе  
«Утилизация и переработка отходов производства и потребления»  
ЯГТУ 18.03.02-09 ВКР

СОГЛАСОВАНО

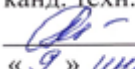
Нормоконтролер  
к.т.н., доцент  
 Е.А. Фролова  
« 9 » 06 2021г.

Нормоконтролер  
по оборудованию  
д.т.н., профессор  
 А.А. Махнин  
« 28 » мая 2021г.

Руководитель  
к.т.н., доцент  
 С.Д. Тимрот  
« 28 » мая 2021г.

Работу выполнил  
выпускник гр. ХТОС-42  
 В.Е. Копылова  
« 28 » июня 2021г.

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное**  
**учреждение высшего образования**  
**«Ярославский государственный технический университет»**  
 Кафедра «Охрана труда и природы»

**УТВЕРЖДАЮ**  
 Заведующий кафедрой  
 канд. техн. наук, доцент  
 С.С.Каласова  
 « 9 » июня 2021 г.

**Задание № 9**  
**на выпускную квалификационную работу**

Студент Копылова Вероника Евгеньевна группы ХТОС-42  
 Тема работы Проект утилизации нефтесодержащего шлама НПЗ  
 Тема проекта утверждена приказ от 30.11.2020 № 1356/3

**Исходные данные к работе:**

1. Производительность 8000 кг/ч
2. Методические указания по дипломному проектированию № 2733
3. Литературные источники
4. СТП ЯГТУ 701-05; 702-05; СТП ЯрПИ 706-2006.

**Содержание расчетно-пояснительной записки**

Реферат

Введение

1. Литературный обзор. Обоснование выбора технологической схемы.
2. Описание технологической схемы (чертеж схемы)
3. Блок-схема утилизации отходов, образующихся в технологической схеме
4. Расчет материальных балансов процесса и отдельных аппаратов
5. Расчет теплового баланса основного аппарата
6. Выбор и расчет технологического оборудования
7. Охрана труда
8. Архитектурно-строительная часть (план размещения оборудования)
9. Эколого-экономическая часть

Заключение

Список использованных источников

Приложения

**Структура презентации**

Титульный лист, актуальность темы, цель и задачи работы, объект исследования, физико-химические основы проекта, технологическая схема, таблица отходов, блок-схема утилизации отходов, чертеж основного аппарата, план размещения оборудования, эколого-экономическая часть, выводы по работе.

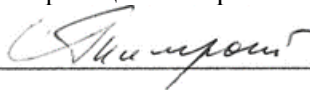
**Консультанты по работе**

- |                  |                               |
|------------------|-------------------------------|
| 1.Оборудование   | д.т.н., профессор Махнин А.А. |
| 2.Охрана труда   | к.т.н., доцент Тимрот С.Д.    |
| 3.Нормоконтролер | к.т.н., доцент Фролова Е.А.   |

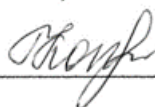
Дата выдачи задания 24 июня 2020 г.

Срок сдачи выпускной квалификационной работы 8 июня 2021 г.

Руководитель работы \_\_\_\_\_



Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_



## Реферат

104 стр., 12 рис., 34 табл., 37 источников, 5 приложений

### НЕФТЕСОДЕРЖАЩИЙ ШЛАМ, МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ, ВТОРИЧНЫЕ РЕСУРСЫ, ЭМУЛЬГАТОР.

Объектом исследования является установка утилизации нефтешлама на предприятии ОАО «Славнефть-ЯНОС».

Целью данного курсового проекта является разработка установки утилизации нефтесодержащего шлама.

В ходе работы над проектом произведен литературный обзор различных методов утилизации нефтесодержащего шлама НПЗ, представлена технологическая схема установки утилизации нефтешлама, рассчитан материальный баланс теплообменника и установки в целом, приведен расчет теплообменника, подобрано остальное необходимое технологическое оборудование установки, представлен чертеж теплообменника, представлен план расположения оборудования на производственной площадке.

## Содержание

Введение.....	6
1. Литературный обзор.....	7
1.1.Классификация нефтешламов.....	7
1.2. Методы обезвреживания нефтешлама.....	8
1.2.1. Физико-химические методы обезвреживания нефтешламов	8
1.2.2. Химические методы обезвреживания нефтешламов.....	14
1.3.Методы утилизации нефтешламов.....	15
1.3.1. Термические методы утилизации нефтешламов.....	15
1.3.1.1. Сжигание в печах различного типа и конструкций....	15
1.3.1.2. Сушка в сушилках различных конструкций.....	16
1.3.1.3. Газификация.....	18
1.3.1.4. Пиролиз.....	19
1.3.2. Биологические методы утилизации нефтешламов.....	20
1.4.Использование нефтешлама и продуктов утилизации нефтешлама в качестве вторичных материальных ресурсов.....	22
1.4.1. Применение нефтешламов в качестве твердого эмульгатора в производстве битумных эмульсий и паст.....	23
1.4.2. Использование нефтешламов при производстве керамзита...	25
1.4.3. Применение нефтешламов в качестве добавки в бетоны и битумы.....	27
1.4.4. Использование нефтешламов при получении резиновых смесей.....	30
2. Описание технологической схемы установки.....	36
3. Расчет материального баланса процесса.....	40
4. Расчет основного аппарата и подбор технологического оборудования.....	42
5. Охрана труда и защита окружающей среды.....	50
5.1.Характеристика проектируемого производства.....	50
5.1.1. Токсикологические характеристики веществ и материалов, обращающихся в производстве.....	50
5.1.2. Показатели взрывопожароопасности веществ и материалов.	53
5.1.3. Электробезопасность проектируемого производства.....	55
5.1.4. Мероприятия по защите от статического электричества.....	56
5.1.5. Молниезащита проектируемого объекта.....	56
5.2.Производственная санитария.....	57
5.2.1. Микроклимат на производстве.....	57
5.2.2. Вентиляция и отопление производственных помещений.....	58
5.2.3. Промышленное освещение.....	61
5.2.4. Мероприятия по защите от шума и вибраций.....	65
5.3.Инженерно – технические решения по устранению опасностей в технологических процессах.....	65

5.3.1. Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам.....	65
5.3.2. Безопасность технологического оборудования.....	67
5.3.2.1. Сосуды и аппараты, работающие под давлением.....	67
5.3.2.2. Теплообменные аппараты.....	68
5.3.2.3. Насосы и компрессоры.....	68
5.4. Пожарная профилактика.....	68
5.5. Водоснабжение и канализация.....	69
5.6. Защита окружающей среды.....	70
6. Архитектурно-строительная часть (план расположения оборудования) .....	73
7. Техничко- экономическая часть.....	75
7.1. Расчет капитальных вложений на создание проектируемого объекта.....	75
7.1.1. Характеристика технологического процесса очистки (переработки).....	75
7.1.2. Исходная информация для технико-экономических расчетов.....	75
7.1.3. Расчет сметной стоимости проектируемого объекта.....	77
7.2. Расчет фонда оплаты труда на проектируемом объекте.....	80
7.2.1. Определение профессионально-квалифицированного состава и численности промышленно-производственного персонала проектируемого объекта.....	80
7.2.2. Организация заработной платы на проектируемом объекте.	81
7.3. Техничко – экономическое обоснование проектируемого производства.....	86
7.3.1. Расчет себестоимости переработки.....	86
7.3.2. Расчет экономического эффекта от проектируемых мероприятий.....	90
7.3.3. Расчет основных показателей экономической эффективности и выводы о целесообразности проектируемого производства.....	90
Заключение.....	93
Список использованных источников.....	94
Приложение А – Технологическая схема.....	97
Приложение Б – Спецификация к технологической схеме.....	99
Приложение В – Чертеж основного аппарата.....	101
Приложение Г – Спецификация к чертежу основного аппарата.....	103

## Введение

Проблема использования, обезвреживания, переработки и захоронения отходов в настоящее время является весьма актуальной.

В общей массе токсичных отходов промышленного производства значительную часть составляют производные нефти. Во многих крупных городах развитых стран сосредоточены предприятия машиностроительной, химической, металлургической, нефтеперерабатывающей, судостроительной и других отраслей промышленности, потребляющих нефтепродукты в виде топлива, смазочных масел, консистентных смазок, промывочных жидкостей. На этих предприятиях образуется большое количество нефтесодержащих отходов, а также сточных вод и шламов, содержащих нефтепродукты.

Возрастающее количество добываемых и используемых нефтепродуктов приводит к усиливающемуся антропогенному воздействию на окружающую среду. В результате аварийных ситуаций в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов, а также в результате производственной деятельности предприятий нефтепереработки в нашей стране накопилось огромное количество нефтешламов, которые усугубляют экологическую ситуацию. Общее количество ежегодно образующегося нефтешлама по предприятиям нефтяной отрасли России составляет, по мнению ученых, от 500 до 3000 тыс. тонн в год, а ресурсы этих отходов, находящиеся в земляных амбарах, оцениваются в 4,5 млн. тонн. Накопление и хранение нефтесодержащих шламов в амбарах происходит в течение многих лет. Они занимают существенные площади земли, создают серьезную угрозу окружающей среде, так как проникают в почву, попадают в источники воды, испаряются в атмосферу и являются причиной потери значительного количества углеводородного сырья. За последние 10-15 лет результаты гидрохимических мониторингов показали, что происходит просачивание содержимого амбаров в подземные грунтовые воды (до 8-10 м<sup>3</sup> в сутки), которое создает крайне высокое экологическое напряжение, что в первую очередь негативно сказывается на здоровье людей [1].

## 1 Литературный обзор

### 1.1 Классификация нефтешламов

Нефтяные шламы - это устойчивые многокомпонентные агрегатные физико-химические системы, состоящие из нефтепродуктов, минеральных примесей и воды.

Причина возникновения нефтяных шламов, это физико-химическое взаимодействие нефти или нефтепродуктов с кислородом, влагой и механическими примесями, в отдельно взятой среде.

В процессе производственной деятельности при добыче, переработки нефти - сырья, транспортировке образуются нефтяные шламы. В результате взаимодействия с условиями окружающей среды образуется любой шлам и в течение какого-либо промежутка времени одинаковых по физико-химическим характеристикам и составам в природе шламов не бывает.

В зависимости от способов образования и физико-химических свойств остатки нефтепроизводства можно разделить на:

- Придонные. Они появляются вследствие оседания отходов на дно водоёмов. Обычно подобное случается из-за аварии при добыче «чёрного золота» или его транспортировке.
- Результат очистки добытой нефти. После скважины она попадает в специальные аппараты, в которых из органической жидкости удаляют механические примеси, соли, твёрдые углеводороды. Это и есть шлам.
- Остатки, появляющиеся во время бурения скважин с использованием буровых растворов. Шлам ими выносятся на поверхность по затрубю и состоит в основном из отделённых долотом частиц породы.
- Грунтовые. Когда прорывает нефтепровод и его содержимое выплёскивается во вне. Так могут загрязняться обширные площади, тем более если авария произошла в отдалённом районе до которого сложно добраться.
- Резервуарные. При долгом хранении компоненты нефти взаимодействуют с влагой, воздухом, материалом сосудов. Продукты этого взаимодействия оседают на стенках и дне.

При длительном хранении резервуарные нефтешламы разделяются на несколько слоев с характерными для каждого из них свойствами:

- верхний слой- трудноразделимая эмульсия нефтепродуктов с водой и механическими примесями. Верхний слой представляет собой обводненный нефтепродукт с содержанием до 5 % тонкодисперсных механических примесей и относится к классу эмульсий «вода в масле». В состав этого слоя входят 70-80 % масел, 6-25 % асфальтенов, 7-20 % смол, 1-4 % парафинов. Содержание воды не превышает 5-8 %;
- средний слой- осветленная вода, загрязненная нефтепродуктами и взвешенными частицами, которая представляет собой эмульсию типа «масло в воде». Этот слой содержит 70-80 % воды и 1,5-15% механических примесей;
- нижний слой- донный осадок, состоящий из твердой фазы,

пропитанной нефтепродуктами и водой; содержание нефтепродуктов относительно постоянное, количество механических примесей растет с глубиной. Придонный слой (донный ил) обычно представляет собой твердую фазу, включающую до 45 % органики, 52-88 % твердых механических примесей, включая окислы железа. Поскольку донный ил представляет собой гидратированную массу, то содержание воды в нем может достигать до 25 % [2].

## 1.2. Методы обезвреживания нефтешлама

### 1.2.1. Физико-химические методы обезвреживания нефтешламов

Сущность физико-химического метода заключается в применении специально подобранных поверхностно-активных веществ (деэмульгаторов, диспергаторов, смачивателей и т.д.), вспомогательных веществ, влияющих на изменение состояния (размер частиц) и коллоидно-дисперсной структуры взвешенных частиц в нефтяной и водной фазах.

Достоинства метода:

- возможность интенсификации обезвреживания нефтешлама при сравнительно небольших добавках вводимых веществ;
- хорошее сочетание с физическим и биологическим методами.

Недостатки метода:

- высокая стоимость реагентов;
- необходимость применения специального дозирующего оборудования, перемешивающих устройств.

Для разделения нефтесодержащих шламов применяют флокулянты-водорастворимые полимерные электролиты, вводимые перед центрифугированием или обработкой на фильтр-прессах. Эти реагенты вызывают десорбцию влаги с поверхности твердых частиц, усиливают коагуляционное взаимодействие между ними, способствуют быстрому и эффективному обезвреживанию шламов. Однако некоторые из флокулянтов практически не влияют на стабильность эмульсии нефти в воде. Положительный эффект зафиксирован при использовании флокулянтов одновременно с деэмульгаторами, традиционно используемыми в системах разделения водонефтяных эмульсий на стадиях добычи и транспорта нефти. Эффективность деэмульгаторов зависит от качественного и количественного состава природных стабилизаторов, от технологических условий их применения: доз, места ввода, концентрации рабочего раствора, температуры, интенсивности перемешивания.

Шнековый обезвреживатель

После обработки флокулянтосодержащим осадок подается в обезвоживающий барабан. Одна часть барабана предназначена для сгущения осадка, другая для его обезвоживания. По направлению шнека ширина зазоров уменьшается от 0,5 мм в зоне сгущения до 0,3 мм в зоне обезвоживания и в конце до 0,15 мм. Шаг витков шнека также уменьшается, создавая давление в зоне обезвоживания. Фильтрат вытекает сквозь зазоры между кольцами. Прижимная пластина (Е), установленная на конце шнека, увеличивает внутреннее давление в барабане (рис. 1).

Шнековый обезвоживатель может быть использован при обезвоживании осадка, образовавшегося в процессе очистки сточных вод хозяйственно-бытовых, промышленных, сельскохозяйственных и др. объектов.

Такой тип установок предназначен для обезвоживания осадков с концентрацией взвешенных частиц от 2000 до 35000 мг/л. Обезвоженный осадок имеет влажность 81 % и меньше [3].

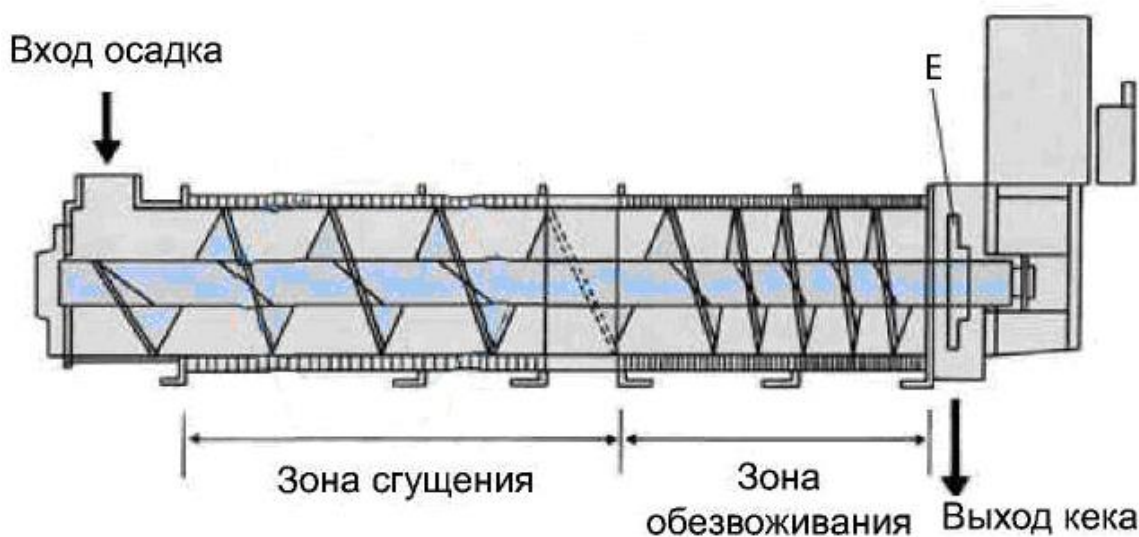


Рисунок 1- Шнековый обезвоживатель

### Декантерное центрифугирование

Применяется для обезвоживания избыточного ила и уловленного осадка с сооружений биологической очистки хозяйственно-бытовых стоков (типа ВВ); обезвоживания осадков очистных сооружений поверхностных и производственно-дождевых стоков (типа УОЛВ); обезвоживания промышленных осадков; 2-х и 3-х фазного разделения (в т.ч. разделения нефтезагрязненных сред).

Степень обезвоживания: до влажности 50-70%

Преимущества:

- Применение на малых, средних и крупных очистных сооружениях;

- Компактная модульная конструкция;
- Высокая производительность (гидравлическая производительность до нескольких сотен куб.м);
- Высокая степень автоматизации процесса;
- Закрытая конструкция, чистота процесса.

Технологический процесс:

Действие декантерных центрифуг основано на технологии непрерывной горизонтальной сепарации. Разделение иловой суспензии на твердую и жидкую фазу осуществляется во вращающемся барабане цилиндрическо-конической формы. Под действием центробежного ускорения в 2000-3000G твёрдые вещества оседают на стенке барабана и непрерывно продвигаются разгрузочным спиралевидным шнеком к узлу выгрузки твёрдых веществ. Специальная конструкция и вращение шнека со скоростью, отличной от скорости вращения барабана, создают в конической части дополнительный эффект прессования. Жидкий фугат в безнапорном режиме изливается через выпускной патрубок. Качество отделения и обезвоживания твёрдых веществ может быть улучшено путём подачи флокулянтов и иловую суспензию, введенных предварительно или непосредственно в декантер.

Декантеры подразделяются на двух- и трёхфазные. Двухфазные предназначены для обезвоживания простой иловой суспензии, то есть разделяют жидкость на воду и мехпримеси и используются, как правило, на сооружениях биологической очистки хозяйственных стоков. Трёхфазные дополнительно разделяют жидкую фазу на две составляющие, например, нефть и воду, и могут быть использованы для эффективного обезвоживания нефтешламов и осадков сооружений очистки нефтесодержащих производственных стоков.

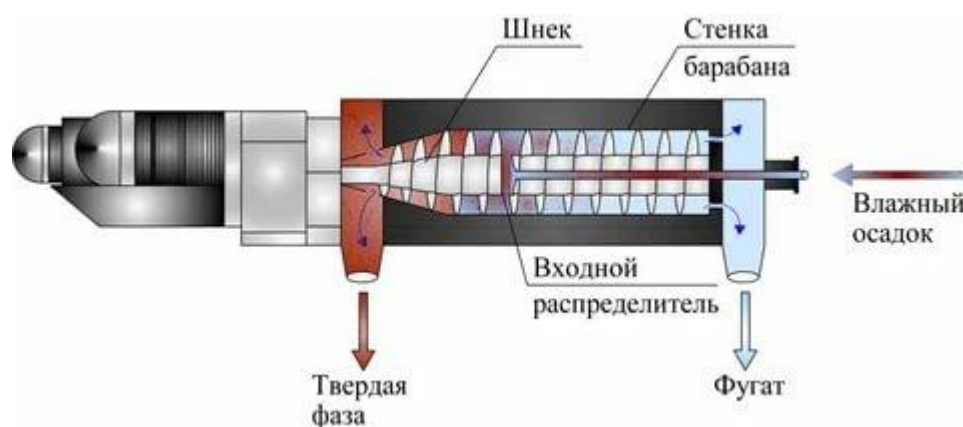


Рисунок 2- Декантер двухфазный

Такой тип установок предназначен для обезвоживания осадков с концентрацией взвешенных частиц от 2000 до 35000 мг/л. Обезвоженный осадок имеет влажность 81 % и меньше [4].

## Прессы винтовые отжимные

Прессы отжимные предназначены для отжима и промывки отбросов, задержанных на канализационных механизированных решетках. Прессы отжимные предназначены для использования в сточных водах с  $pH=6,5 \div 8,5$ .

Отбросы подаются в корпус пресса отжимного через приемный бункер, и перемещаются шнеком к зонам промывки и отжима. Там отбросы, при необходимости, промываются водой под давлением от органики и частично отжимаются за счет уменьшения шага винта. Далее отжатые отбросы по отводной трубе перемещаются в приемный бункер. Вода после промывки отводится между корпусами в канал после решеток.

Преимущество прессов винтовых отжимных ПВО:

- уплотнение отбросов многократно сокращает расходы на их транспортировку;
- функция отмывки отбросов позволяет сохранить органические соединений в сточных водах, что способствует процессу их дальнейшей биологической очистки;
- надежность и долговечность конструкции благодаря применению коррозионно - стойких материалов [5].

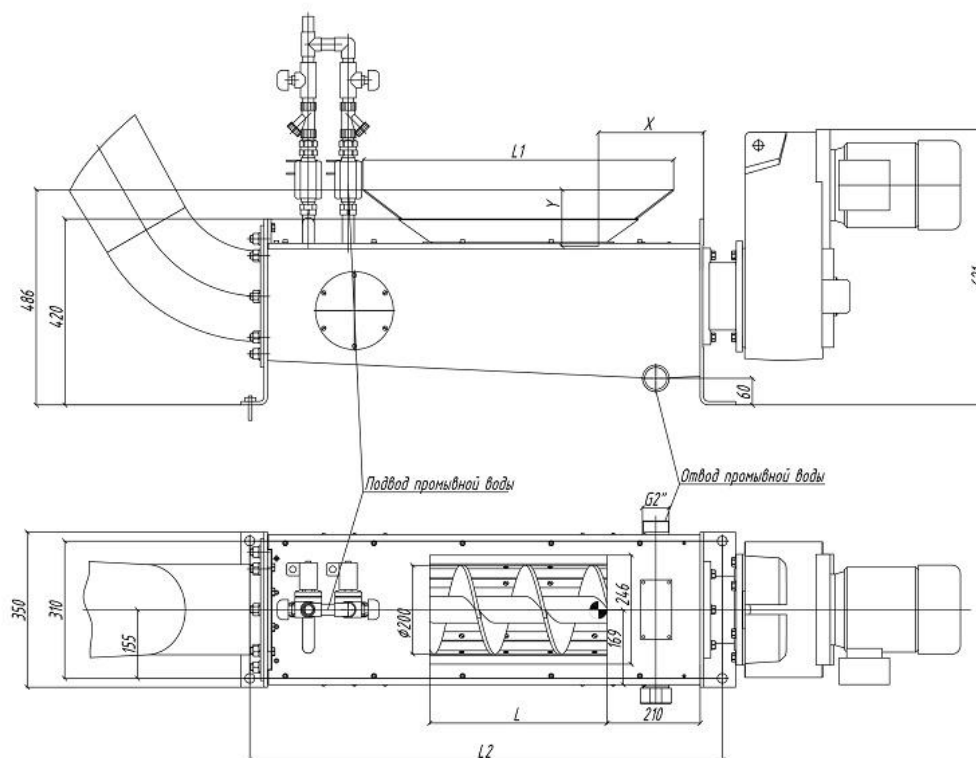


Рисунок 3- Винтовой пресс

## Ленточные фильтр-прессы

Фильтр-пресс предназначен для обезвоживания осадков и шламов, которые были предварительно сгущены до 3-5% гравитационным или

механическим способом. При необходимости в обработке не сгущенного осадка может использоваться комбинация из фильтр-пресса и сгустителя, надстроенного сверху. Это дает возможность сэкономить место и повысить производительность обработки шлам. Ленточный пресс-фильтр может иметь автоматическую, полуавтоматическую конструкцию, а также неавтоматизированную (подразумевает производство работ за счет ручного труда).

Принцип действия ленточных пресс-фильтров:

Сначала осадок обрабатывается раствором флокулянта с целью улучшения его водоотдающих свойств. Специальный шламовый насос транспортирует его из сборных емкостей в барабан для предварительного сгущения на верхней ленте фильтр-пресса. Затем происходит гравитационное сгущение и уравнивание поступающего на сетку потока. Напор подаваемой в аппарат суспензии является основным фактором всего процесса фильтрования. Под давлением обрабатываемое вещество поступает внутрь системы с плотно сжатыми фильтровальными лентами и валами. Здесь осадок зажимается между двумя перфорированными лентами и проходит через несколько (обычно 12 или 14) валов уменьшающегося диаметра. Это обеспечивает постепенное повышения давления на шлам, за счет чего оптимизируется процесс прессования и повышается производительность системы в целом. Твердая фаза задерживается на поверхности фильтровального полотна, а жидкая свободно проникает через фильтровальную ткань и далее через систему каналов выводится из фильтра. Обезвоженный осадок при помощи скребка удаляется с ленты, а затем сбрасывается в устройство выгрузки. В нижней части пресса предусмотрен специальный лоток для сбора фильтрата, а для очищения лент— две промывочные линии, которые непрерывно обрабатывают их из форсунок перед поступлением новой партии осадка.

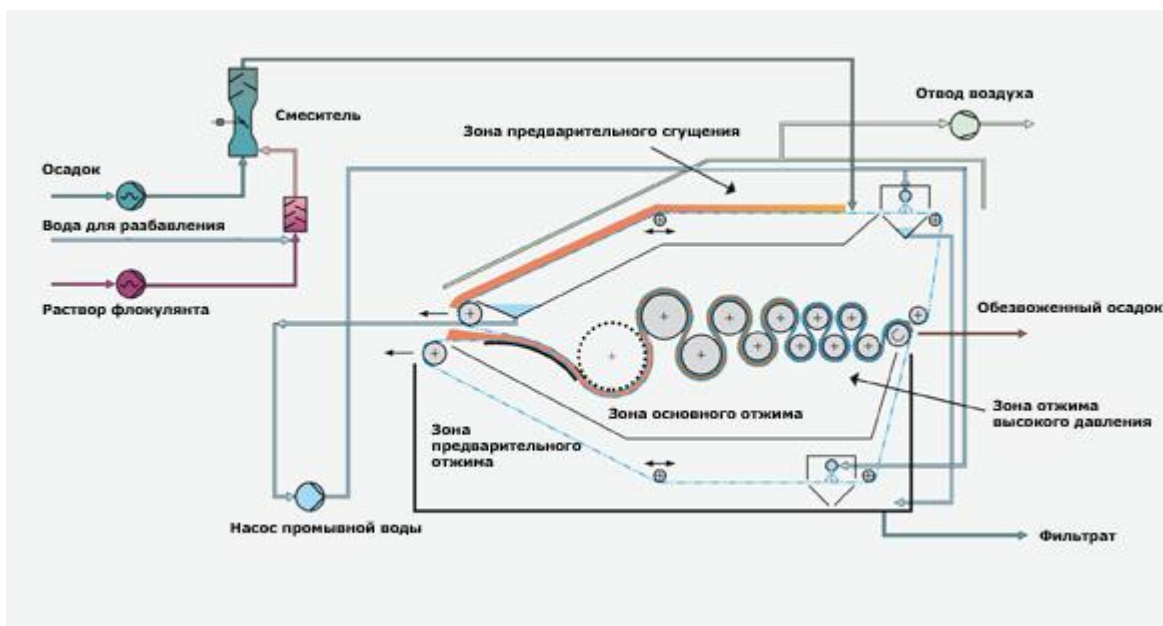


Рисунок 4- Схема обезвоживания продукта на фильтр-прессе

Преимущества данного типа оборудования:

- простота обслуживания;
- низкие капитальные и эксплуатационные затраты;
- низкое потребление электроэнергии;
- низкий расход флокулянта;
- отсутствие шума и вибрации [6].

#### Фильтр-пресс рамный

Данный тип фильтров распространен в промышленности благодаря большой фильтрующей поверхности, относительно низкой материалоемкости, возможности получения хорошо отжатых осадков, влажностью не более 75 % (рис. 5).

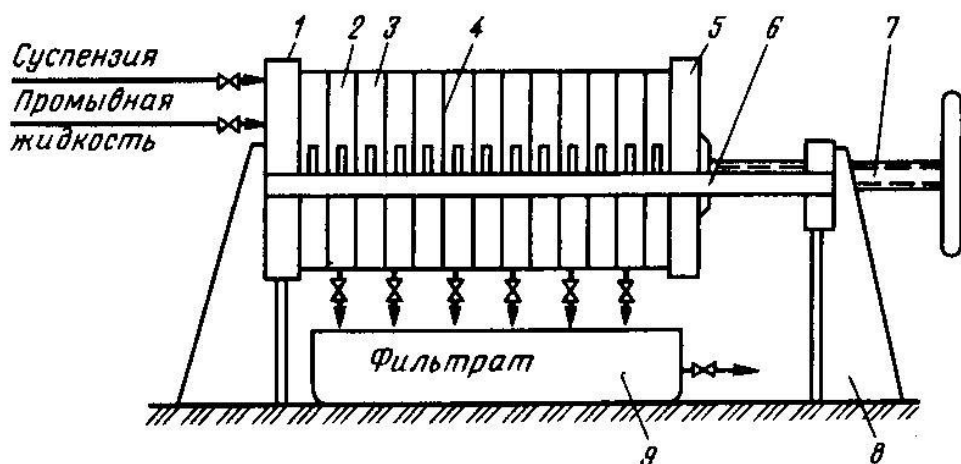


Рисунок 5- Принципиальная схема рамного фильтр-пресса



Гранулы характеризуются высокой прочностью и герметичностью. В течение нескольких месяцев продолжается карбонизация их оболочек. К недостаткам данной технологии можно отнести то, что необходимо использование специального оборудования, большого количества качественной негашеной извести. Не до конца также выяснено влияние конечного продукта на окружающую среду. Преимуществами химического обезвреживания являются относительно невысокая себестоимость и возможность изготовления мобильных установок [8].

### 1.3. Методы утилизации нефтешламов

#### 1.3.1. Термические методы утилизации нефтешламов

Термическое воздействие является основным методом переработки нефтешламов. Термический метод позволяет совместно с нефтешламами сжигать загрязненные фильтры, промасленную ветошь, твердые бытовые отходы. Образующиеся при этом вторичные отходы относятся к 4 классу опасности и подлежат вывозу на полигоны захоронения. Объем вторичных отходов по сравнению с первоначальным уменьшается до 10 раз.

Разновидности метода:

1. Сжигание в печах различного типа и конструкций;
2. Сушка в сушилках различных конструкций;
3. Газификация
4. Пиролиз;

##### 1.3.1.1. Сжигание в печах различного типа и конструкций

Основным термическим методом утилизации является сжигание. Сжиганием называется контролируемый процесс окисления различных видов отходов, в результате чего образуются диоксид углерода, вода и зола. В свою очередь, сера и азот, содержащиеся в отходах, образуют при сжигании различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl. Кроме газообразных продуктов при сжигании отходов образуются различные твердые частицы (металлы, стекло, шлаки и др.) которые требуют дальнейшей утилизации или захоронения [9]. Как правило, сжиганию подвергаются углеводородсодержащие отходы дальнейшая переработка которых является затруднительной и затратной [10]. Сжигание производят в печах различной конструкции, при высоких температурах (не менее 1200 °С). Обычно процесс сжигания протекает в пять стадий (сушка, газификация, воспламенение, горение и дожигание), которые, как правило, протекают последовательно, но иногда и одновременно [9].

Для утилизации нефтешламов методом сжигания используют следующие виды печей:

- Вращающиеся печь. Представляет собой цилиндрическую

конструкцию, облицованную термоизоляцией, расположенную горизонтально с небольшим уклоном. Температура горения от 850 °С до 1650 °С, время конверсии может длиться от нескольких секунд до нескольких часов. Дополнительно во вращающейся печи может находиться еще одна камера сгорания, в ней происходит дожигание несгоревших частей углеводородов (температура камеры 820-890 °С). Также существуют и барабанные вращающиеся печи, они оснащены шнековыми питателями и требуют дополнительной подготовки (разделение измельчение) отходов перед сжиганием.

- Печи с «кипящем слоем». Принцип работы печи данного типа состоит в подаче газового потока под слой дисперсного материала (размер частиц 1-5 мм.), в таком случае, при определенной скорости газов слой переходит в режим витания, образуя псевдооживленное состояние, что обеспечивает контакт газов со значительно большей поверхностью частиц, таким образом ускоряется сгорание отходов (температура порядка 600–1100 °С).

- Колосниковые и ретортные печи. Для утилизации небольшого количества твёрдых нефтесодержащих отходов широкое распространение получили колосниковые печи. Распространенность данного вида печей обусловлена за счет низкой стоимости и высокой надежности конструкции печи. Недостатком такого вида печей является невозможность сжигания жидких нефтешламов, для которых используются ретортные печи [10].

К недостаткам всех вышеперечисленных установок, работающих по принципу прямого сжигания, следует отнести:

- неэкологичность из-за образования при сжигании термоустойчивых и токсичных соединений (полиароматических углеводородов, диоксинов и фуранов) в отходящих газах, а также выбросов в атмосферу значительных количеств тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути, ванадия и др.);

- низкая эффективность с точки зрения уничтожения ценных компонентов, которые можно использовать как вторичное сырьё [11,12].

Недостаток способа – углеводороды, входящие в состав нефтяного шлама, при сжигании выделяют большое количество продуктов сгорания, большинство из которых токсичны. Кроме того, сжигание является дорогостоящим процессом, приводящим к потерям нефти, а также к загрязнению атмосферы, также расходуется большое количество тепла.

### 1.3.1.2. Сушка в сушилках различных конструкций

Основные типы сушилок, которые могут применяться в технологии обработки твердых и промышленных отходов:

- барабанные сушилки;
- сушилки с кипящим слоем;
- распылительные сушилки;

- камерные сушилки;
- пневматические сушилки;
- ленточные сушилки.

Барабанные сушилки представляют собой цилиндр с внутренней насадкой для пересыпания и перемешивания материала с целью улучшения его контакта с сушильным агентом. Барабан устанавливается либо горизонтально, опираясь бандажми на опорные ролики, либо с небольшим наклоном ( $0,5-0,3^\circ$ ). Известны сушилки с диаметром барабана до 3500 мм и длиной его до 3,5-7 диаметров. Барабан медленно вращается (0,5-0,8 об./мин.) [13].

В камерной сушилке основным узлом является сушильная прямоугольная камера, внутри которой помещается высушиваемый продукт. Камерные сушилки непрерывного действия неудобны в эксплуатации, имеют низкие технико-экономические показатели и трудно поддаются автоматизации, поэтому в настоящее время используются камерные сушилки периодического действия. Сушка осуществляется либо чистым нагретым воздухом, либо смесью топочных газов с воздухом. Сушилки бывают двухкамерные, коридорного типа, шкафные.

Пневматические сушилки состоят из одной или нескольких последовательно соединенных вертикальных труб. Высушиваемый материал перемещается по этим трубам потоком сушильного агента, скорость которого превышает скорость движения наиболее крупных частиц (обычно 10-40 см/с). Вследствие кратковременности контакта (1-5 с) эта сушилка пригодна для термически нестойких материалов даже при высокой температуре сушильного агента.

В ленточных сушилках высушиваемый материал движется по бесконечной ленте (или на нескольких последовательно расположенных лентах), натянутой между ведущим и ведомым барабанами. Сушка осуществляется горячим воздухом или топочными газами, движущимися вдоль лент или в перекрестном токе.

Общий для всех перечисленных выше установок принцип конвекционной сушки состоит в продувке слоя продуктов подогретым воздухом либо иным теплоагентом [14].

Специфика процесса обезвоживания в данных сушилках заключается в том, что нагретый воздух движется в вертикальном направлении (снизу вверх) с такой скоростью, что силы давления воздуха на частицы продукта уравновешивают действующие на эти частицы гравитационные силы. В результате каждая частица как бы «парит» независимо от других, и все элементы ее поверхности одинаково эффективно взаимодействуют с потоком нагретого воздуха, то есть вся площадь ее поверхности является площадью испарения, что несколько уменьшает энергоемкость процесса (по сравнению с упомянутыми выше ленточными сушилками). Однако тепло- и массообмен между внешней поверхностью частиц и их внутренними областями в этой технологической схеме ничем не отличается от типичного для конвекционной

сушки, что и приводит к многократному увеличению энергоёмкости и снижению скорости сушки при малых влажностях продукта и, соответственно, к увеличению энергоёмкости процесса.

### 1.3.1.3. Газификация

Ещё одним эффективным методом утилизации углеродсодержащих отходов является газификация. Газификация представляет собой термохимический высокотемпературный процесс взаимодействия органической массы с газифицирующими агентами или преобразование органической части твердого (жидкого) топлива в горючие газы при высокотемпературном нагреве с окислителем (кислород, воздух, водяной пар и др.). В результате газификации образуются только газообразные компоненты. Сам процесс протекает в специальных колоннах, называемых генераторами, а все газы, получаемые при газификации, называют генераторными газами [9, 11].

Газогенератор — устройство для преобразования твёрдого или жидкого топлива в газообразную форму. Наиболее распространены газогенераторы, работающие на дровах, древесном угле, каменном угле, буром угле, коксе и топливных пеллетах. Газогенераторы, использующие в качестве топлива мазут и другие виды жидкого топлива, применяются значительно реже.

Газогенератор позволяет газифицировать твёрдое топливо, что делает его использование более удобным и эффективным, будь то отопительный котёл, двигатель внутреннего сгорания, газовая турбина или химическая промышленность.

В газогенераторе протекает несколько основных химических реакций. При горении с обедненным количеством кислорода (пиролиз) протекают реакции окисления угля и углеводородов:



с выделением тепловой энергии

После чего реакции восстановления:



с потреблением тепловой энергии

Активная часть газогенератора состоит из трёх перетекающих участков: термического разложения топлива, окисления, восстановления. Кроме устройств с внешним подводом тепла, где зоны окисления нет.

Основными горючими компонентами в получаемом «генераторном газе» являются водород  $H_2$ , оксид углерода  $CO$ , метан  $CH_4$ , и непредельные углеводороды  $C_xH_x$ .

Газогенерация состоит из четырех стадий: нагрев (100–150 °С), сушка (150–200 °С), сухая перегонка (начинается при 250–550 °С и заканчивается при 800 °С), газификация (1000–1500 °С) [11]. Основная особенность процесса газификации заключается в том, что в отличие от сжигания в реакторе газовая фаза имеет восстановительные свойства. Именно поэтому образование оксида азота и серы термодинамически невыгодно, вследствие этого вредных выбросов в атмосферу от газификаторов меньше, чем от печей сжигания [10]. Газификация может осуществляться в плотном слое под давлением и псевдоожиженном слое [15].

Таким образом, метод газификации имеет следующие преимущества по сравнению с методом прямого сжигания:

- использование получаемых горючих газов и смолы в качестве топлива или сырья;
- возможность получения различных видов продуктов (вариативность);
- уменьшение вредных выбросов в атмосферу (по сравнению с сжиганием) [8].

К недостаткам данного метода относятся:

- выбросы вредных веществ в атмосферу (хотя и меньшие, по сравнению с сжиганием);
- возможность загрязнения вырабатываемого газа продуктами полукоксования;
- необходимость захоронения золы, остающейся после процесса газификации.

#### 1.3.1.4. Пиролиз

Последним из рассматриваемых методов борьбы с углеродсодержащими отходами является пиролиз. Пиролиз представляет собой контролируемое термического разложение исходного сырья на составные части и является одним из самых перспективных направлений утилизации нефтешламов на сегодняшний день [16].

В зависимости от температуры различают три вида пиролиза:

- Низкотемпературный пиролиз или полукоксование. Процесс протекает при 450–550 °С и характеризуется минимальным выходом газа, максимальным количеством жидкого продукта и твердого остатка (полукокса). При этом, газ образующиеся при данном виде пиролиза, обладает максимальной теплотой сгорания, а полукокс можно использовать в качестве энергетического и бытового топлива. Жидкие продукты (нефтяной конденсат)

образуются в количестве 29 % от исходной массы, теплота сгорания нефтяного конденсата составляет 9000 ккал/кг [12, 13, 17];

- Среднетемпературный пиролиз или среднетемпературное коксование. Данный процесс протекает при температуре до 800 °С и характеризуется увеличением выхода газа (по сравнению с низкотемпературным пиролизом), одновременно снижается выход жидкого и твердого продуктов, при этом, теплота сгорания газа снижается;

- Высокотемпературный пиролиз или коксование. Процесс проводят при 900–1050 °С. При такой температуре количество образующихся газов максимально, а выход жидкого и твердого продуктов сведен к минимуму, при этом, газ имеет самую низкую теплоту сгорания [9, 10, 17].

По видам реакции различают окислительный и сухой пиролиз.

При окислительном пиролизе происходит термическое разложение углеводородсодержащих отходов, при этом происходит их частичное сжигание. Данный метод хорошо применим к отходам (вязкие, пастообразные и др.) которые затруднительно перерабатывать сжиганием или газификацией.

Сухой пиролиз представляет собой термическое разложение углеродсодержащих отходов без доступа кислорода. Данный метод обеспечивает переработку отходов и получение полезных продуктов, используемых в качестве топлива и химического сырья. В результате сухого пиролиза образуется газ (пиролизный газ), жидкие продукты и твердый углеродистый остаток [10]. Работа установки заключается в следующем. Углеродсодержащие отход с помощью шнека загружаются в камеру пиролиза, где происходит их термическое разложение. Отходящий пирогаз попадает в систему фильтров и конденсаторов, где происходит очистка и сепарация паров жидкой фракции, воды и газа. Пройдя очистку, продукт конденсируется и собирается в ёмкость хранения.

Роль метода термического обезвреживания – путем сжигания нефтешламов постоянно снижается по мере ужесточения природоохранных требований. В этой связи изменилось и отношение к проблеме шламонакопителей и самих их «хозяев» в связи с изменением экологической политики и необходимостью внедрения системы экологического менеджмента и ее сертификации по международным стандартам [18].

### 1.3.2. Биологические методы утилизации нефтешламов

Биоразложение происходит при применении специальных штаммов бактерий, биогенных добавок и подачи воздуха. Процесс имеет простое аппаратное оформление, отличается низкой вредностью.

На установке принята отдельная биологическая очистка сточных вод первой и второй системы канализации, прошедших механическую и механо-химическую очистку. Промливневые стоки первой системы канализации

проходят одноступенчатую биологическую очистку, состоящую из двух двухкоридорных аэротенков и четырех отстойников.

Сначала стоки поступают в два параллельно включенных аэротенка (70м×35м), продолжительность аэрации составляет 1,5 – 2 часа. Концентрация активного ила должна составлять 5,5-6 г/л. Аэрация необходима для насыщения воды кислородом, перемешивания и поддержания ила во взвешенном состоянии. Для аэрации используют сжатый воздух. Получившаяся в аэротенках смесь самотеком поступает в проточные отстойники на разделение. Их конструкция представляет собой четыре прямоугольных железобетонных резервуара общим размером 35м×45м. За время прохождения смеси через отстойник ил оседает, время пребывания воды в отстойнике 24 часа. Часть осевшего активного ила возвращается в аэротенки для повторного использования, избыток отправляется на регенерацию. Вода поступает в общий коллектор стока.

Конструкция параллельно включенного оборудования позволяет путем закрытия определенных задвижек вывести одну из линий из работы для проведения планового обслуживания без остановки процесса в целом.

Вторая система также сконструирована из параллельно работающего оборудования. Процессы, проходящие в аэротенках и отстойниках аналогичны. Стоки ЭЛОУ и сернисто-щелочные стоки (вторая система канализации) проходят двухступенчатую очистку, так как имеют высокое содержание солей, нефтепродуктов, щелочей и тд. Сточные воды последовательно проходят два параллельных аэротенка первой ступени (общий наземный размер конструкции 24м×36м, продолжительность аэрации составляет 24 часа, концентрация активного ила должна составлять 5,5-6 г/л.), четыре вторичных радиальных отстойника (диаметром по 6м, продолжительность пребывания воды в пределах 1,5-2 часа), далее стоки проходят аэротенки второй ступени (продолжительность аэрации 6-8ч, концентрация активного ила 1,2-2 г/л). Последний этап третичные отстойники (продолжительность пребывания воды в пределах 3-4 часа) после чего стоки отводятся в общий коллектор стоков. В процессе работы установки образуется избыток ила. Избыточный ил из всех отстойников проходит процесс регенерации. Ил сначала уплотняется в илоуплотнителях, затем проходят обработку воздухом в аэробных стабилизаторах, после чего отправляется в шламонакопители.

Общий размер наземной конструкции второй ступени и резервуаров регенерации ила 34м×65м. Очищенные стоки из общего коллектора поступают на станцию УФ обеззараживания. На станции производится обеззараживание сточных вод методом воздействия света УФ ламп на находящиеся в ней микроорганизмы. Очищенная вода, соответствующая всем нормам, отводится сначала в пруды и далее в природные водоемы.

Аэротенк – это система активного биологического очищения сточных вод, выполненная в форме прямоугольного резервуара с рядом

дополнительных элементов. В процессе очистки через емкость пропускаются сточные воды, перемешанные с активным илом и насыщаемые кислородом.

Основной принцип работы аэротенка выглядит следующим образом:

- канализационные стоки поступают в центральную часть емкости (первичный отстойник);
- после частичного осветления сточные воды перекачиваются в основную емкость с помощью эрлифта, где смешиваются с активным илом и расщепляются под воздействием колонии микроорганизмов;
- к основной емкости подведен аэратор, с помощью которого в систему поступает кислород; рядом с аэратором располагается компрессор, который позволяет нагнетать  $O_2$ . За счет имеющихся датчиков контроля содержания кислорода на выходе система в автоматическом режиме поддерживает заданный уровень насыщения стоков;
- после пребывания в аэротенке жидкость попадает во вторичный отстойник, при этом микроорганизмы вместе с активным илом, выпавшие в осадок, возвращаются в аэротенк;
- во вторичном отстойнике сточные воды находятся до момента завершения окончательной стадии очищения, после чего выводятся из устройства.

Достоинства метода:

- возможность удалить из сточных вод разнообразные органические соединения, в том числе токсичные;
- простота аппаратного оформления.

Недостатки метода:

- высокие капитальные затраты;
- необходимость строгого соблюдения технологического режима очистки;
- токсичное действие на микроорганизмы ряда органических и неорганических соединений;
- необходимость разбавлять сточные воды в случае высокой концентрации примесей.

#### 1.4. Использование нефтешлама и продуктов утилизации нефтешлама в качестве вторичных материальных ресурсов

В литературных источниках часто рассматривается возможность использования нефтешлама и продуктов утилизации нефтешлама в производстве строительных материалов.

#### 1.4.1. Применение нефтешламов в качестве твердого эмульгатора в производстве битумных эмульсий и паст

В дорожном строительстве все более широкое распространение приобретают технологии с использованием битумных эмульсий и паст.

Битумные пасты- вяжущий материал на основе битума и воды, имеющий несомненные преимущества при производстве многих видов дорожно-строительных работ. Битумные эмульсии и пасты позволяют выполнять дорожно-строительные и ремонтные работы более технологичными способами, проводить их при неблагоприятных погодных условиях, значительно улучшить качество дорожных покрытий, продлить сезон дорожно-строительных работ на 1,5-2 месяца [19-21].

Битумные эмульсии- дисперсия битума в воде. Чтобы система из этих двух взаимно несмешивающихся жидкостей была устойчивой, необходим третий компонент- эмульгатор.

Эмульгатор- поверхностно-активное вещество (ПАВ), ионизированные молекулы которого состоят из гидрофильной «головной» катионной или анионной функциональной группы и гидрофобного липофильного «хвоста», представляющего собой длинную углеводородную цепочку. Ионы молекул эмульгатора адсорбируются на поверхности битумных капель углеводородными липофильными «хвостами» внутрь, а гидрофильными ионными группами наружу. Это создает электрический и пространственно отталкивающий энергетический барьер между каплями, препятствует их тесному сближению и слиянию.

Битумную эмульсию на твердых эмульгаторах называют битумной пастой (БП) независимо от количества эмульгатора в ней. В качестве эмульгаторов в битумных пастах используют мелкодисперсные материалы: высокопластичные и пластичные глины, тяжелые суглинки, известь I и II сорта, кремнеземные порошки. Основным свойством, которым должен обладать эмульгатор, является его дисперсность, а именно, содержание частиц мельче 0,005 мм [22].

Благодаря широким диапазонам различных свойств битумов (тепло- и морозостойкость, пластичность, адгезионно-когезионные свойства, погодостойкость, стойкость к агрессивным средам, высокие диэлектрические свойства и др.) и низкой стоимости их весьма широко используют в строительстве, промышленности и сельском хозяйстве. Наибольшая потребность в битумах отмечается в период с июня по октябрь, когда усиленно ведутся строительство и ремонт дорожных и других покрытий.

#### Битумы в дорожном строительстве

Значение битума в производстве дорожных покрытий первостепенно. Такие покрытия обеспечивают прочность, безопасность и в 2 – 2,5 раза

дешевле, чем бетонные. Более 70% выпускаемых битумов – дорожные, половина используется с разжижителями без подогрева.

Жидкие нефтяные дорожные битумы представляют собой остаточные продукты полутвердой и жидкой консистенции. Подобные битумы получают также разжижением вязких битумов нефтью и нефтепродуктами. Высокосмолистые тяжелые нефти – это естественные жидкие битумы. Использование жидких битумов позволяет исключить высокотемпературные процессы, использовать различные способы обработки минеральных материалов и продлить сезон строительных работ. Из дорожного покрытия, включающий жидкие битумы, с течением времени под действием кислорода воздуха, солнечных лучей, адсорбции каменным материалом или грунтом и других факторов испаряются низкокипящие фракции и уплотняются высокомолекулярные соединения. Прочность и долговечность дорожных покрытий зависят не только от свойств битума, но также и от применяемых минеральных материалов, и от технологии приготовления и укладки битумо-минеральной смеси. Поэтому повышение требований к качеству нефтяных дорожных битумов должно сопровождаться улучшением технологии дорожного строительства.

Битумные пасты являются перспективным органическим вяжущим материалом для дорожного строительства, а разработка технологии получения таких материалов с использованием нефтешламов – актуальной экологической задачей.

Наиболее перспективным является использование нефтешлама в качестве твердого эмульгатора для производства битумных паст, поскольку данная технология позволяет избежать обезвоживания нефтешлама – энергоемкой стадии процесса.

Физико-химическими предпосылками данного направления использования нефтешлама является следующее:

- В органической части нефтешлама «Альфа-Лаваль» содержится 11,5 масс.% асфальтенов, которые играют основную роль в стабилизации водонефтяных эмульсий;
- Высокая дисперсность нефтешлама. Традиционно в качестве твердых эмульгаторов в производстве битумных паст используются высокодисперсные неорганические материалы: глина, окислы кремния, карбонат кальция и сульфат бария [23].

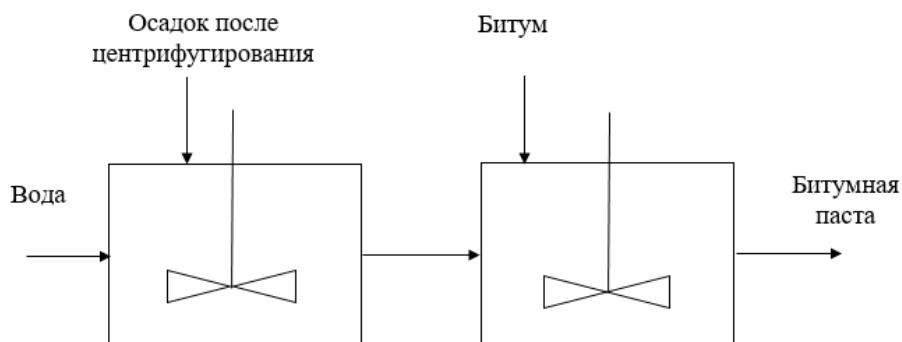


Рисунок 7- Блок-схема получения битумных паст с использованием нефтешлама

В гомогенизатор при температуре 80-90 °С подается вода и нефтешлам, затем порциями вводится битум, смесь интенсивно перемешивается в устройстве – диспергаторе, который обеспечивает развитое турбулентное течение с модифицированным числом Рейнольдса для перемешивающих устройств равным 2560 [24].

#### 1.4.2. Использование нефтешламов при производстве керамзита

При производстве керамзита, применяемого в качестве заполнителей при изготовлении теплоизоляционного и конструктивного, легких бетонов в качестве вспучивающей добавки используется значительное количество (до 2% на массу глинистого сырья) нефтепродуктов (дизельное топливо, мазут).

Процесс изготовления керамзита состоит из следующих основных операций: добыча глинистого сырья, его складирование и доставка к месту производства, переработка сырья и приготовление исходного полуфабриката-сырца на основе глинистого сырья с добавлением вспучивающей добавки (нефтепродукты), обжиг и охлаждение керамзита, сортировка, складирование и выдача готовой продукции (рис. 8) [25].



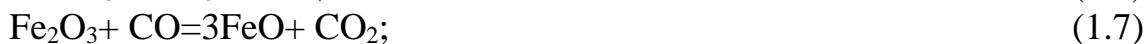
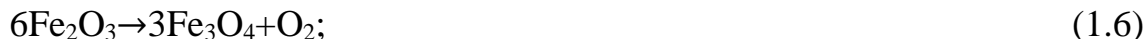
Рисунок 8- Технологическая схема производства керамзита

Глинистое сырье, применяемое для производства керамзита, должно иметь следующие показатели физических и технологических свойств:

- температурный интервал вспучивания глинистого сырья без добавок или с их применением должен составлять не менее 30 °С;
- коэффициент вспучивания сырья без добавок или с их применением должен составлять не менее 2,5;
- удельная активность смеси естественных радионуклидов должна быть не более 1,0.

Вспучиваются и образуют керамзитовую структуру только те легкоплавкие искусственные смеси на основе глин, в состав которых одновременно введены оксиды железа и органические примеси.

Активно участвуя в окислительно-восстановительных процессах, оксиды железа в значительной степени обеспечивают пиропластическую массу газообразной фазой. Процесс восстановления оксидов железа характеризуется совокупностью двух одновременно протекающих превращений: диссоциации восстанавливаемого оксида и соединения восстановителя с кислородом. Схема окислительно-восстановительных реакций описывается следующими уравнениями:



Образующиеся при этом газообразные продукты  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  обладают меньшим давлением диссоциации и могут участвовать во вспучивании как газообразная фаза.

Одновременно при благоприятных условиях развивается обратимая реакция с подвижным равновесием  $2\text{CO} \leftrightarrow \text{C} + \text{CO}_2$ , с накоплением в порах материала мелкодисперсного углерода. При температуре ниже  $1000^\circ\text{C}$ , оксид углерода является нестойким и разлагается на угольную кислоту и твердый сажастый углерод. Выше  $1000^\circ\text{C}$  в присутствии углерода нестойкими являются угольная кислота и пары воды, которые образуют активные газообразные восстановители: пары воды вступают в непосредственное воздействие с оксидами железа как прямой восстановитель. Тот и другой характер взаимодействия приводит к интенсивному восстановлению оксидов железа с образованием высокоактивной закиси железа, вступающей во взаимодействие с другими составляющими, образуя расплав, обладающий оптимальной для вспучивания вязкостью и равномерно распределенной газовой фазой в виде пузырьков диоксида углерода, оксида углерода и воды.

В нашей стране накоплены огромные запасы нефте- и маслошламов, они являются дешевым сырьем, и их использование может быть экономически выгодным для предприятий по производству керамзита.

Исходя из состава нефтешламов (наличие оксидов железа и органической составляющей) можно предположить, что шламы совместно с отработанными маслами могут быть использованы в качестве вспучивающей добавки в производстве керамзита [26].

### 1.4.3. Применение нефтешламов в качестве добавки в бетоны и битумы

В [27] рассмотрена возможность использования нефтешлама в качестве добавки в бетоны. Известны комплексные гидрофобнопластифицирующие добавки, которые готовят эмульгированием гидрофобного компонента в растворах технического лигносульфоната (ЛСТ). Добавку готовили совместным эмульгированием нефтешлама и раствора ЛСТ в соотношении 1:1 и 2:1. Для приготовления бетонных смесей использовался воркутинский портландцемент М 400 и М 500, песок и щебень. Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что добавка на основе нефтешлама позволяет увеличить прочность бетона на 20 %, морозостойкость, водопроницаемость в 2 раза и уменьшить расход цемента на  $1 \text{ м}^3$  бетона на 10% (при оптимальной концентрации нефтешлама 0,15...0,2 % от массы цемента). Указанные выше соотношения «нефтешлам-раствор ЛСТ» не

обоснованы теоретически, нет также данных об использовании этой добавки в промышленных масштабах.

Одним из предлагаемых способов переработки нефтешлама является использование его в качестве добавки при получении битума. К нагретому до 75-105°C нефтешламу (50-80 % общей массы) небольшими порциями подают кислый гудрон. Реакция протекает при постоянном перемешивании в токе воздуха. Первоначально выделяется вода, содержащаяся в нефтешламе, затем-реакционная вода, образующаяся в процессе реакции сульфирования. После отгонки основного количества воды температуру увеличивают до 130°C. Постепенная подача кислого гудрона обеспечивает более полное превращение серной кислоты в сульфокислоты. Время реакции определяется количеством воды в исходных образцах нефтешлама. Полученную реакционную массу можно использовать в качестве добавки при получении битума на основе прямогонного гудрона [28]. В связи с этим можно предположить, что ввиду изменения обводненности шламов в широких пределах представляется обязательным выполнение предварительного анализа шлама на содержание воды.

Смесь, содержащая легкий пылевидный суглинок (до 100 частей), нефтешлам (10...23 части) и воду (8...10 частей), используется в строительстве автомобильных дорог, для устройства морозозащитных слоев, изолирующих прослоек, верхних и нижних слоев оснований под усовершенствованные облегченные и переходные типы покрытий, нижних слоев оснований под цементно-бетонные и асфальтобетонные покрытия (рис. 9) [29].

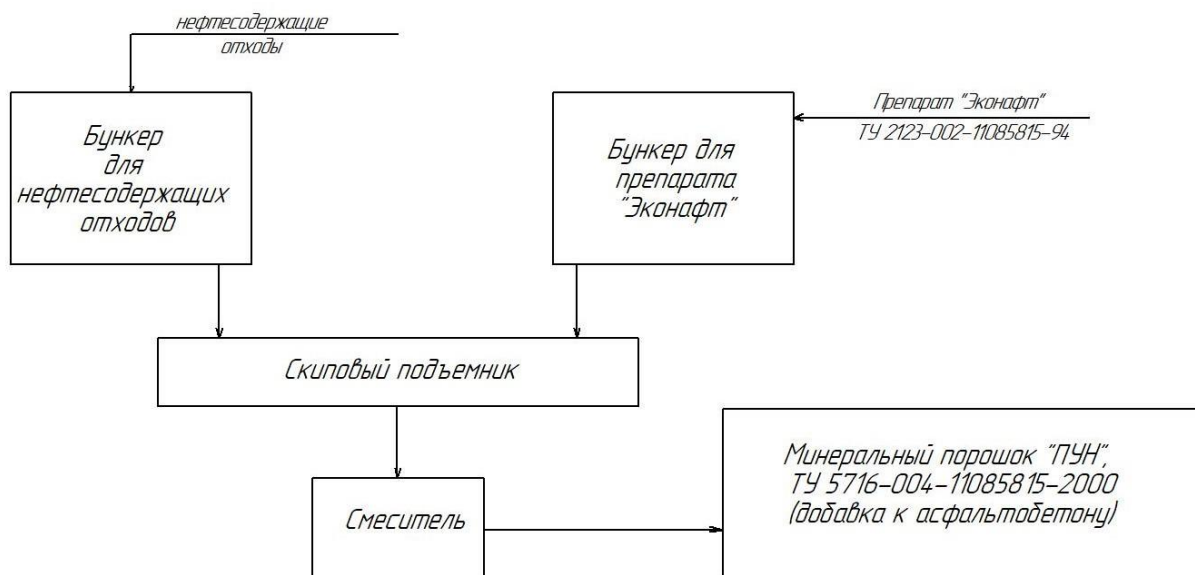


Рисунок 9 – Схема получения минерального порошка

Шлам, полученный в процессе переработки, поступает в передвижную тележку и далее на установку ПУ-01, где происходит перемешивание шлама с негашеной известью.

Выбор химического метода утилизации нефтешлама путем диспергирования с гидрофобными реагентами на основе негашеной извести или других материалов обусловлен следующим:

1. высокая эффективность процесса переработки нефтесодержащих отходов в порошкообразный гидрофобный материал, который может быть использован в дорожном строительстве;
2. достаточно дешевый способ обезвреживания;
3. большие объемы обрабатываемого нефтешлама;

Способ основан на свойствах окиси минеральных сорбентов (негашеной извести –  $\text{CaO}$ , магнезия –  $\text{MgO}$  и хрома –  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) при гашении увеличивать удельную поверхность в 15-30 раз и тем самым превращаться в объемное вяжущее вещество с высокой абсорбционной способностью в отношении высокомолекулярных веществ и, в частности, углеводородов нефти.

Процесс гашения сопровождается выделением большого количества тепла, в результате чего происходит резкое увеличение удельной поверхности. Однако гашеная известь смачивается водой, что приводит к резкому сокращению или устранению ее абсорбционной способности.

Для придания гидрофобизирующих свойств в процессе гашения вводят специальное вещество – модификатор (полный эфир глицерина и высших жирных кислот – триглицерид). При смешении с известью глицерид образует с поверхностью минерального сорбента прочную химическую связь, что приводит к образованию нового соединения – триглицерида кальция и активации поверхности для последующего гидрофобного взаимодействия с углеводородами нефти.

При взаимодействии с поверхностью сорбента образуется триглицерид кальция. Процесс солеобразования протекает практически полностью. Получаемые соли и обеспечивают гидрофобность и прочность гранул.

Таким образом, сущность химического способа обезвреживания нефтемаслоотходов заключается в том, что нефтемаслоотходы обрабатываются негашеной известью с добавками модификатора путем перемешивания. При этом оксид щелочноземельного металла образует с водой гидроксид, в результате чего нефтепродукты равномерно им адсорбируются с получением сухого, стойкого при хранении порошкообразного вещества, состоящего из мельчайших гранул, представляющих по химическому составу мельчайшие частицы обезвреженных нефтемаслоотходов, заключенные в известковые оболочки – капсулы, которые равномерно распределены в массе продукта.

Полученный продукт утилизации соответствует ГОСТу 16557-78 «Минеральная добавка в асфальтобетон» и относится к IV классу опасности.

#### 1.4.4. Использование нефтешламов при получении резиновых смесей

Высоковязкие углеводороды, полученные из нефти, широко применяются в качестве мягчителей резиновых смесей, а оксиды различных металлов, аналогичные имеющимся в минеральной части нефте- и маслошламов, - в качестве наполнителей.

Мягчители (пластификаторы) – это вещества, облегчающие изготовление и обработку резиновых смесей, снижающие температуру текучести и повышающие их пластичность. В большинстве случаев они представляют собой смесь различных органических веществ (в том числе и веществ, получаемых из нефти). Применяются жидкие, твердые и полутвердые пластификаторы.

Мягчители способствуют более равномерному распределению ингредиентов в резиновой смеси, уменьшают разогревание при смешении и этим прекращают в известной степени преждевременную вулканизацию, снижают расход электрической энергии на изготовление и последующую обработку резиновых изделий, уменьшают усадку, улучшают формование при каландровании и шприцевании, а также при вулканизации в формах, снижая температуру размягчения резиновой смеси в начале вулканизации. В результате химического взаимодействия с компонентами резиновых смесей мягчители оказывают влияние на вулканизацию, физико-механические свойства и старение вулканизаторов. Применение мягчителей является одним из наиболее доступных средств изменения свойств резиновых смесей и резин.

Мягчители уменьшают гистерезисные потери и теплообразование при многократных деформациях резин вследствие повышения молекулярной подвижности, снижения жесткости каучука и повышения скорости релаксации. При правильном выборе типа и количества мягчителя в резиновой смеси наблюдается повышение эластичности и усталостной выносливости вулканизатов при многократных деформациях. Мягчители снижают условные напряжения при заданном удлинении и твердость, а также увеличивают относительное удлинение при разрыве, благодаря чему становится возможным введение большего количества наполнителей в резиновые смеси. Одновременно мягчители снижают прочность при растяжении вулканизатов, особенно при большом содержании.

К мягчителям предъявляют следующие требования:

- совместимость с каучуком, т.е. способность смешиваться с ним и прочно удерживаться в резиновой смеси и вулканизате в значительном интервале температур;
- химическая и термическая стойкость во время вулканизации;
- малое давление насыщенных паров и небольшая летучесть при температурах обработки и вулканизации смесей;
- возможно более высокая температура вспышки;
- отсутствие токсического действия на организм человека и резкого

неприятного запаха;

- доступность и относительно невысокая стоимость.

В качестве мягчителей применяют органические вещества различного происхождения. Их можно подразделить на следующие группы: вещества, получаемые из нефти (мазут, гудрон масляный, битум нефтяной высокоплавкий, парафин, хлорированные парафиновые углеводороды, церезин, петролатум, минеральные масла, вазелин технический, нефтеполимерная смола); продукты переработки каменного угля (каменноугольная смола, инденкумаровые смолы, стирольно-инденовая смола); вещества растительного происхождения (канифоль, сосновая смола, растительные масла, фактисы); жирные кислоты (стеариновая и олеиновая); синтетические мягчители (сложные эфиры, Эфир ЛЗ-7, Эмульфин К, Пластификатор ЛДЭА-4).

Наполнители применяются для увеличения объема резиновой смеси, что приводит к сокращению расхода каучука и снижению стоимости изделий, т.к. они значительно дешевле каучука.

Изменение физических свойств резин, вызванное введением наполнителей, выражается прежде всего в увеличении их жесткости, что наблюдается при использовании весьма различных наполнителей, и только некоторые из них повышают свойства резин.

Всякая резиновая смесь является дисперсией наполнителя в каучуке. Адсорбция каучука и других составных частей смеси частицами наполнителя определяет характер межфазных связей. Явление усиления увязывается главным образом с величиной поверхностной энергии на границе раздела фаз. При этом имеется в виду, что частицы каучука, адсорбированные на поверхности наполнителя, образуют пленку, обладающую свойствами, отличными от свойств остальной массы каучука.

К ингредиентам резиновых смесей применяют следующие требования:

- высокая степень дисперсности;
- минимальное содержание влаги и летучих веществ;
- отсутствие посторонних механических примесей и включений;
- отсутствие свободных минеральных кислот и растворимых в воде минеральных солей;
- однородность по дисперсности и составу;
- стабильность в условиях хранения;
- нетоксичность.

Исходя из данных химического и гранулометрического анализа, с учетом того, что именно нефтешламы с установки «Альфа-Лаваль» находятся в порошкообразном состоянии, изучена возможность использования данного отхода в качестве комплексного ингредиента резиновых смесей.

Возможность использования отхода была опробована в смесях для получения амортизаторов на основе комбинации каучуков: синтетического изопренового (СКИ-3) и стереорегулярного бутадиенового (СКД). При этом производили полную или частичную замену вазелинового масла и

технического углерода на равноценное, пониженное или повышенное количество нефтешлама. Оптимальные рецепты резиновых смесей приведены в табл. 1. Смесь 1 является контрольной.

Таблица 1 – Рецепты резиновых смесей на основе комбинации каучуков СКИ – 3 и СКД (содержание компонентов в мас.ч.)

Ингредиенты резиновой смеси	СКИ-3	СКД	Сера	Сульфенамид «Ц»	Оксид цинка	Технический углерод П-803	Технический углерод П- 324	Рубракс	Масло вазелиновое	Стеарин	Воск 3В-1	Нафтам-2	Диафен ФП	Парафин нефтяной	Нефтешлам	Итого
Смесь №1	70	30	1,75	0,8	10	32	25	8	5	1	1	1	2	1	-	188,5
Смесь №2	70	30	1,75	0,8	10	32	15	8	-	1	1	1	2	1	10	183,5

Таблица 2 – Физико-механические показатели резин на основе комбинации каучуков СКИ-3 и СКД

Показатели	Условное напряжение при 100 % удлинении, МПа	Условное напряжение при 200 % удлинении, МПа	Условное напряжение при 300 % удлинении, МПа	Условная прочность при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %	Истинная прочность при растяжении, МПа	Истинное напряжение при заданном удлинении, МПа	Пластичность	Мягкость	Восстанавливаемость	Эластическое восстановление, мм	Относительное эластическое восстановление
Смесь №1	2,3	6,3	10,8	21,2	484	124	43	0,57	0,58	0,99	0,07	0,009
Смесь №2	3,04	6,6	10,8	23	540	147	43	0,60	0,61	0,99	0,07	0,009

Как видно из результатов испытания резин (табл. 2), при замене 10 массовых частей технического углерода П-324 и 5 массовых частей вазелинового масла на 10 м.ч. нефтешлама пластичность, модули и относительное удлинение при разрыве немного увеличиваются, остальные показатели близки или практически не изменяются по сравнению с контрольным образцом.

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы:

- нефтешлам является достаточно эффективным комплексным ингредиентом (мягчителем и наполнителем);
- введение нефтешлама позволяет провести одновременное уменьшение дозировок технического углерода, вазелинового масла и тем самым снизить себестоимость резиновой смеси;
- качество поверхности смеси не ухудшается.

Заводом РТИ были проведены промышленные испытания по использованию нефтешламов длительного хранения (отходов установки

Альфа-Лаваль АО «Славнефть-Ярославльнефтеоргсинтез») в рецептуре резиновых смесей общего назначения. В производственных условиях были изготовлены две загрузки товарной резиновой смеси 6190 по рецептам 6190-116-1, 6190-103-1 с заменой мягчителя АСМГ на нефтешлам в равном количестве. Рецептуры серийных и опытных смесей приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Рецептуры серийных и опытных смесей

Наименование ингредиентов	6190-116 серийная	6190-116-1 опытная	6190-103 серийная	6190-103-1
Отходы СКМС-30АРКМ-15	80,00	80,00	-	-
БСК	-	-	100,00	100,00
БС-45	20,00	20,00	-	-
Регенерат РШТ	-	-	40,00	40,00
Сера	1,80	1,80	2,80	2,80
2-меркаптобензотиазол	1,10	1,10	1,50	1,50
Тиурам Д	0,22	0,22	0,15	0,15
Белила цинковые	2,20	2,20	2,00	2,00
ТУ П-324	53,00	53,00	-	-
ТУ Т-900	64,00	64,00	-	-
ТУ П-803	-	-	140,00	140,00
Каолин	-	-	14,00	14,00
Мягчитель АСМГ	7,40	-	10,00	-
Диафен ФП	1,50	1,50	-	-
Масло ЯП-1	26,50	26,50	-	-
Масло ПН	-	-	28,00	28,00
Парафин	2,20	2,20	3,00	3,00
Нефтешлам	-	7,40	-	10,00
Ацетонанил	-	-	2,00	2,00
Итого:	259,92	259,92	343,45	343,45

Результаты испытаний опытных резин приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Физико-механические показатели резин на основе опытных смесей

№ п/п	Показатели	6190-116-1	6190-103-1	Норма
1	Пластичность	0,32	0,31	Не менее 0,25
2	Твердость по Шору	64	64	60-75
3	Условная прочность при растяжении, МПа	9,0	7,9	Не менее 4,5
4	Относительное удлинение, %	400	310	Не менее 200
5	Относительное остаточное удлинение, %	14	10	-
6	Сопротивление раздиру, Н/м	43120	44100	Не менее 29400
7	Изменение относительного удлинения при 100°С за 24 ч, %	-28	-26	Не более -50
8	Изменение твердости, ед.	+8	+8	-2...+15
9	Изменение условной прочности, %	+1	+9	-5...+60
10	Относительная остаточная деформация в воздухе, % сжатие 20 %, 100°С, 24 ч	60,2	67,8	Не более 75
11	Температурный предел хрупкости, °С	-42	-49	Не выше -35
12	Коэффициент морозостойкости, сжатие 20 %, -35 °С	0,25	0,41	Не менее 0,20

На основании проведенных испытаний были сделаны следующие выводы.

1. Технологическое поведение опытной смеси, содержащей нефтешлам, удовлетворительное на всех производственных переделах.
2. Показатели опытной резины находятся на уровне показателей серийной резины и соответствуют требованиям технической документации.
3. Для внедрения указанного продукта в производство необходима фасовка нефтешлама в полиэтиленовую упаковку для удобства развески [30].

## 2 Описание технологической схемы установки

На проектируемой установке перерабатывается нефтешлам, полученный из ловушечной нефти участка механической очистки сточных вод, предварительно обезвоженной на участке обработки ловушечной нефти. Нефтешлам содержит 78,5 % массовых нефтепродуктов, 20 % массовых воды и 1,5 % массовых взвешенных веществ. Расход нефтешлама составляет 8 м<sup>3</sup>/ч.

Нефтешлам из сырьевого резервуара Е2 через механический фильтр Ф1 подается на прием винтового насоса Н1. Очистка фильтра производится персоналом участка по мере загрязнения. Далее сырье с выхода насоса поступает в трубное пространство теплообменника Т1, где происходит его нагрев насыщенным паром до температуры 60°С.

Далее сырье поступает в блок трикантера, где под действием центробежных сил происходит его разделение на три фазы:

- Очищенная нефтяная фаза- нефтепродукт уловленный- поступает в емкость готового продукта Е1, из которой по мере накопления откачивается винтовым насосом Н2 в резервуар готового продукта Е3;
- Водная фаза(фугат)- отводится в канализацию, направляется далее на очистку;
- Твердая фаза(кек)- транспортируется шнековыми транспортерами на площадку временного хранения отходов, откуда по мере накопления вывозится автотранспортом к месту утилизации.

Для оптимизации процесса в блок трикантера подается раствор флокулянта, который приготавливается на автоматической станции приготовления и подачи флокулянта «Tomal PolyRex».

Норма расхода реагента составляет 200 г на м<sup>3</sup> нефтешлама. Раствор готовится на основе хозяйственной воды с концентрацией флокулянта 0,2 % массовых.

Таблица 5 - Характеристика отходов

№ пп	Код отхода по ФККО	Наименование отхода	Агрегатное состояние	Количество отхода, кг/ч	Способ утилизации
1.	7 42 351 01 39 4	Кек переработки нефтесодержащих отходов	Порошок черного цвета	282,0	Компонент в производстве битумных паст
2.	9 11 201 11 31 4	Подтоварная вода резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов с содержанием нефти и нефтепродуктов менее 15% (фугат)	Жидкость	1909,98	Направляется на участок механической очистки сточных вод

Вода после центрифугирования содержит 0,5 % массовых нефтепродуктов. Далее она отводится в канализацию промливневых стоков и проходит стадии механической, флотационной и биологической очистки, обеззараживание УФ-излучением.

Твердая фаза(кек) может быть использована в качестве твердого эмульгатора при производстве битумных паст.

В гомогенизатор при температуре 80-90 °С подается вода и нефтешлам, затем порциями вводится битум, смесь интенсивно перемешивается в устройстве – диспергаторе, который обеспечивает развитое турбулентное течение с модифицированным числом Рейнольдса для перемешивающих устройств равным 2560.

Битумные пасты применяются в дорожном строительстве и в качестве гидроизоляции.

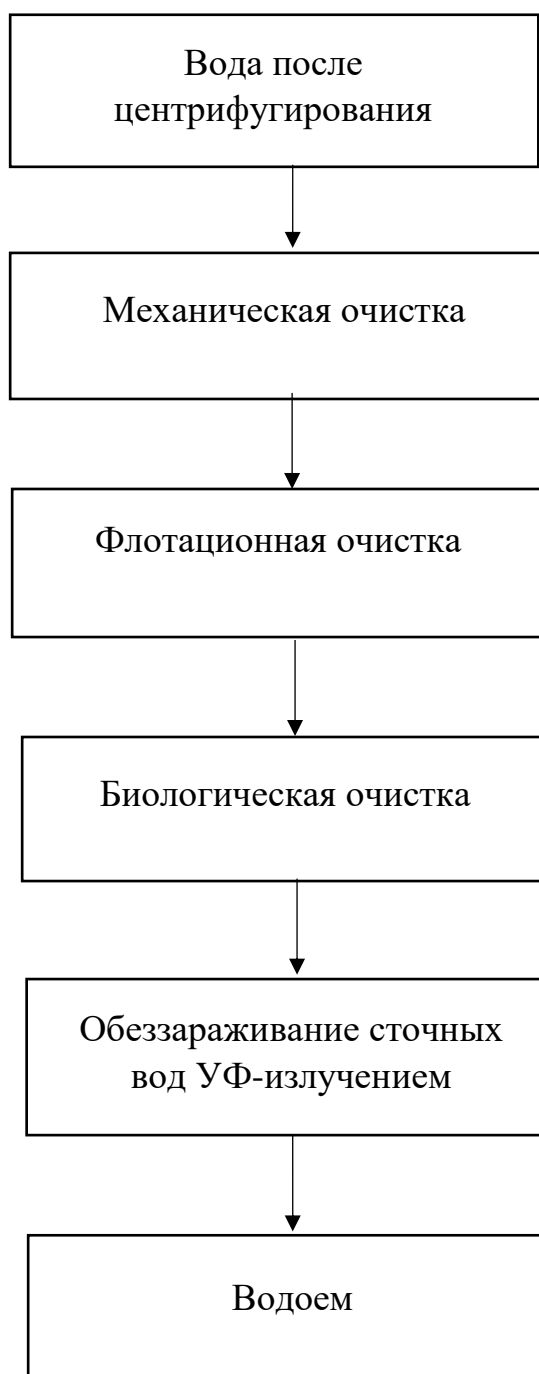


Рисунок 9 – Блок схема очистки воды после центрифугирования установки переработки нефтешлама

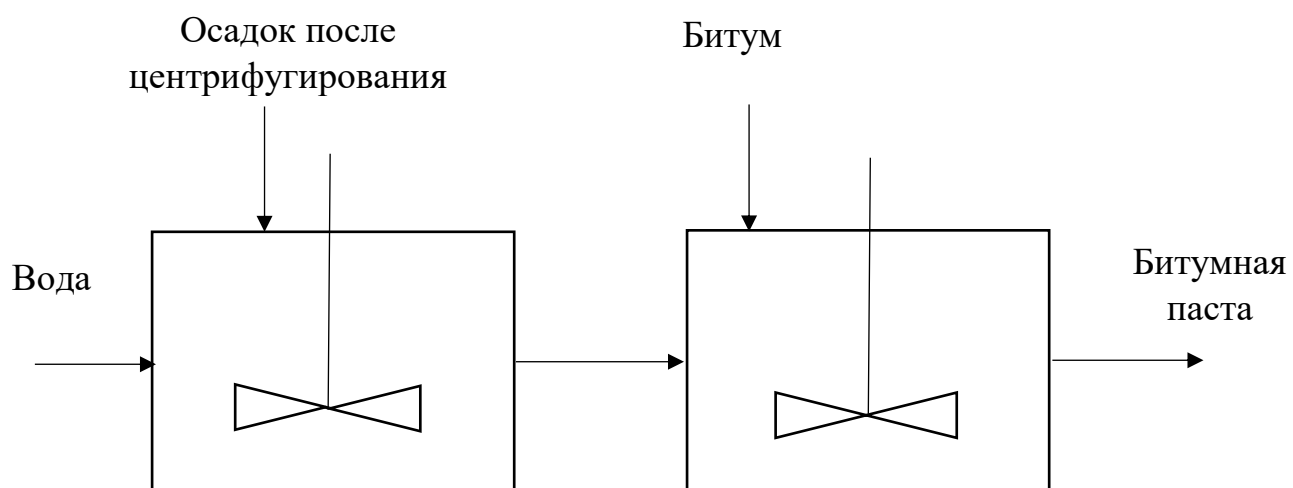


Рисунок 10 – Блок-схема получения битумных паст

### 3 Расчет материального баланса процесса

В табл. 6 представлен материальный баланс установки.

Таблица 6 – Материальный баланс установки утилизации нефтешлама

Компонент	Вход				Выход					
	Шлам		Флокулянт		Нефть		Вода		Кек	
	кг/ч	%	кг/ч	%	кг/ч	%	кг/ч	%	кг/ч	%
Нефтепродукты	5903,20	78,50	-		5817,57	99,50	29,23	0,50	56,40	20,00
Вода	1504,00	20,00	499,00	99,80	9,45	0,499	1880,75	99,50	112,80	40,00
Взвешенные вещества	112,80	1,50	-			-		-	112,80	40,00
Флокулянт	-	-	1,00	0,20	1,00	0,001		-		-
Итого	7520,00	100,00	500,00		5828,02	100,00	1909,98	100,00	282,00	100,00
	8020,00 кг/ч				8020,00 кг/ч					

На рис. 11 представлена схема материального баланса установки утилизации нефтешлама.

Эффективность переработки составляет:

- По содержанию воды

$$G = \frac{1504 - 9,45}{1504} * 100\% = 99\%$$

- По содержанию взвешенных веществ:

$$G = \frac{112,8 - 0}{112,8} * 100\% = 100\%$$

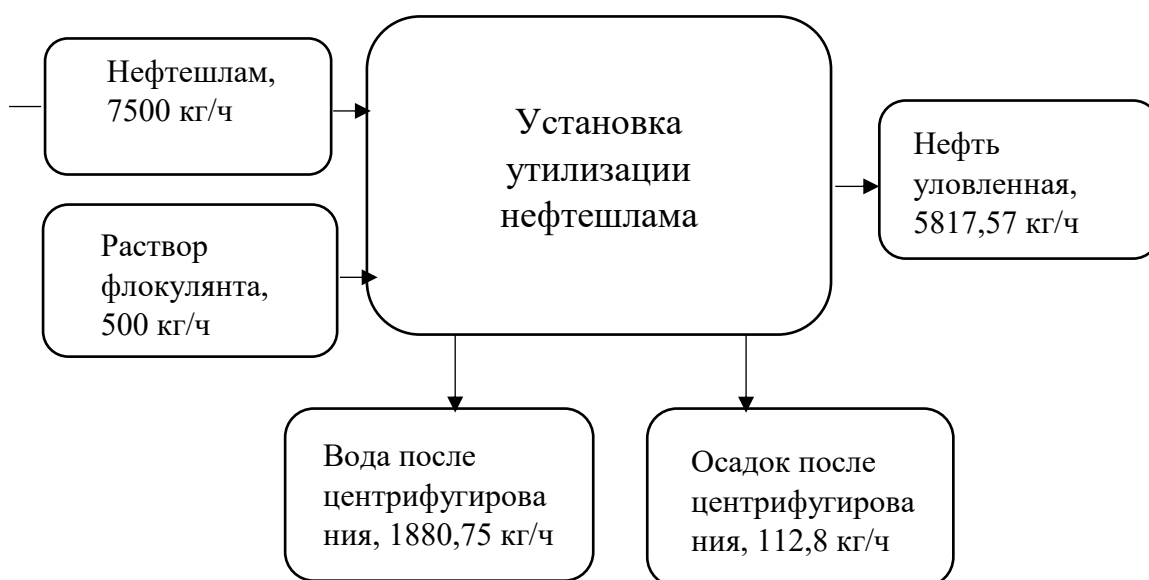


Рисунок 11 – Схема материального баланса установки утилизации нефтешлама

#### 4 Расчет основного аппарата и подбор технологического оборудования

##### Расчет теплообменника Т-1

Теплообменник Т-1 предназначен для проведения процесса теплопередачи (передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному). В аппарате происходит нагрев нефтешлама водяным паром без изменения агрегатных состояний теплоносителей.

Исходные данные:

Массовый расход нефтешлама = 8000 кг/ч

Начальная температура нефтешлама = 20 °С

Конечная температура нефтешлама = 60 °С

Начальная температура водяного пара = 210 °С

Конечная температура водяного пара = 110 °С

Нефтешлам состоит из нефти, воды и взвешенных веществ.

$$\rho_{\text{нефти}} = 0,785 * 900 = 706,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{воды}} = 0,2 * 1000 = 200 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho_{\text{взвеш}} = 0,015 * 1700 = 25,5 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_{\text{шлама}} = \rho_{\text{нефти}} + \rho_{\text{воды}} + \rho_{\text{взвеш}} = 706,5 + 200 + 25,5 = 932 \text{ кг/м}^3$$

##### 1. Выбираем пространство для теплоносителей

Нагреваемый нефтешлам будет двигаться по трубному пространству теплообменного аппарата, а греющий пар по межтрубному пространству. Пар подается в теплообменный аппарат сверху, в процессе теплопередачи температура пара снижается.

Средняя температура нефтешлама:

$$t_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{(t_{\text{н}}^{\text{н}} + t_{\text{к}}^{\text{н}})}{2} = \frac{(20 + 60)}{2} = 40 \text{ °С}$$

Средняя температура водяного пара:

$$t_{\text{ср}}^{\text{п}} = \frac{(t_{\text{н}}^{\text{п}} + t_{\text{к}}^{\text{п}})}{2} = \frac{(210 + 110)}{2} = 160 \text{ °С}$$

##### 2. Тепловая нагрузка теплообменника и расход греющего пара

Составим уравнение теплового баланса. Часть теплоты от пара переходит через стенку кожуха в окружающую среду.

$$Q_1 = Q_2 + Q_{\text{п}}$$

где  $Q_1$  – количество тепла, которое отдает горячий теплоноситель (водяной пар);

$Q_2$  – количество тепла, которое получает холодный теплоноситель (нефтьшлам);

$Q_{\text{п}}$  – потери тепла в окружающую среду.

Теплоносители не меняют агрегатного состояния. Потери тепла примем в размере 3% от количества передаваемого водяным паром нефтьшламу тепла. Тогда уравнение теплового баланса примет следующий вид:

$$G_{\text{п}} \cdot c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{н}}^{\text{п}} - t_{\text{к}}^{\text{п}}) = G_{\text{н}} \cdot c_{\text{н}} (t_{\text{к}}^{\text{н}} - t_{\text{н}}^{\text{н}}) + Q_{\text{п}}$$

где  $G_{\text{п}}$  – массовый расход водяного пара, кг/ч;

$c_{\text{п}}$  – теплоемкость водяного пара при средней температуре, Дж/кг·К ( $c_{\text{п}}=2479$  Дж/кг·К);

$G_{\text{н}}$  – массовый расход нефтьшлама, кг/ч;

$c_{\text{н}}$  – теплоемкость нефтьшлама при средней температуре, Дж/кг·К ( $c_{\text{н}}=1840$  Дж/кг·К).

Тепловая нагрузка в теплообменном аппарате равна:

$$Q = Q_2 = G_{\text{н}} \cdot c_{\text{н}} \cdot (t_{\text{к}}^{\text{н}} - t_{\text{н}}^{\text{н}}) = 2,222 \cdot 1840 \cdot (60 - 20) = 163539,2 \text{ Вт}$$

Тогда массовый расход водяного пара  $G_{\text{п}}$  равен:

$$G_{\text{п}} = \frac{(Q + 0,03Q)}{c_{\text{п}} \cdot (t_{\text{н}}^{\text{п}} - t_{\text{к}}^{\text{п}})} = \frac{(163539,2 + 0,03 \cdot 163539,2)}{2479 \cdot (210 - 110)} = 0,679 \text{ кг/с}$$

### 3. Средняя разность температур (средняя движущая сила процесса)

Определим среднюю разность температур для проточного движения теплоносителей:

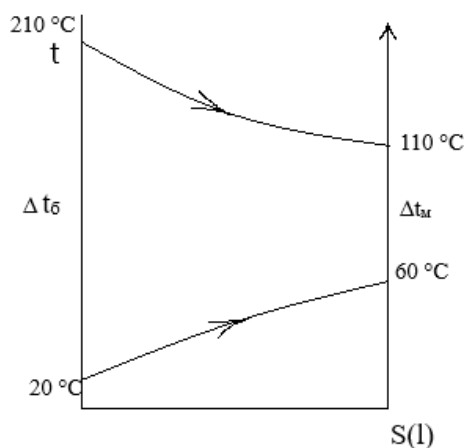


Рисунок 12 - График изменения температур теплоносителей в подогревателе

$$\begin{aligned}
t_H^H &= 20 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t_K^H = 60 \text{ }^\circ\text{C} \\
t_H^H &= 210 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t_K^H = 110 \text{ }^\circ\text{C} \\
\Delta t_\delta &= 210 - 20 = 190 \text{ }^\circ\text{C}; \\
\Delta t_M &= 110 - 60 = 50 \text{ }^\circ\text{C};
\end{aligned}$$

$$\frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_M} = \frac{190}{50} = 3,8$$

Так как  $\Delta t_\delta / \Delta t_M > 2$ , то среднюю разность температур определяем по уравнению:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_M}} = \Delta t_{cp} = \frac{190 - 50}{\ln \frac{190}{50}} = 104,87 \text{ }^\circ\text{C}$$

#### 4. Поверхность теплообмена

Определяем ориентировочную поверхность теплообмена  $S_{op}$  по формуле:

$$S_{op} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ .

Коэффициент теплопередачи рассчитывают по уравнению аддитивности термических сопротивлений [6]:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{\alpha_r} + r_r + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_x + \frac{1}{\alpha_x}$$

где  $\alpha_r$  – коэффициент теплоотдачи горячего теплоносителя,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

$\alpha_x$  – коэффициент теплоотдачи холодного теплоносителя,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

$r_r$  – термическое сопротивление слоя загрязнений на стенке со стороны горячего теплоносителя,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

$r_x$  – термическое сопротивление слоя загрязнений на стенке со стороны холодного теплоносителя,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

$\delta_{ст}$  – толщина стенки, мм (принимается толщиной стенки равной 2мм)

$\lambda_{ст}$  – коэффициент теплопроводности материала стенки,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$ .

Коэффициенты теплоотдачи оценивают по уравнению:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\delta}$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности среды,  $\text{Вт}/\text{м} \cdot \text{К}$

$\delta$  – условная толщина теплового пограничного слоя, м

$$\alpha_r = \frac{\lambda_r}{\delta_r} = \frac{0,030}{0,0002} = 150 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$\alpha_x = \frac{\lambda_x}{\delta_x} = \frac{0,156}{0,0003} = 520 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

$$r_r = 0,00017 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$r_x = 0,00070 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} [6]$$

Соответственно:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{150} + 0,00017 + \frac{0,002}{51,5} + 0,00070 + \frac{1}{520}$$

Отсюда  $K = 100,92 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ .

Находим ориентировочную поверхность теплообмена:

$$S_{\text{оп}} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{163539,2}{100,92 \cdot 104,87} = 15,5 \text{ м}^2$$

Для подбора теплообменника площадь поверхности теплообмена возьмем с запасом 15%:

$$S = 1,15 \cdot 15,5 = 17,83 \text{ м}^2$$

### 5. Число труб на один ход

Принимаем трубы  $d_{\text{н}} \times \delta = 25 \times 2 \text{ мм}$ . Задаемся ламинарным режимом движения нефтешлама в трубах. Пусть критерий Рейнольдса будет равен  $Re = 120$ . Находим скорость движения нефтешлама в трубах:

$$v = \frac{\mu \cdot Re}{d_{\text{в}} \cdot \rho} = \frac{0,018 \cdot 120}{0,021 \cdot 907,5} = 0,113 \text{ м/с}$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость нефтешлама при средней температуре,  
Па·с

$Re$  – критерий Рейнольдса

$d_{\text{в}}$  – внутренний диаметр труб, м

$\rho$  – плотность нефтешлама,  $\text{кг/м}^3$

Количество труб на один ход определяем по формуле:

$$n_x = \frac{G_{\text{н}}}{\rho v \left( \frac{\pi d_{\text{в}}^2}{4} \right)} = \frac{2,222}{907,5 \cdot 0,113 \cdot \left( \frac{3,14 \cdot 0,021^2}{4} \right)} = 63$$

Рассчитаем площадь сечения одного хода по трубам:

$$S_x = n_x \cdot \left( \frac{\pi d_B^2}{4} \right) = 0,022 \text{ м}^2$$

6. Подбор кожухотрубчатого теплообменного аппарата производится по ориентировочной поверхности теплопередачи и рассчитанному числу труб в теплообменном аппарате.

Выбираем теплообменник с плавающей головкой 325 ТПГ-2,5-М1/25-4-2. Материал кожуха и труб – стали марок 10 или 20.

#### Расчет штуцеров на входе и выходе из аппарата

Данные для расчета:

$$Q = 8 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$v = 0,113 \text{ м/с}.$$

$$D = \sqrt{\frac{Q}{v \cdot 3600} \cdot 0,785} = \sqrt{\frac{8}{0,113 \cdot 3600} \cdot 0,785} = 0,124 \text{ м}$$

Выбираем стальные трубы 127 х 3,5 мм.

Материал исполнения – Ст3сп5, Ст20.

#### Подбор технологического оборудования

Е-2—сырьевой резервуар для нефтешлама. Предназначен для сохранения нормального хода технологического процесса при изменении расхода нефтешлама.

Тип: ГСМ 10 м<sup>3</sup>

Условия работы: давление  $P = 0,1$  МПа;

температура  $t = 20$  °С.

Размеры: диаметр  $D = 2100$  мм;

длина  $L = 3500$  мм;

высота  $H = 2300$  мм.

Рабочий объем  $V = 10$  м<sup>3</sup>.

Материал: Ст3сп4 / 09Г2С.

Ф-1 – Механический фильтр. Предназначен для очистки нефтешлама от механических примесей.

Тип: ФЖУ-40/0,6

Условия работы: давление  $P = 0,1$  МПа;  
температура  $t = 20$  °С.

Размеры: диаметр  $D_y = 40$  мм;  
диаметр  $D_1 = 130$  мм;  
диаметр  $D_2 = 100$  мм;  
диаметр  $d = 14$  мм;  
длина  $L = 283$  мм;  
длина  $L_1 = 345$  мм;  
высота  $H = 330$  мм;

Номинальный расход, м<sup>3</sup>/ч, при вязкости жидкости, мм<sup>2</sup>/с (сСт) от 0,55 до 6,0: 17 м<sup>3</sup>/ч

Тонкость фильтрации, мкм: от 28 мкм до 500 мкм

Материал: фильтрующий элемент представляет собой пластмассовые диски, чередующиеся с полутампаковыми сетками.

Н1 – винтовой насос подачи нефтешлама в пространство теплообменника.

Предназначен для подачи нефтешлама в пространство теплообменника Т-1.

Винтовой насос А1 3В 16/25 - 8/25Б

Условия работы:

- среда: нефтешлам с массовой долей нефтепродукта 78,5 %;
- плотность среды  $\rho = 932$  кг/м<sup>3</sup>;
- температура среды  $t = 20$  °С.

Рабочие параметры: подача  $Q = 8$  м<sup>3</sup>/ч.

напор  $H = 80$  м.

частота вращения  $n = 1500$  об/мин.

мощность  $N = 15,0$  кВт.

Материал проточной части:

Корпус: сталь Ст20, чугун СЧ20, алюминий АК7ч;

Крышки передняя, задняя, сальника: чугун СЧ20(алюминий АК7ч);

Винты: сталь 18 ХГТ;

Обойма: бронза(Б).

Т-1 – рекуперативный теплообменник (кожухотрубчатый теплообменник)

Тип: с плавающей головкой 325 ТПГ-2,5-М1/25-4-2. Предназначен для проведения процесса теплопередачи (передачи тепла от горячего теплоносителя к холодному). В аппарате происходит нагрев нефтешлама водяным паром без изменения агрегатных состояний теплоносителей.

Трубное пространство (нагреваемый нефтешлам)  $t_n = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Межтрубное пространство (насыщенный водяной пар)  $t_n = 210 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_k = 110 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Поверхность теплообмена  $S = 17,83 \text{ м}^2$ ;

Длина  $L = 4000 \text{ мм}$ ;

Наружный диаметр  $D = 325 \text{ мм}$ ;

Материал: сталь марки Ст20.

РК-1 – регулирующий клапан. Контролирует расход пара.

Тип: 25ч945п КЗР Ду50

Условная пропускная способность:  $K_{vy} = 10 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

Рабочая среда: жидкие и газообразные среды;

Материал корпуса: чугун.

Пс-1 – трикантер. В трикантере под действием центробежных сил происходит разделение нефтешлама на три фазы.

Тип: ЛВС-620.

Диаметр ротора (мм) – 620;

Отношение рабочей длины ротора к его диаметру – 4;

Частота вращения (об/мин) – 2800;

Электрическая мощность (кВт) – 45;

Материал: Ст3сп4 / 09Г2С.

Пс-2 – автоматическая станция приготовления и подачи флокулянта «Tomal PolyRex».

Тип: «Tomal PolyRex».

$Q = 1,2 \text{ кг/час}$ ;

$V_{\text{отбора}} = 240 \text{ л/час}$ ;

Ёмкость резервуара-2\*0,3 м<sup>3</sup>.

Е-1 – емкость готового продукта. Предназначена для сбора уловленного нефтепродукта.

Тип: Hidrolica Tank Fuel TN60

Условия работы: давление  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ;

температура  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Размеры: диаметр  $D = 1400 \text{ мм}$ ;

длина  $L = 3400 \text{ мм}$ ;

высота  $H = 2300 \text{ мм}$ .

Рабочий объем  $V = 6 \text{ м}^3$ .

Материал: Ст3сп4 / 09Г2С.

Н2 – винтовой насос для перекачивания нефтепродукта. Предназначен для перекачивания нефтепродукта в резервуар готового продукта Е-3.

Тип: Винтовой насос А1 3В 4/160

Условия работы:

- среда: нефтепродукт с массовой долей нефтепродукта 99,5 %;
- плотность среды  $\rho = 706,5 \text{ кг/м}^3$ ;
- температура среды  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Рабочие параметры: подача  $Q = 6,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

напор  $H = 6 \text{ м}$ .

частота вращения  $n = 2900 \text{ об/мин}$ .

мощность  $N = 30 \text{ кВт}$ .

Материал проточной части:

Корпус: сталь Ст20, чугун СЧ20, алюминий АК7ч;

Крышки передняя, задняя, сальника: чугун СЧ20(алюминий АК7ч);

Винты: сталь 18 ХГТ;

Обойма: бронза(Б).

Е-3—резервуар готового продукта. Предназначен для хранения нефтепродукта.

Тип: ГСМ 6 м<sup>3</sup>

Условия работы: давление  $P = 0,1 \text{ МПа}$ ;

температура  $t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Размеры: диаметр  $D = 1600 \text{ мм}$ ;

длина  $L = 3000 \text{ мм}$ ;

высота  $H = 1750 \text{ мм}$ .

Рабочий объем  $V = 6 \text{ м}^3$ .

Материал: Ст3сп4 / 09Г2С.

## 5 Охрана труда и защита окружающей среды

### 5.1 Характеристика проектируемого производства

Санитарная классификация предприятия и размер санитарно-защитной зоны согласно СанПиН 1.2.3685-21 [31] представлены в табл. 7.

Таблица 7 - Санитарно-гигиеническая характеристика производства

Санитарная классификация производства по СанПиН 1.2.3685-21	Санитарно-защитная зона по СанПиН 1.2.3685-21	Основные меры предупреждения отравлений	Группа производственного процесса по СНиП 2.09.04-87 [32]
I	1000 метров	Средства автоматизации, вентиляция, индивидуальные средства защиты	3б

#### 5.1.1 Токсикологические характеристики веществ и материалов, обращающихся в производстве

Токсикологические характеристики веществ и материалов, обращающихся в производстве, находят в справочниках и заносятся в табл. 8.

Таблица 8 – Токсикологическая характеристика веществ

Наименование вещества, формула	Агрегатное состояние вещества	ПДК			Класс опасности	Характер воздействия на организм человека	Средства индивидуальной защиты
		В воздухе рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	в пром. сточных водах мг/л	В почве мг/кг			
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Нефтепродукты	Жидкость	10	0,3	0,1	4	Кратковременное воздействие небольших концентраций может вызывать головокружение и тошноту. Попадание в организм человека больших концентраций может привести к потере сознания, острому отравлению и даже к смерти. Признаками острых отравлений являются нейропсихические отклонения: быстрое утомление или чувство постоянной усталости, сонливость или бессонница, ослабление	Спецодежда, маслобензостойкая обувь, перчатки с нитриловым покрытием.

						внимания, рассеянность, сильные перепады настроения.	
2. Взвешенные вещества (пылевидный суглинок)	Твёрдое вещество	0,5	300	-	4	<p>При проникновении взвешенных частиц в органы дыхания происходит нарушение системы дыхания и кровообращения. Вдыхаемые частицы влияют как непосредственно на респираторный тракт, так и на другие органы за счет токсического воздействия входящих в состав частиц компонентов. Опасно сочетание высоких концентраций взвешенных веществ и диоксида серы. Люди с хроническими нарушениями в легких, с болезнями сердечнососудистой системы, с астмой, частыми простудными заболеваниями, пожилые и дети особенно чувствительны к влиянию мелких взвешенных частиц.</p>	

### 5.1.2 Показатели взрывопожароопасности веществ и материалов

Показатели взрывопожароопасности веществ и материалов определяют по справочной литературе и заносятся в табл. 9.

Таблица 9 - Взрывопожароопасные свойства материалов

Наименование веществ и материалов	Температура кипения, °С	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Температура вспышки, воспламен., самовоспл., °С	Пределы воспламенения	
				концентрационные, % по объему или г/м <sup>3</sup>	температурные, °С
1. Нефтепродукты	121	706,5	61 (закрытый тигель) 66 (открытый тигель) 375 330	2,1-12,0	62-100

Исходя из свойств веществ и условий их применения или обработки, определить категорию помещений, зданий и сооружений по взрывопожарной или пожарной опасности по НПБ 105-03 [33], по табл. 10.

Таблица 10 - Классификация помещений по взрывопожарной и пожарной опасности (НПБ 105 -03)

Категория помещений	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°С, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении

<p>В1 – В4 * пожароопасная</p>	<p>которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5кПа. Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются или обращаются не относятся к категориям А или Б.</p>
<p>Г</p>	<p>Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени;</p>
<p>Д</p>	<p>горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.  Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.</p>

Таблица 11 – Взрывопожарная и пожарная опасность помещений и наружных установок

Наименование производственных помещений здания, наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности по НПБ 105-03
1	2
Наружные аппараты	А <sub>н</sub>
1	2
Насосная	А
Кладовая для хранения производственного инвентаря	В-4
Электропункт	В-4
Курилка	В-4
Венткамера	Д
Операторная	Д
Помещение КИПиА	Д
Кабинет начальника	Д
Бытовка	Д

### 5.1.3 Электробезопасность проектируемого производства

В этом разделе приводится характеристика электрического тока, используемого на данном предприятии или установке (табл. 8) и в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» (ПУЭ) и ГОСТ 12.1.011-78 «Смеси взрывоопасные. Классификация» и ГОСТ 12.2.020-76 «Электрооборудование взрывозащищенное. Классификация. Маркировка» выбирается электрооборудование для проектируемого цеха (табл. 12).

Таблица 12 - Характеристика производственных помещений и установок по опасности поражения электрическим током

Помещения, сооружения, установки	Характеристика используемой электроэнергии (вид, частота, напряжение)	Категория помещения, установки по опасности поражения электр. током	Способы защиты от поражения электрическим током
Здание и территория установки	Переменный ток Напряжение 220/380 В Частота 50 Гц Сеть трехфазная четырехпроводная	Особо опасные помещения	Зануление, защитное заземление, ограждение, блокировка

Таблица 13 - Электрооборудование проектируемого цеха или установки

Помещение, сооружения, установки	Класс по ПУЭ	Категория взрыво-опасной смеси	Группа взрыво-опасной смеси	Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Тип электр. оборуд. (исполнение)	Маркир. электр. оборудования
Наружные аппараты	В-Іг	ІІ В	ТЗ	1	d	взрывозащищенное	1ExdІІВТ З
Насосная	В-Іа	ІІ В	ТЗ	1	d	взрывозащищенное	1ExdІІВТ З

#### 5.1.4 Мероприятия по защите от статического электричества

Участки технологического процесса, на которых ведётся обработка или перемещение веществ–диэлектриков, способных подвергаться электризации с образованием опасных потенциалов статического электричества, перечень этих веществ и основные технические мероприятия по защите от статического электричества приведены в табл. 14.

Таблица 14 – Возможность электризации с образованием опасных потенциалов, способы защиты

Участок технологического процесса	Вещества-диэлектрики, способные подвергаться электризации	Технические мероприятия по защите от статического электричества
1	2	3
Насосная, операторная, общеобменная вытяжная вентсистема, аварийная вытяжная вентсистема, общеобменная приточная вентсистема	Воздух	Защитное заземление агрегатов и электродвигателей
Блок нагрева нефтешлама (Теплообменник Т-1, регулирующий клапан РК-1)	Нефтепродукты	Защитное заземление агрегатов и электродвигателей
Блок Трикантера	Нефтепродукты	Защитное заземление агрегатов и электродвигателей

#### 5.1.5 Молниезащита проектируемого объекта

В соответствии с интенсивностью грозовой деятельности и ввиду того, что аппаратный двор установки и имеющееся в здании помещение насосной являются взрывоопасными и относятся к классу В-Іг и В-Іа соответственно

(табл. 13), наружная установка и здание по мерам молниезащиты относятся к категории II.

В связи с приведенными данными, на установке имеется общий контур заземления для защиты от вторичных проявлений молнии, статического электричества, защиты электроустановок, к которому подсоединена вся металлическая аппаратура, трубопроводы как внутри помещений, так и вне их. Вентиляционные трубы заземлены путём их присоединения к контуру заземления двумя токоотводами.

Продуктопроводы, расположенные на эстакадах на расстоянии друг от друга до 10 см, соединяются между собой перемычками из стальной полосы 25х4 мм через каждые 20 метров.

Один раз в квартал руководство установки производит визуальный осмотр заземления установки с записью в журнале «Учета осмотра заземлений».

Один раз в два года (в период вывода установки в ремонт) электролаборатория предприятия проводит обследование технического состояния заземления с измерением сопротивления заземления с составлением акта и записью в «Паспорте защитного заземления и молниезащиты».

## 5.2 Производственная санитария

### 5.2.1 Микроклимат на производстве

Допустимые метеоусловия для проектируемой установки в соответствии с ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [34] приведены в табл. 15.

Таблица 15 – Допустимые метеорологические условия на производстве

Помещения	Основные рабочие профессии и	Категория работ по степени и тяжести	Допустимые метеопараметры					
			Температура, °С		Влажность, %		Скорость воздуха, м/с	
			Хол.	Тепл.	Хол.	Тепл.	Хол.	Тепл.
Насосная	Оператор	IIа	18-20	21-23	40-60	40-60	0,2	0,3
Операторная, кабинет начальника	Оператор, начальник установки, механик установки	IIб	21-23	21-24	40-60	40-60	0,1	0,2

### 5.2.2 Вентиляция и отопление производственных помещений

Расчет вентиляции для помещения насосной.

Расчет вентиляции производим по методу, учитывающему количество выделяющихся в помещении вредных компонентов.

Определяющим фактором является нахождение в помещении насосной насоса Н1, предназначенного для подачи нефтешлама в пространство теплообменника Т-1.

Принимаем приточно-вытяжную вентиляцию с положительным балансом, то есть приток воздуха преобладает над отводом его из помещения.

Определяем воздухообмен для вытяжной вентиляции, необходимый для удаления нефтепродуктов из помещения, по формуле:

$$L_{\text{выт}} = \frac{G}{C_{\text{выт}} - C_{\text{прит}}},$$

где  $G$  - количество вредного вещества, выделяющегося в помещении, мг/ч;

$C_{\text{выт}}$ ,  $C_{\text{прит}}$  – концентрация вредного вещества в удаляемом и приточном воздухе соответственно, мг/м<sup>3</sup>.

Концентрация в удаляемом воздухе принимается меньшей или равной ПДК вредного вещества в воздухе рабочей зоны. Для нефтепродуктов ПДК<sub>р.з.</sub> составляет 10 мг/м<sup>3</sup>. Примем  $c_{\text{выт}} = 5 \text{ мг/м}^3$ .

Концентрация вредного вещества в приточном воздухе принимается меньшей или равной  $0,3 \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.}}$ .

Тогда,  $c_{\text{прит}} = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ мг/м}^3$ .

Количество вредного вещества, выделяющегося за 1 час, рассчитываем по формуле:

$$G = \frac{n \cdot P \cdot 10000 \cdot \eta}{P_{\text{атм}}} \cdot V_{\text{ап}} \cdot \rho,$$

где  $n$  – коэффициент потери герметичности, % в час ( $n = 0,1$ );

$P$  – рабочее давление в аппарате, МПа (давление в линии нагнетания  $P = 0,7 \text{ МПа}$ );

$P_{\text{атм}}$  – атмосферное давление ( $P_{\text{атм}} = 0,1 \text{ МПа}$ );

$\eta$  – коэффициент запаса оборудования ( $\eta = 1$ );

$V_{\text{ап}}$  – суммарный объем аппаратов и трубопроводов, где находится вредное вещество под давлением ( $V_{\text{ап}} = 10 \text{ м}^3$ );

$\rho$  – плотность вредного компонента, кг/м<sup>3</sup> ( $\rho_{\text{нефт}} = 932 \text{ кг/м}^3$ ).

Тогда:

$$G = \frac{n \cdot P \cdot 10000 \cdot \eta}{P_{\text{атм}}} \cdot V_{\text{ап}} \cdot \rho = \frac{0,1 \cdot 0,7 \cdot 10000 \cdot 1}{0,1} \cdot 10 \cdot 0,932 = 65\,240 \text{ мг/ч.}$$

Тогда, искомый воздухообмен составит:

$$L_{\text{выт}} = \frac{G}{c_{\text{выт}} - c_{\text{прит}}} = \frac{65\,240}{5,0 - 3,0} = 32\,620 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Рассчитываем кратность воздухообмена (этот параметр показывает, сколько раз за час воздух в данном помещении полностью смениться):

$$K = \frac{L_{\text{выт}}}{V_{\text{пом}}},$$

где  $V_{\text{пом}}$  – объем (кубатура) помещения, м<sup>3</sup> ( $V_{\text{пом}} = 5\,000 \text{ м}^3$ ).

Тогда:

$$K = \frac{L_{\text{выт}}}{V_{\text{пом}}} = \frac{32\,620}{5\,000} = 6,524 \text{ ч}^{-1}.$$

Принимаем кратность воздухообмена равной  $7 \text{ ч}^{-1}$ . Тогда, воздухообмен по удаляемому воздуху будет равен:

$$L_{\text{выт}} = K \cdot V_{\text{пом}} = 7 \cdot 5\,000 = 35\,000 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По каталогу [35] подбираем вентилятор, способный обеспечить необходимый воздухообмен. Поскольку помещение насосной относится к категории А по взрывопожарной и пожарной опасности (табл. 11) и к классу В-1а по ПУЭ (табл. 13) вентилятор должен быть выполнен во взрывозащищенном исполнении. Устанавливаем вентилятор снаружи здания, поэтому подбираем соответствующее климатическое исполнение.

Выбираем радиальный вентилятор ВРСС 255/45-1.1 с мощностью электродвигателя 55,00 кВт и производительностью от 12746 до 35904 м<sup>3</sup>/ч. Исполнение взрывозащиты 1ExdПВТ4; климатическое исполнение – УХЛ1; степень защиты оболочки IP54.

Подбираем вентилятор для притока воздуха. Он устанавливается в приточной вентиляционной камере. Венткамера относится к классу Д по взрывопожарной и пожарной опасности (табл. 9), поэтому взрывобезопасное исполнение не требуется. Выбираем [35] радиальный вентилятор ВРСС 350/54-1.1 с мощностью электродвигателя 90,00 кВт и производительностью от 17489 до 41374 м<sup>3</sup>/ч. Исполнение взрывозащиты 1ExdПВТ4; климатическое исполнение – УХЛ2; степень защиты оболочки IP44. Для организации положительного баланса по воздухообмену (при этом в помещении образуется незначительное избыточное давление) приточный вентилятор всегда устанавливаем на несколько большую производительность, чем вытяжной.

Устанавливаем аварийную вентиляцию, которая будет автоматически включаться при достижении концентрации нефтепродуктов в помещении ПДК<sub>р.з.</sub> (для организации автоматизированного включения вентиляции устанавливаем газоанализатор). Для аварийной вентиляции кратность воздухообмена принимаем равной 15 ч<sup>-1</sup>. Тогда, воздухообмен по удаляемому воздуху, будет равен  $L_{\text{выт}} = K \cdot V_{\text{пом}} = 15 \cdot 5\,000 = 75\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

По каталогу [35] подбираем вентилятор, способный обеспечить необходимый воздухообмен. Аналогично общеобменному вытяжному вентилятору, он должен быть во взрывозащищенном исполнении. Устанавливается также снаружи здания. Выбираем радиальный ВРСС 499/21-1.1 с мощностью электродвигателя 45 кВт и производительностью от 36100 до 66300 м<sup>3</sup>/ч. Исполнение взрывозащиты 1ExdПВТ4; климатическое исполнение – УХЛ1; степень защиты оболочки IP54.

Параллельно всем вентиляторам устанавливаем аналогичные резервные на случай выхода основного вентилятора из строя или остановку его на плановое обслуживание.

### Вентиляция других помещений здания

В приточной вентиляционной камере также установлены две вентиляционные установки, обеспечивающие приток воздуха отдельно в кабинет начальника и складское помещение, операторную и электрощитовую.

Вентиляторы резервированы на случай выхода из строя. Вытяжная вентиляция для перечисленных помещений не предусмотрена.

### Отопление помещений

Отопление всех помещений здания осуществляется за счет теплого воздуха приточной вентиляции. Обогрев воздуха осуществляется колориферами. Колориферы установлены до разветвления воздухопровода на параллельно установленные вентиляторы. Температура обогревающей воды на входе в колориферы составляет 70 °С.

### 5.2.3 Промышленное освещение

Сведения по освещенности производственных помещений в соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» [36] приведены в табл. 16.

Таблица 16 – Освещение производственных помещений

Помещения	Разряд работы	Нормы КЕО, %	Нормы искусственного освещения, лк	Исполнение светильников	Тип или марка светильников
1	2	3	4	5	6
Производственный корпус	VIII в	–	50	взрывозащищенное	ВЗГ-200
Насосная	VIII в	0,2	50	взрывозащищенное	ВЗГ-200
Венткамеры	VIII в	0,2	50	открытое	ДРЛ
Операторная, кабинет начальника установки	III б	1,2	300	открытое	ДРЛ
1	2	3	4	5	6
Электрощитовая	VIII в	0,2	50	открытое	ДРЛ
Бытовка	VIII г	0,1	20	открытое	ДРЛ

#### Расчет искусственного освещения для помещения насосной

Помещение насосной в плане имеет прямоугольную форму. Каких-либо значительных выступов стен или перегородок не имеет.

Размеры помещения:

высота  $H = 2,5$  м;

длина  $A = 6,0$  м;

ширина  $B = 2,5$  м;

площадь помещения  $S_{\text{п}} = 15$  м<sup>2</sup>.

Коэффициент отражения потолка  $\rho_{\text{п}}$  равен 70 %. Коэффициент отражения стен  $\rho_{\text{ст}}$  составляет 50 %. Коэффициент отражения пола  $\rho_{\text{п}} = 10$  %.

Для освещения помещения насосной выбираем общую систему освещения. При данной системе освещения светильники размещают равномерно в верхней зоне помещения.

1. Рассчитываем высоту подвеса светильника  $h_{\text{подв}}$  над рабочей поверхностью:

$$h_{\text{подв}} = H - h_{\text{рп}} - h_{\text{с}},$$

где  $H$  – высота помещения (от пола до точки крепления светильника), м;

$h_{\text{рп}}$  – высота рабочей поверхности над уровнем пола, м;

$h_{\text{с}}$  – расстояние от точки крепления светильника до лампы, м.

Высоту рабочей поверхности над уровнем пола и расстояние от точки крепления светильника до лампы принимаем стандартными 0,8 метра и 0,4 метра соответственно.

Тогда:

$$h_{\text{подв}} = H - h_{\text{рп}} - h_{\text{с}} = 2,5 - 0,8 - 0,4 = 1,3 \text{ м.}$$

2. Расстояние между рядами светильников  $L$  принято принимать на 10-30 % больше чем высота подвеса светильника. Тогда:

$$L = 1,3 \cdot h_{\text{подв}} = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69 \text{ м.}$$

3. Расстояние от крайнего ряда светильников до стены как правило принимают на треть меньшим чем расстояние между рядами. Тогда:

$$l = L/3 = 1,69/3 = 0,56 \text{ м.}$$

4. Исходя из ширины помещения (2,5 м) и результатов расчетов пунктов 2 и 3 получаем 1 ряд светильников. Расстояние между светильниками в ряду, а также расстояние от крайних светильников ряда до стен принимаем равным 2 метрам. Длина помещения составляет 6 метров. Следовательно, в ряду 2 светильника.

Тогда, общее количество светильников  $n$ , необходимое для равномерного освещения помещения насосной составляет 2.

5. Для выбора типа светильников проводим расчет общего освещения по методу коэффициента использования светового потока. Для этого рассчитываем необходимый световой поток одной лампы по формуле:

$$F_{\text{л}} = \frac{100 \cdot E_{\text{min}} \cdot K_{\text{з}} \cdot S_{\text{н}} \cdot Z}{n \cdot \eta},$$

где  $E_{\text{min}}$  – минимальная нормируемая освещенность для заданного разряда работ по СНиП 23-05-95, лк;

$K_{\text{з}}$  – коэффициент запаса, зависящий от запыленности воздуха

в помещении и от типа лампы (для лампы накаливания принимается равным в пределах от 1,3 до 1,6);

$S_n$  – площадь помещения,  $m^2$ ;

$Z$  – коэффициент неравномерности освещения (равен отношению средней освещенности к минимальной и принимается в пределах от 1,10 до 1,15);

$n$  – расчетное количество ламп;

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

Минимальная нормируемая освещенность  $E_{min}$  для заданного разряда работ составляет 50 лк (таблица 12). Коэффициент запаса ввиду малой запыленности воздуха в помещении насосной принимаем минимальным  $K_3 = 1,3$ . Коэффициент неравномерности освещения  $Z$  принимаем равным 1,10.

Коэффициент использования светового потока  $\eta$  зависит от типа светильников, коэффициентов отражения потолка, пола и стен, а также от индекса формы помещения  $i$ . Индекс формы помещения рассчитывается по формуле:

$$i = \frac{S_n}{h(A + B)},$$

где  $S_n$  – площадь помещения,  $m^2$ ;

$h_{подв}$  – высота подвеса светильника, м;

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

$$i = \frac{S_n}{h(A + B)} = \frac{15}{2,5 \cdot (6,00 + 2,5)} = 0,71.$$

По специальной таблице в зависимости от рассчитанного индекса формы помещения и от коэффициентов отражения пола, стен и потолка находим коэффициент использования светового потока  $\eta = 38 \%$ .

Тогда, световой поток одной лампы равен:

$$F_{л} = \frac{100 \cdot E_{min} \cdot K_3 \cdot S_n \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 50 \cdot 1,3 \cdot 15 \cdot 1,10}{2 \cdot 38} = 1411,2 \text{ лм.}$$

По ГОСТ 2239-79 «Лампы накаливания общего назначения. Технические условия» [37] подбираем стандартную лампу накаливания с большим близким по значению световым потоком. Выбираем лампу накаливания общего назначения БК230-240-100-1. Световой поток данной лампы при напряжении 235 В составляет 1485 лм.

Помещение насосной относится к категории А по взрывопожарной и пожарной опасности (табл. 11) и к классу В-1а по ПУЭ (табл. 13). Поэтому арматура светильника должна быть выполнена во взрывозащищенном

исполнении. Учитывая требования, предъявляемые к электрооборудованию насосной (табл. 14) подбираем светильник.

Выбираем светильник ВЗГ 200 – 150 Вт.

Краткая характеристика светильника:

исполнение взрывозащиты 1ExdПВТ5

климатическое исполнение УХЛ1

степень защиты оболочки IP65

лампа – лампа накаливания БК230-240-100-1.

#### 5.2.4 Мероприятия по защите от шума и вибраций

Основными источниками шума и вибрации на установке являются насосные установки. Для уменьшения вредного воздействия шума на персонал насосная отделена от других помещений глухими капитальными стенами. Постоянное пребывание людей в этих помещениях не предусматривается. Технические мероприятия по защите от шума и вибрации: своевременное обслуживание и наладка насосных установок. Режимные мероприятия: один раз в квартал на установке производится замер показателей вибрации (виброперемещение, виброскорость и виброускорение) прибором марки ВК-5СИ. Результаты заносятся в журнал. Средства индивидуальной защиты для работников: наушники противорумные.

### 5.3 Инженерно-технические решения по устранению опасностей в технологических процессах

#### 5.3.1 Требования безопасности, предъявляемые к технологическим процессам

Технологический процесс утилизации нефтесодержащего шлама относится к взрывопожароопасному производству, вследствие наличия горючих и взрывоопасных веществ: нефтепродуктов. Для обеспечения безопасного ведения технологического процесса предусмотрена система контроля и автоматического управления технологическим процессом. Однако при нарушении норм технологического режима, отказе систем контроля, регулирования и блокировок возможно возникновение аварийных ситуаций.

Наиболее опасными моментами, с точки зрения взрыво- и пожароопасности, являются пуск и остановка установки, проводимые частично в режимах ручного управления.

Попадание свободного кислорода в объем технологического оборудования может привести к возникновению взрыва внутри системы и пожара.

Нефтепродукты являются веществами, вредно действующими на организм человека. Однако, в виду того, что технологические процессы протекают в закрытой аппаратуре, вредное воздействие указанных веществ минимальное. Существенное вредное воздействие возможно лишь в аварийных ситуациях и при нарушении инструкций.

Следует учитывать также, что нефтепродукты являются сильными коррозионными веществами, действующими на металл, следствием чего может быть разрушение оборудования.

Вышеизложенное обуславливает необходимость пропарки, промывки и продувки оборудования перед его вскрытием при остановках.

Основными опасностями производства, связанными с нарушением правил безопасности работающими, являются возможные отравления парами нефтепродуктов при нарушении «Инструкции по охране труда, по организации и безопасному проведению ремонтных работ» при ремонтах внутри емкостей, а также термические, механические и электротравмы работающих. Любое нарушение требований регламента, инструкций и другой нормативной документации, действующей на предприятии, может привести к травмированию людей. Особое внимание должно уделяться правильности и своевременности действий обслуживающего персонала при ликвидации возможных аварийных ситуаций.

Средства коллективной защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов:

- общеобменная вентиляция;
- аварийная вытяжная вентиляция помещения насосной;
- общий контур заземления для защиты от вторичных проявлений молнии, статического электричества, защиты электроустановок;
- лестницы, площадки обслуживания, переходы, отвечающие требованиям безопасной эксплуатации для обеспечения нормального обслуживания аппаратов и трубопроводов;
- средства пожаротушения и ящик с аварийным инструментом.

Средства индивидуальной защиты работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов:

- головной убор (шапка трикотажная);
- ботинки кожаные с жестким подноском или сапоги кожаные с жестким подноском;
- костюм из смесевых тканей для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий;
- наушники противозумные;
- перчатки с полимерным покрытием;
- плащ влагозащитный (дежурный);
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- очки защитные;

- противогаз с коробкой марки БКФ.

### 5.3.2 Безопасность технологического оборудования

Выбор оборудования осуществляется в соответствии с требованиями нормативных документов, исходя из условий обеспечения минимального уровня взрывоопасности технологических систем. При выборе оборудования по показателям надежности и уровню взрывозащищенности должна учитываться категория взрывоопасности технологической системы (объекта).

Оборудование взрывоопасных технологических объектов преимущественно должно располагаться на открытых площадках (наружных установках);

Запрещается размещать технологическое оборудование взрывоопасных производств:

- над и под вспомогательными помещениями;
- под эстакадами технологических трубопроводов с горючими, едкими и взрывоопасными продуктами;
- над площадками открытых насосных и компрессорных установок, кроме случаев применения герметичных бессальниковых насосов или при осуществлении специальных мер безопасности, исключающих попадание взрывоопасных веществ на нижеуказанное оборудование.

#### 5.3.2.1 Сосуды и аппараты, работающие под давлением

Для управления работой и обеспечения безопасных условий эксплуатации сосуда, работающие под давлением, снабжаются приборами для измерения давления и температуры среды; предохранительными устройствами, запорной арматурой, указателями уровня жидкости.

Предохранительные устройства (ПУ) должны устанавливаться на патрубках или трубопроводах непосредственно присоединенных к аппарату. Не допускается установка между аппаратом и предохранительным клапаном трехходовых кранов и других отсечных устройств. На аппаратах непрерывно действующих производств допускается устанавливать рабочий и резервный предохранительные клапаны. Они должны устанавливаться на отдельных присоединительных патрубках, иметь одинаковую пропускную способность и обеспечивать в отдельности полную защиту аппарата от превышения давления.

Не допускается установка запорных устройств на подводящих и отводящих трубопроводах к предохранительному клапану.

### 5.3.2.2 Теплообменные аппараты

Организация теплообмена, выбор теплоносителя (хладагента) и его параметров осуществляется с учетом физико-химических свойств нагреваемого (охлаждаемого) материала с целью обеспечения необходимого теплосъема, исключения возможности перегрева и разложения продукта.

При снижении уровня нагреваемой горючей жидкости в аппаратуре и оголении поверхности теплообмена, которое может привести к перегреву, высушиванию и разложению горючего продукта, развитию неуправляемых процессов, предусматриваются средства контроля и регулирования процесса, а также блокировки, прекращающие подачу греющего агента.

В случае кристаллизации продуктов или образования кристаллогидратов предусматривается ввод реагентов, предотвращающих образование этих продуктов. С этой целью возможно также использование хладагентов, имеющих начальную температуру выше температуры кристаллизации охлаждаемых продуктов.

Для безопасной эксплуатации теплообменной аппаратуры должны соблюдаться следующие основные условия:

- среды в трубное и межтрубное пространство должны направляться преимущественно противотоком;
- среды загрязненные, вязкие, легкополимеризующиеся и под большим давлением должны направляться в трубное пространство.

### 5.3.2.3 Насосы и компрессоры

Количество насосов и компрессоров определяется условиями обеспечения непрерывности технологического процесса.

Запорная арматура на нагнетательном и всасывающем трубопроводах насоса и компрессора должна быть к нему максимально приближена.

На нагнетательном трубопроводе предусматривается установка обратного клапана или другого устройства, предотвращающего перемещение транспортируемых веществ, обратным ходом.

## 5.4 Пожарная профилактика

При работе на установке обслуживающий персонал должен постоянно помнить, что сырьем и готовой продукцией на установке являются нефтепродукты. Одним из условий безопасной работы обслуживающего персонала является строгое выполнение правил пожарной безопасности. Умение пользоваться противопожарным оборудованием является важными условиями для предотвращения несчастных случаев и аварий.

Средства тушения возможных загораний на установке:

- паротушение локальное – для тушения пожаров класса “А”, “В”, “С”. Подают пар к очагу пожара через паровые шланги, которые подсоединяют к штуцерам паропровода;
- вода из пожарных гидрантов, лафетных стволов – для тушения пожаров класса “А”, “В”; подают воду в очаг пожара; имеется возможность подключения лафетных стволов от пожарных машин;
- огнетушитель порошковый ОП-4 - используется для тушения пожаров классов “А”, “В”, “С”. “Д”, “Е”;
- песок - применяется для тушения пожаров всех классов (песок подаётся в очаг пожара совком или лопатой);
- асбестовое полотно (кошма) - применяется для тушения пожаров всех классов.
- углекислотные огнетушители ОУ-5 – используются для тушения пожаров классов “А”, “В”, “С”, “Е”.

Места расположения средств пожаротушения:

- система паротушения – блок колонн;
- углекислотные огнетушители ОУ-5 – операторная, кабинет начальника установки, бытовка, помещение насосной, венткамера;
- порошковые огнетушители ОП-4 – равномерно по аппаратному двору установки на пожарных постах;
- песок, кошма, пожарные лопаты (совки) – равномерно по аппаратному двору на пожарных постах;
- пожарный гидранты: равномерно вдоль дорог;
- лафетные стволы: на крыше здания и на аппаратном дворе;

Места расположения пожарных постов, пожарных гидрантов, лафетных стволов и пожарных извещателей показаны на плане расположения оборудования.

Вызов пожарной охраны осуществляется: по телефону 01; по пожарному извещателю. На территории установки размещены 4 пожарных извещателя (у входа в насосную и операторную, в операторной, в кабинете начальника и механика установки).

## 5.5 Водоснабжение и канализация

Водоснабжение: установка связана с водопроводом питьевой воды, прямым и обратным водопроводами оборотной теплотехнической воды и с противопожарным водопроводом.

Канализация: установка связана с промливневой (отвод стоков осуществляется самотеком), сернисто-щелочной и хозфекальной канализацией).

## 5.6 Защита окружающей среды

Отходы, образующиеся в процессе работы установки и методы их утилизации, сточные воды, выбросы в атмосферу и способы их очистки представлены в табл. 17, 18.

Таблица 17 – Твёрдые и жидкие отходы

Наименование отхода	Место складирования, транспорт	Периодичность образования	Условие (метод) и место захоронения, обезвреживания, утилизации	Количество, т/год
Кек переработки нефтесодержащих отходов	Вывозится на площадку временного хранения	4 раза в 1 год	Компонент в производстве битумных паст	2470,32

Таблица 18 – Сточные воды

Наименование стока	Количество образующихся сточных вод, м <sup>3</sup> /час	Условия (метод) обезвреживания утилизации	Периодичность выбросов	Место сброса	Установленная норма содержания загрязнений в стоках, мг/дм <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6
Подтоварная вода резервуаров хранения нефти и нефтепродуктов с содержанием нефти и нефтепродуктов менее 15 % (фугат)	1909, 98	Направляется на участок механической очистки сточных вод	Периодическая	Промливневая	0,3

## 6 План размещения оборудования

Установка утилизации нефтешлама расположена на открытой площадке размером 30×50 м. Границу установки образует автомобильная заводская дорога. Технологическое оборудование расположено с соблюдением соответствующих разрывов между отдельными аппаратами, что обеспечивает безопасность его обслуживания.

В центральной части расположен производственный корпус и блок трикантера. Производственный корпус представляет собой одноэтажное кирпичное здание высотой 2,5 м с двухскатной крышей с пологими скатами. Общая площадь здания 15 м<sup>2</sup>. В производственном корпусе располагаются: механический фильтр, винтовой насос и теплообменник.

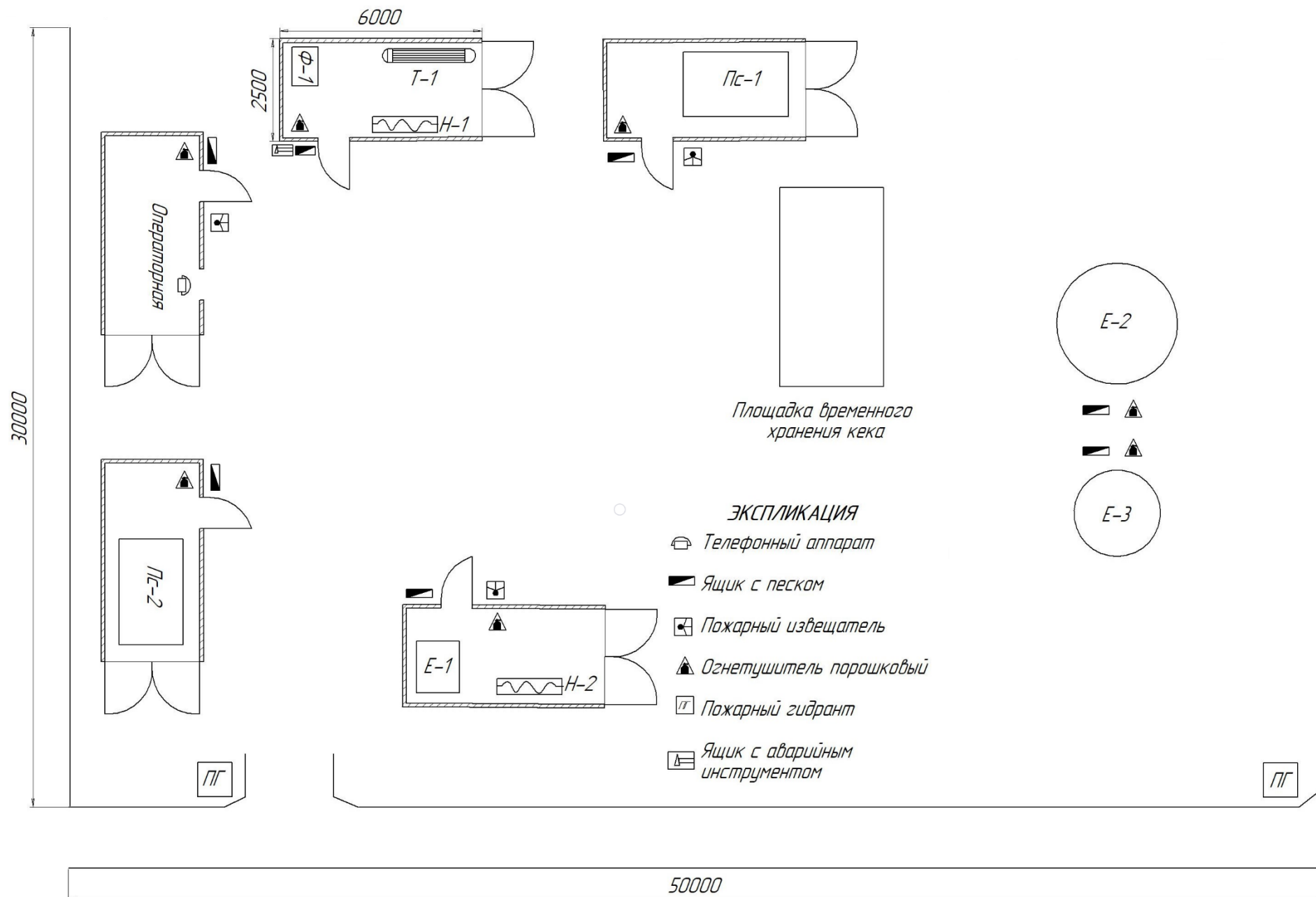
Слева от корпуса располагаются операторная и автоматическая станция приготовления и подачи флокулянта «Tomal PolyRex».

С правой стороны расположен сырьевой резервуар и резервуар готового продукта, а также площадка временного хранения кека.

При въезде на площадку находится емкость готового продукта и винтовой насос.

В целях пожарной безопасности на территории установки предусмотрены пожарные гидранты, расположенные вдоль дороги, лафетные стволы, пожарные посты со всеми необходимыми средствами пожаротушения и ручные пожарные извещатели. Имеется один въезд на установку.

Территория установки забетонирована. Обозначение оборудования на плане произведено в соответствии с обозначением этого оборудования на технологической схеме.



## 7 Техничo – экономическая часть

### 7.1 Расчет капитальных вложений на создание проектируемого объекта

#### 7.1.1 Характеристика технологического процесса очистки (переработки)

На проектируемой установке перерабатывается нефтешлам полученный из ловушечной нефти участка механической очистки сточных вод, предварительно обезвоженной на участке обработки ловушечной нефти.

Годовая производительность установки 70255,2 м<sup>3</sup>/год.

Разработка проекта производится для ОАО «Славнефть - ЯНОС».

#### 7.1.2 Исходная информация для технико-экономических расчетов

Таблица 19 - Исходная информация для технико-экономических расчетов

Наименование информации	Численное значение	Источник информации
1	2	3
1. Годовая производительность установки, м <sup>3</sup> /год	70 255,2	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
2. Стоимость оборудования, тыс. руб.	24 889,86	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
3. Численность основных рабочих в смену, чел.	1	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
4. Численность вспомогательных рабочих в смену, чел.	2	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
5. Численность руководителей, специалистов и служащих, чел.	1	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
6. Часовые тарифные ставки (руб./час)		Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
3 разряд	98	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
4 разряд	110	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
5 разряд	125	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
7. Цены на энергоресурсы, руб.		Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
электроэнергия	1 кВт/ч =3,6	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
пар	1 м <sup>3</sup> = 28,44	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
вода на технологические нужды	1 м <sup>3</sup> =3,50	Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»
8. Платежи за размещение отходов, руб/год		Задание на проект ОАО «Славнефть -ЯНОС»

## 7.1.3 Расчет сметной стоимости проектируемого объекта

Таблица 20 - Расчет стоимости технологического оборудования

№ по техн. схеме	Наименование технологического оборудования	Количество		Материал	Параметры	Стоимость, тыс. руб.		
		Всего	В т.ч. резервного			За единицу	Всего	
								3
Е-2	Емкостное оборудование	4	-	Ст3сп4 / 09Г2С	D = 2100 мм L = 3500 мм H = 2300 мм V = 10 м <sup>3</sup>	200,5	802	
Ф-1	Механические фильтры	1	-	пластмассовые диски, чередующаяся с полутапакowymi сетками	D <sub>y</sub> = 40 мм; D <sub>1</sub> = 130 мм; D <sub>2</sub> = 100 мм; d = 14 мм; L = 283 мм; L <sub>1</sub> = 345 мм; H = 330 мм; Q = 17 м <sup>3</sup> /ч Тонкость фильтрации, мкм: от 28 мкм до 500 мкм	15,5	15,5	
Н-1	Насосы	2	-	Ст20, СЧ20, АК7ч, сталь 18 ХГТ	Q = 8 м <sup>3</sup> /ч H = 80 м n = 1500 об/мин N = 15,0 кВт	130,6	261,2	
Т-1	Теплообменное оборудование	1	-	Ст10, Ст20	S = 17,83 м <sup>2</sup> L = 4000 мм D = 325 мм	230	230	
РК-1	Регулирующий клапан	1	-	чугун	K <sub>vy</sub> : 10 м <sup>3</sup> /ч	39,4	39,4	
Пс-1	Трикантер	1	-		D=620мм n = 2800 об/мин N = 45,0 кВт	1000	1000	
ИТОГО							2 348,1	
Транспортно-заготовительные расходы								117,405
Стоимость неучтенного оборудования								23,481
ВСЕГО								24 889,86

Транспортно-заготовительные расходы берутся для расчета в размере 5 %. Стоимость неучтенного технологического оборудования принимается равной 1 % от стоимости технологического оборудования.

Таблица 21 – Расчет сметной стоимости проектируемого объекта

Элементы ОПФ	Структура ОПФ, %	Стоимость, тыс.руб.	Затраты на монтаж		Внеобъемные затраты		Сметная стоимость, тыс.руб.	Амортизационные отчисления	
			%	Тыс.руб	%	Тыс.руб			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Здания и сооружения, в т.ч. железобетонное оборудование	33,1	2 059,64	-	-	30	617,89	12 677,53	2	253,55
2. Технологическое оборудование	40	24 889,86	-	-	-	-	24 889,86	8,3	2 065,86
3. Силовые машины и оборудование	2,3	143,12	30	42,94	-	-	1 860,52	10	186,05
4. Технологические трубопроводы	10,7	665,80	19,8	131,83	-	-	797,63	12	95,72
5. КИП и автоматика	11,5	715,58	68	486,60	-	-	1 202,18	12	144,26
6. Транспортные средства	0,7	43,56	-	-	-	-	43,56	15	6,53
7. Спецработы	0,9	560,02	-	-	-	-	560,02	8,3	46,48
8. Инструмент, производственные принадлежности, хоз. инвентарь	0,8	49,78	-	-	-	-	49,78	23	11,45
ИТОГО	100	6 222,47	-	661,36	-	-	42 081,07	-	2 809,90

Структура ОПФ – это отношение балансовой стоимости отдельных групп ОПФ, выраженное в процентах, к их общей стоимости.

На основании табл. 21 составляется сводная смета капитальных вложений, где указывается сметная стоимость ОПФ и годовая сумма амортизационных отчислений.

Таблица 22 – Сводная смета капитальных вложений в проектируемый объект

Элементы ОПФ	Сметная стоимость ОПФ		Годовая сумма амортизационных отчислений
	тыс.руб.	%	
1	2	3	4
Здания и сооружения	12 677,53	33,1	253,55
Оборудование и транспортные средства	29 403,55	66,9	2556,35
ИТОГО	42 081,07	100	2 809,9

## 7.2 Расчет фонда оплаты труда на проектируемом объекте

### 7.2.1 Определение профессионально - квалифицированного состава и численности промышленно – производственного персонала проектируемого объекта

Расчет численности рабочих производился по каждой группе промышленно-производственного персонала предприятия, а именно: рабочие (основные, вспомогательные), руководители, специалисты и служащие.

Состав и численность рабочих представлены в табл. 23 – 24.

Таблица 23 – Состав и численность рабочих

Наименование профессии	Тарифный разряд	Количество человек в смену	Явочное число рабочих	Штатное число рабочих	Коэф. списочного состава	Списочное число рабочих
1	2	3	4	5	6	7
Сменные рабочие						
Слесарь-электромеханик	3	1	3	4	1,16	4,64
Дневные рабочие						
Слесарь КИП	4	1			1,16	1,16
Основные рабочие						
Аппаратчик	5	1	3	4	1,16	4,64
ИТОГО						10,44

Состав и численность руководителей, специалистов и служащих определяется для всего цеха, а затем выделяется часть, приходящаяся на проектируемый объект.

Таблица 24 – Состав и численность руководителей, специалистов и служащих

Категория работника и должность	Численность, чел.
1	2
По цеху	
Руководители	
Начальник цеха	1
Итого по установке	1
Всего	1

### 7.2.2 Организация заработной платы на проектируемом объекте

Тарифный фонд заработной платы при повременной системе оплаты труда равен:

$$ТФ = ТС_{ч} \cdot Т_{эф} \cdot П_{сп},$$

где ТФ - тарифный фонд заработной платы, руб.;

ТС<sub>ч</sub> - часовая тарифная ставка повременщика, руб.;

Т<sub>эф</sub> - годовой эффективный фонд рабочего времени, ч;

$P_{\text{сп}}$  - списочная численность рабочих, чел.

Условия расчета годового фонда оплаты труда.

Пояснения к табл. 25:

Процент премии для основных рабочих 30%,  
для вспомогательных – 25%.

Страховые взносы 30,2 %

Доплата за работу в ночное время при трехсменной работе, когда треть годового эффективного фонда времени будет ночным, можно рассчитать так: (тарифный фонд / 3) x 0,4.

Доплата за работу в вечернюю смену рассчитывается аналогично доплате за работу в ночную смену при нормативе доплаты 0,2 (20 %).

Доплата за работу в праздничные дни в непрерывном производстве составляет примерно 2,2 % тарифного фонда (гр. 8•2,2/100).

При расчете графы 13 принимается доплата в размере 10 % от тарифного фонда (гр. 8•10/100).

Оплата времени очередного и дополнительного отпусков и учебного отпуска рассчитывается по формуле

$$\% = D \cdot \frac{100}{T_{\text{пол}}},$$

где  $D$  – число дней основного и дополнительного отпуска (для гр. 15) или учебного отпуска (для гр. 16);

$T_{\text{пол}}$  - полезный фонд рабочего времени, дн.

Годовой фонд заработной платы представлен в табл. 25.

Тарифные ставки:

Федеральным законом от 27.12.2019 N 463-ФЗ "о внесении изменений в статью 1 Федерального закона "о минимальном размере оплаты труда" установлен минимальный размер оплаты труда с 1 января 2020 года в сумме 12 130 рублей в месяц.

Минимальная тарифная ставка составит:

$$\frac{\text{МРОТ} \cdot 12}{\text{Количество раб ч в год}} = \frac{12130 \cdot 12}{1790} = 81,32 \text{ руб.}$$

Примем тарифную ставку 1 разряда – 81,32 руб.

Тарифная ставка  $i$ -го разряда = тарифная ставка 1-го разряда \* тарифный коэф-т  $i$ -го разряда

Тарифная ставка 3-го разряда- 81,32\*1,204 =98 руб/ч

Тарифная ставка 4-го разряда-  $81,32 * 1,35 = 110$  руб/ч

Тарифная ставка 5-го разряда-  $81,32 * 1,531 = 125$  руб/ч

Таблица 25 – Годовой фонд заработной платы

Профессия рабочего	Условия работы	Форма оплаты	Тарифный разряд	Часовая тарифная ставка, руб.	Списочное число рабочих	Полезный фонд рабочего времени, ч	Основная зарплата, тыс. руб.							Дополнительная зарплата, тыс. руб.			Всего, тыс. руб.	Страховые взносы, тыс. руб.	Всего со страховыми взносами, тыс. руб.
							Тарифный фонд	Премия	Прочие доплаты				ИТОГО	Оплата времени основного рабочего	Оплата за выслугу лет	ИТОГО			
									в ночное	в вечернее	в праздничн	не освобожде н. бригадир							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Основные рабочие																			
Апаратчик сжигания	вредн.	поврежденная	5	125	4,644	1 790	1 038,2	415,3	138,4	69	22,8	103,8	1 787,5	362,5	41,5	404	2 191,5	661,8	2 853,3
Итого																			2 853,3
Вспомогательные рабочие																			
а) сменные рабочие																			
Слесарь по ремонту	вредн	поврежденная	3	98	4,644	1 790	814	244,2	108,5	54,3	17,9	81,4	1 320,3	267,1	30,6	297,7	1 617,7	488,5	2 106,2
б) дневные рабочие																			
Слесарь по ремонту КИП	вредн.	поврежденная	4	110	1,164	1 712	219,2	65,8	-	-	-	-	285	39,1	5,6	44,7	329,7	99,6	429,3

Расчет годового фонда оплаты труда руководителей, специалистов и служащих представлен в виде табл. 26.

Таблица 26 – Годовой фонд оплаты труда руководителей, специалистов, служащих и рабочих на окладе

Должность	Численность	Месячный должностной оклад, руб.	Премия, руб.	Годовой ФОТ, руб.	Страховые взносы, руб	Всего, руб
1	2	3	4	5	6	7
По цеху						
Начальник цеха	1	22 400	8 960	376 320	113 648,64	489 968,64
ИТОГО						489 968,64

Пояснения к табл. 26:

Процент премии 40% от оклада

Страховые взносы 30,2%

Годовой фонд оплаты труда ППП представлен в табл. 27.

Таблица 27 - Годовой фонд оплаты труда ППП

Категории ППП	Списочная численность	Среднемесячная зарплата, руб.	Годовой фонд оплаты труда, тыс. руб.	Страховые взносы, тыс. руб	Всего, тыс. руб
1	2	3	4	5	6
1.Основные рабочие	4,644 (5)	39 324,90	2 191,50	661,83	2 853,30
2.Вспомогательные рабочие	5,808 (6)	27 941,30	1 947,40	588,12	2 535,50
3.Руководители, специалисты и служащие	1	31 360,00	376,32	113,65	490,00
ИТОГО					5 878,80

## 7.3 Технико-экономическое обоснование проектируемого производства

### 7.3.1 Расчет себестоимости переработки

#### Расчет материальных затрат

Материальные затраты производства включают в себя расходы, связанные с приобретением сырья, материалов, кроме того, расходы, связанные с использованием энергоресурсов (электроэнергия, вода на технологические нужды, пар и т.п.).

Общий материальный баланс процесса представлен в табл. 28.

Таблица 28 – Общий материальный баланс процесса

Поступает		Выходит	
Потоки, поступающие в цех (на установку)	Количество, кг/ч	Потоки, выходящие из цеха (с установки)	Количество, кг/ч
1	2	3	4
Нефтешлам	7520,00	Нефтепродукты	5828,02
Флокулянт	500,00	Вода (фугат)	1909,98
		Твердая фаза (кек)	282,00
ИТОГО	8020,00	ИТОГО	8020,00

Годовая потребность в электроэнергии приведена в табл. 29. Установка работает 341 дней в году.

Таблица 29 – Годовая потребность в электроэнергии, паре, оборотной воде на технологические нужды.

Оборудование	Количество единиц	Электрическая энергия (кВт)	Часовой расход		Годовой фонд времени работы оборудования, ч	Годовой расход энергоресурса.
			на единицу	на все оборудование		
1	2		3	4	5	6
Насос	2		15	30	8 184	245 520
Трикантер	1		45	45	8 184	368 280
ИТОГО						613 800
Теплообменник	1	Пар (м <sup>3</sup> /ч)	2,44	2,44	8 184	19 968,96
ИТОГО						19 968,96
Трикантер	1	Оборотная вода (м <sup>3</sup> /ч)	499	499	8 184	4 083 816
ИТОГО						4 083 816

Расчет накладных расходов

Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования представлена в табл. 30.

Таблица 30 – Смета расходов на содержание и эксплуатацию оборудования.

Статья расходов	Сумма, тыс. руб.
1. Содержание оборудования и транспортных средств	192,97
2. Основная и дополнительная зарплата ремонтного персонала с отчислениями	1 025,54
3. Капитальный и текущий ремонт оборудования и транспортных средств	578,90
4. Амортизация оборудования и транспортных средств	2 556,35
ВСЕГО	2 285,21
5. Прочие затраты	228,52
ИТОГО	4 582,28

Смета цеховых затрат представлена в табл. 31.

Таблица 31 – Смета цеховых затрат

Статья расходов	Сумма, тыс. руб.
1. Заработная плата руководителей, специалистов и служащих с отчислениями	489,96
2. Содержание зданий и сооружений	53,55
3. Капитальный и текущий ремонт зданий и сооружений	133,88
4. Амортизация зданий и сооружений	253,55
5. Расходы по охране труда	414,23
ВСЕГО	1 145,16
6. Прочие затраты	171,77
ИТОГО	1 516,94

Проектная стоимость очистки (переработки)

Для расчета цеховой себестоимости продукции составляется проектная калькуляция, в которой определяются затраты по каждой статье и на годовой объем обрабатываемого сырья и на 1 м<sup>3</sup>. Проектная калькуляция представлена в табл. 32.

Общезаводские расходы принимаются в размере 30 % от суммы затрат.

Внепроизводственные расходы составляют 1 % от производственной себестоимости.

Таблица 32 - Проектная калькуляция себестоимости переработки нефтешлама. Годовой выпуск 70255,2 м<sup>3</sup>

Статьи расходов	Единицы измерения	Цена, руб.	Затраты на годовой выпуск продукции, руб		Затраты на единицу продукции (руб/м <sup>3</sup> )	
			Количество	Сумма	Количество	Сумма
1	2	3	4	5	6	7
1. Электроэнергия	кВт, руб.	3,6	613 800	2 209 680	8,74	31,45
2. Пар	м <sup>3</sup>	28,44	19 968,96	602 368	0,28	8,57
3. Вода на технологические нужды	м <sup>3</sup>	3,50	4 083 816	14 293 356	58,13	203,45
4. Основная и дополнительная зарплата с отчислениями производственных рабочих	Руб.			2 627 711		37,4
5. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	Руб.			4 582 280		65,22
6. Цеховые расходы	Руб.			1 516 940		21,59
Итого цеховая себестоимость (эксплуатационные расходы)	Руб.			25 832 335		367,69
7. Общезаводские расходы	Руб.			7 749 701		110,31
Итого производственная себестоимость	Руб.			33 582 036		478,00
8. Внепроизводственные расходы	Руб.			335 820		4,78
Итого полная себестоимость	Руб.			33 917 356		482,78

### 7.3.2 Расчет экономического эффекта от проектируемых мероприятий

Экономический эффект от применения проектируемых природоохранных мероприятий может быть получен вследствие:

- освобождения предприятия от штрафов;
- продажи побочных продуктов, образующихся при очистке (переработке);
- предотвращенного экологического ущерба.

Расчет экономического эффекта можно представить в виде формулы

$$\text{ЭЭ}_{\text{год}} = T \cdot V_{\text{год}},$$

Где  $T$  – экономия за счет представленных выше мероприятий в расчете на 1 м<sup>3</sup>;  
 $V_{\text{год}}$  – годовой объем обрабатываемого сырья.

Экономический эффект работы установки определяем по продаже побочных продуктов, образующихся при очистке (переработке).

Образующиеся в ходе очистки нефтепродукты направляются на товарно-сырьевую базу (ТСБ) для вовлечения в компаундирование топочного мазута в определенном процентном соотношении и получения товарного продукта мазут топочный М-100. Цена реализации 1 тонны мазута с НДС 1500 руб/т., без НДС 1250 руб/т.

Таблица 33 – Расчет экономии за счет продажи побочных продуктов

Наименование	Количество, м3/час	Количество часов работы	Количество мазута, т	Цена мазут М-100, руб./т	Сумма, тыс.руб.
Нефтепродукты	5 828,02	8 184	47 697	1 250	59 620,65

$$\text{ЭЭ}_{\text{год}} = 59\,620\,645 \text{ руб. в год.}$$

### 7.3.3 Расчет основных показателей экономической эффективности и выводы о целесообразности проектируемого производства

Основными показателями экономической эффективности инвестиционных решений являются:

- срок окупаемости капитальных вложений;
- чистый дисконтированный доход;
- внутренняя норма рентабельности.

Срок окупаемости – период, в течение которого восстанавливается первоначальная стоимость проекта. Данный показатель определяется с помощью формулы

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{влож}}}{\text{ЭЭ}_{\text{год}} - \text{ЭР}}$$

где  $K_{\text{влож}}$  - капитальные вложения;  
 $\text{ЭЭ}_{\text{год}}$  - экономический эффект за год;  
 $\text{ЭР}$  - эксплуатационные расходы.

$$T_{\text{ок}} = 42\,081\,069 / (59\,620\,645 - 33\,917\,856) = 1 \text{ год } 8 \text{ месяцев}$$

Для обобщающей технико-экономической характеристики проектируемого объекта и выводов по проекту необходимо составить таблицу технико-экономических показателей проектируемого производства.

При составлении сводной таблицы часть показателей переносится из предыдущих разделов проекта, а другие рассчитываются непосредственно при составлении табл. 34.

Таблица 34 – Техничко-экономические показатели проектируемого объекта

Наименование показателя	По проекту
1. Годовой выпуск продукции, тыс.м <sup>3</sup>	70255,20
2. Себестоимость переработки (очистки), руб.	33 917 856
3. Себестоимость очистки 1 м <sup>3</sup> выбросов, руб.	482,78
4. Капитальные вложения в ОПФ, руб.	42 081 069
5. Удельные капитальные вложения, руб./м <sup>3</sup>	598,97
6. Численность ППП, чел.	12
в т.ч. основных рабочих, чел.	5
7. Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.,	4515,22
в т.ч. основных рабочих, тыс. руб.	2191,50
8. Годовая производительность на 1 рабочего, м <sup>3</sup> /чел.	5854,60
9. Фондовооружённость, тыс. руб./ чел	3 506,75
14. Срок окупаемости, лет	1 год, 8 месяцев

## Выводы

По результатам экономического обоснования проектирования утилизации нефтесодержащего шлама НПЗ были получены следующие результаты:

Годовой выпуск 70255,2 м<sup>3</sup>/год.

Капитальные вложения в ОПФ равны 42 081 069 руб.

Эксплуатационные расходы составляют 33 917 856 руб.

Экономический эффект работы установки определяется реализацией побочных продуктов, образующихся при очистке. В денежном выражении он составил 25 702 789 руб./год.

Срок окупаемости объекта 1 год, 8 месяцев, следовательно, этот объект окупается достаточно быстро и при долгосрочном планировании он выгоден для предприятия.

## Заключение

В соответствии с заданием разработан проект установки утилизации нефтешлама. Степень очистки нефти от взвешенных веществ и воды составляет 99,9 %.

В результате выполнения курсового проекта:

- составлен литературный обзор по методам утилизации нефтешламов;
- представлена технологическая схема установки утилизации нефтешлама;
- рассчитан материальный баланс процесса;
- произведен расчет и подбор необходимого технологического оборудования;
- приведен чертеж теплообменника;
- разработан план расположения оборудования;

Нефтешламы занимают существенные площади земли, создают серьезную угрозу окружающей среде, так как проникают в почву, попадают в источники воды, испаряются в атмосферу и являются причиной потери значительного количества углеводородного сырья.

Данная установка имеет большую экологическую значимость для Ярославля и Ярославской области. Она предотвращает загрязнение окружающей среды нефтесодержащими шламами.

## Список использованных источников

1. Аكوпова Г.С., Стрекалова Л.В., Малич Я.В. Авторское сопровождение установки по обезвреживанию и утилизации нефтесодержащих шламов: опыт работы, проблемы, перспективы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [siberiainvest.ru>doc/section41.pdf](http://siberiainvest.ru/doc/section41.pdf). Дата обращения: 17.04.2021
2. Кофман В.Я. Схема очистки сточных вод НПЗ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.vo-da.ru/articles/shema-ochistki-stochnyih-vod-npz/stochnyie-vodyi](http://www.vo-da.ru/articles/shema-ochistki-stochnyih-vod-npz/stochnyie-vodyi). Дата обращения: 17.04.2021
3. Шнековый обезвоживатель осадков. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://hydrig.ru/obezvozhivanie/77/-shnekovyj-obezvozhivatel](http://hydrig.ru/obezvozhivanie/77/-shnekovyj-obezvozhivatel). Дата обращения: 20.04.2021
4. Установка «Альфа-Лаваль» для обработки нефтешлама, техкарта.
5. Прессы отжимные винтовые. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gpvalve.ru/catalog/Pressy-otzhimnye-vintovye>. Дата обращения: 20.04.2021
6. Фильтр-пресс ленточный [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.ecopolymer.com/2008-07-30-13-37-05/2008-07-30-13-58-21/2008-10-03-10-58-18.html>. Дата обращения: 20.04.2021
7. Рамный фильтр-пресс. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elektroportal.ru/articles/art-373-12.html>. Дата обращения: 22.04.2021
8. Хуснутдинов И.Ш., Сафиулина А.Г., Заббаров Р.Р., Хуснутдинов С.И. Методы утилизации нефтяных шламов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fb.ru/article/436664/obzor-metodov-utilizatsii-nefteshlamov>. Дата обращения: 22.04.2021
9. Бобович Б.Б. Переработка промышленных отходов. Учебник для вузов. М.: СП Интернет Инжиниринг, 1999.445 с.
10. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов//Башкирский химический журнал.2015. Том 22. №1. С.20-29.
11. Поташников Ю.М. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное пособие. Тверь: Изд-во ТГТУ, 2004. 107 с.
12. Глушникова И.С. [и др.]. Возможные направления использования остатков после термообработки нефтесодержащих отходов // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2013. №1. С.45-56
13. Антипов С.Т., Валуйский В.Я., Меснянкин. Тепло- и массообмен при сушке в аппаратах с вращающимся барабаном. /Воронеж. гос. технол.

акад.- Воронеж, 2001. – 308 с.

14. Явчуновский В.Я. Микроволновая и комбинированная сушка: физические основы, технологии и оборудование – Саратов: изд-во Сарат. Унта, 1999. - 213 с.

15. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. Екатеринбург: Изд-во ПОЛИГРАФИСТ, 2007. 503 с.

16. Шантарин В.Д. Безальтернативный метод утилизации углеродсодержащих отходов// Научное обозрение. Технические науки. 2016. №2. С.71-74.

17. Соколов [и др.]. Утилизация отходов производства и потребления. Учебное издание. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2006. 388 с.

18. Ягафаров И.Р., Леонтьева С.В., Барахнина В.Б., Матросова Т.В. Исследование детергентов для вымывания легких фракций из нефтешлама// Нефтепереработка и нефтехимия – 2006: материалы междунаро. науч. – практ. конф. / ГУП ИНХП РБ. Уфа., 2006. с. 245-246

19. Применение нефтешламов в качестве твердого эмульгатора в производстве битумных паст и эмульсий. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://www.bitumen.org.ua/news.htm>.

Дата обращения: 07.05.2021

20. 3-й Международный конгресс по эмульсиям. –Лион, 2002.

21. Emulsion Science. Basic Principles. An Overview / J. Bibette, F. Leal-Calderon, V. Schmitt, P. Poulin // S. Springer Tracts in modern physics.- 2002.- Vol. 181. – 140 p.

22. Долгов, С.И. Использование водной дисперсии сажи для приготовления битумных паст / С.И. Долгов, С.В. Скориков // Материалы II Международной научной студенческой конференции «Научный потенциал студенчества- будущему России». Том третий. Строительство и архитектура. Ставрополь: СевКавГТУ, 2008. 108 с.

23. Абдуллин А.И., Идрисов М.Р. Битумные эмульсии в дорожном строительстве. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://woodroads.ru/dorozhnye-neftebitumy/75-dorozhnye-emulsii.html>.

Дата обращения: 07.05.2021

24. Снижение техногенной нагрузки на окружающую природную среду путем переработки нефтешламов: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: специальность 03.02.08 Экология/ Гурылева Надежда Леонидовна. – Иваново, 2013. – 159 с.

25. Макаров, В.М. Исследование возможности использования нефтешламов в производстве керамзита / В.М. Макаров, Н.С. Яманина, С.Д. Тимрот // Экология промышленного производства. – 2001.- №2.- С.43-44.

26. ТУ 0258-003-020694-21-2002 Технические условия на вспучивающую добавку для производства керамзита.

27. Искусственные пористые заполнители и легкие бетоны на их основе:

Справочное пособие / С.Г. Васильков, С.П. Онацкий, М.П. Элинзон и др.; под ред. Ю.П. Горлова. – М.: Стройиздат, 1987. – 304 с.

28. Способы утилизации нефтяных шламов / Н.С. Яманина, В.М. Макаров, Е.А. Фролова, С.Д. Тимрот // 1-я регион. науч. – техн. конф. «Проблемы региональной экологии». – Ярославль. – 2000.- С.78-80.

29. Качественный керамзит и керамзитобетон для стройкомплекса Якутии / П.П. Уваров, В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова // Наука и техника в Якутии. – 2006. - №2 (11). – С.19-23.

30. Макаров В.М. Улавливание, рекуперация и утилизация отходов производства и потребления: учебное пособие / В.М. Макаров, Н.С. Яманина, Е.А. Фролова. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 1997. -260 с.

31. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

32.СНиП 2.09.04-87 Административные и бытовые здания: Строительные правила и нормы РФ.

33.НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: Нормы пожарной безопасности РФ.

34. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны: Государственный стандарт РФ.

35.Вентиляторы радиальные [Электронный ресурс]: Каталог продукции.

–  
Режим доступа: (vensnab.ru)

36.СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение: Строительные нормы и правила РФ.

37.ГОСТ 2239-79 Лампы накаливания общего назначения. Технические условия: Государственный стандарт РФ.

## Приложение А

Принципиальная технологическая схема



## Приложение Б

Спецификация к технологической схеме



## Приложение В

Чертёж основного аппарата



## Приложение Г

Спецификация к чертежу основного аппарата

КОМПАС-3D v18.1 Учебная версия © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ВКР 009.0100.00.00 СЗ	Теплообменный аппарат	1	
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Распределительная головка	1	
		3		Крышка	1	
		4		Штуцер для пара	2	
		5		Штуцер для продукта	2	
		6		Трудный пучок	1	
		7		Плавающая головка	1	
		8		Опора подвижная	1	
		9		Опора неподвижная	1	
				<u>Детали</u>		
		10		Перегородка сегментная	1/4	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		11		Гайка М20		
		12		Шпильки М20		
		13		Болт М20		
			<b>ВКР 009.0100.00.00 СЗ</b>			
Изм	Лист	№ док-м	Подп.	Дата		
Разраб	Копылова В.Е.	08.01.21	06.06.21			
Проб	Тимрат С.В.	08.01.21	06.06.21			
Т.контр	Махлин А.А.	08.01.21	06.06.21			
Н.контр	Фролова Е.А.	08.01.21	06.06.21			
Знаб	Караева С.З.	08.01.21	06.06.21			
Теплообменник с плавающей головкой 325 ТПГ-2,5					Лит	Лист
						Листов
						1
					ЯГТУ гр. ХТОС-42	
Не для коммерческого использования				Копировал	Формат А4	