

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Отделение материаловедения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование влияния параметров нефтяного шлама на характеристики шнекового дозатора

УДК 66.028.2:665.7.033

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Буханченко Сергей Евгеньевич	кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	кандидат технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 Конструкторско- технологическое обеспечение машиностроительных производств	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

Томск – 2021 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять <i>глубокие естественнонаучные и математические знания</i> для создания нового технологического оборудования и машин.	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК2, 3). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современного машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных инженерных задач</i>	Требования ФГОС ВО (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Ставить и решать <i>инновационные задачи инженерного анализа</i> , связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5-9). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	<i>Разрабатывать</i> и использовать <i>новое</i> оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-15-17). Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ОПК 1, ПК16). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ОК-2, ПК-9, ПК-11, 12, 13, 14). Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

Универсальные компетенции		
P7	Использовать <i>глубокие знания</i> для <i>инновационной инженерной деятельности</i> с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ОПК-4, ПК2, ПК-3, ПК-13, ПК-14, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P8	<i>Активно</i> владеть <i>иностранном языком</i> на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОПК-3, ОПК-4, ПК-13, ПК-18). Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ПК18). Критерий 5 АИОР (п. 2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Демонстрировать <i>глубокие знания</i> социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ОК-2). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-3). Критерий 5 АИОР (п. 2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
 Отделение школы (НОЦ) материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Н.В. Мартюшев
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Алиеву Азизбеку Абдулазиз угли

Тема работы:

Исследование влияния параметров нефтяного шлама на характеристики шнекового дозатора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№111-36/с от 21.04.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2021
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Плотность нефтяных шламов - $0,8 \div 1,4 \text{ кг/м}^3$; 2. Содержание углеводов в нефтешламе - $10 \div 80 \%$; 3. Содержание воды в нефтяных шламах - не более 40%; 4. Содержание твердых частиц в нефтешламе - $10 \div 80 \%$; 5. Температура нефтешлама - не менее $+10 \text{ }^\circ\text{C}$; 6. Вязкость нефтешлама - $50 \div 1000 \text{ сСт}$; 7. Температура вспышки в открытом тигле - не менее $+45 \text{ }^\circ\text{C}$; 8. Количество водяного пара - не менее 100 кг/ч; 9. Температура водяного пара - $160 \pm 10\% \text{ }^\circ\text{C}$; 10. Давление водяного пара - $0,6 \pm 5\% \text{ МПа}$; 11. Производительность шнекового дозатора – 1000 кг/ч
Перечень подлежащих	1. Литературный обзор дозаторов 2. Разработка технического задания на выполнение научно-исследовательской работы

исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 3. Разработка принципиальной схемы шнекового дозатора для нефтяного шлама. 4. Разработка конструкции шнекового дозатора нефтяного шлама. 5. Построение математической модели шнекового дозатора нефтяного шлама. 6. Теоретическое исследование характеристик шнекового дозатора при различных параметрах нефтяного шлама. 7. Сравнительный анализ теоретических исследований шнекового дозатора нефтяного шлама.
Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор дозаторов. 2. Принципиальная схема и внешний вид шнекового дозатора для нефтяного шлама. 3. Математическая модель шнекового дозатора для нефтяного шлама. 4. Графические зависимости теоретического исследования математической модели шнекового дозатора для нефтяного шлама. 5. Сравнительный анализ теоретических исследований шнекового дозатора для нефтяного шлама. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Литературный обзор и исследовательская часть	Буханченко С.Е., к.т.н., доцент ОМ
Финансовый менеджмент	Спицына Л.Ю., к.э.н., доцент ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Сечин А.А., к.т.н., доцент
Иностранный язык	Миронова В.Е., к.ф.н., старший преподаватель ОИЯ
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Обзор существующих решений; теоретический анализ; принципиальная схема системы; математическое моделирование системы.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко Сергей Евгеньевич	к.т.н		01.10.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		01.10.2019

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ
 Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
 Уровень образования магистр
 Отделение школы (НОЦ) материаловедения
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Буханченко Сергей Евгеньевич	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Мартюшев Никита Владимирович	кандидат технических наук		

РЕФЕРАТ

Данная выпускная квалификационная работа содержит 125 с., 46 рисунков, 31 таблицу, 26 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: шнек, дозатор, нефтешлам, шиберный механизм, математическая модель, динамические процессы, конструкция.

Объектом исследования является процесс дозирования нефтяных шламов в реактор термолиза.

Предметом исследования является конструктивные особенности шнекового дозатора.

Цель работы – разработка и исследование шнекового дозатора для нефтяного шлама.

В результате процесса разработки был спроектирован вертикальный шнековый дозатор для подачи нефтешламов в реактор термолиза.

Конструкция шнекового дозатора была разработана в программном обеспечении SolidWorks 2016. Полученная 3D модель использовалась для проведения всех других исследований.

В процессе исследования проводились: разработка математической модели шнекового дозатора, а также на основе анализа полученных данных установлены его основные параметры, влияющие на работу дозатора.

Область применения: утилизация и переработка органических веществ.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

Дозатор –это аппараты, для автоматического дозирования и выдачи заданного количества, массы или объёма вещества (твёрдых сыпучих материалов, паст, жидкостей, газов) в виде порций или постоянного расхода с установленной погрешностью.

Шнек – это рабочая деталь механизма, которая предназначена для продвижения материала и перемещения его вдоль винтовой поверхности, которая вращается внутри трубы, как бы напоминая нам винтовой конвейер.

Нефтешламы(нефтяные шламы) – это сложные физико-химические смеси, состоящие из нефтепродуктов, механических примесей (глины, окислов металлов, песка) и воды.

ПО – программное обеспечение;

SWOT анализ – S-сильные стороны, W-слабые стороны, O-возможности, T- угрозы.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.003 – 2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

3. СанПиН 2.2.4.548 – 96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

4. ГОСТ 30494 – 2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

5. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

6. СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».

7. ГОСТ 12.0.002 – 2014. «Система стандартов безопасности труда. Термины и определения».

8. ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

9. ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	13
1 Литературный обзор	15
1.1 Виды и характеристики нефтешламов.....	15
1.2 Классификация нефтешламов.....	18
1.3 Шнековые дозаторы.....	20
1.3.1 Объемные дозаторы	23
1.3.2 Конструктивные особенности шнековых дозаторов.....	26
1.4 Области применения шнековых дозаторов	27
1.5 Классификация сыпучих материалов	28
1.6 Наклонные винтовые дозаторы	29
1.7 Патентный обзор	38
1.7.1 Шнековый дозатор (патент № 1064144).....	38
1.7.2 Шнековый дозатор сыпучих материалов (патент №131365)	39
2 Объект и методы исследования	42
3 Расчет и аналитика.....	44
3.1 Описание принципа работы шнекового дозатора	44
3.2 Определение диаметра винта шнека	45
3.3 Расчет производительности	47
3.4 Определение диаметра вала шнека	50
3.5 Определение параметров пера шнекового дозатора	50
3.6 Определение скорости транспортированного материала:.....	53
3.7 Определение диаметра обечайки.....	53
3.8 Определение мощности двигателя для привода шнекового дозатора	54
3.9 Математическая модель шнекового дозатора.....	62
3.9.1 Составление системы уравнений	63
3.9.2 Расчет параметров.....	65
3.9.3 Расчет внешнего воздействия	70
3.9.4 Результаты проведенного исследования	71
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	74

4.1	Предпроектный анализ	75
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	75
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	76
4.1.3	Диаграмма Исикава.....	79
4.1.4	SWOT – анализ	81
4.1.5	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	84
4.2	Инициация проекта	86
4.2.1	Цели и результат проекта.....	86
4.2.2	Организационная структура проекта	88
4.2.3	Ограничения и допущения проекта.....	89
4.3	Планирование научно-исследовательских работ	89
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	89
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	91
4.4	Бюджет научного исследования	95
4.4.1	Расчет материальных затрат НИ.....	96
4.4.2	Расчет основной заработной платы.....	98
4.4.3	Дополнительная заработная плата	100
4.4.4	Отчисления на социальные нужды	100
4.4.5	Накладные расходы.....	100
4.5	Определение ресурсоэффективности научного исследования	101
5	Социальная ответственность	108
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	109
5.2	Производственная безопасность.....	111
5.3	Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	112
5.3.1	Микроклимат	112
5.3.2	Уровень шума на рабочем месте	112
5.3.3	Освещенность на рабочем месте	113
5.4	Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата	116

5.5 Экологическая безопасность.....	118
5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	119
Заключение	122
Список использованных источников	123
ПРИЛОЖЕНИЕ А	126
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	127
ПРИЛОЖЕНИЕ В	132
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	149

ВВЕДЕНИЕ

Обоснование для разработки

Актуальностью работы является разработка дозатора с минимальными массогабаритными показателями и низким энергопотреблением, но при этом являющейся мобильным исполнением с высокой степенью надежности. В связи с этим был предложен шнековый дозатор вертикального типа для подачи нефтяных шламов в реактор термолиза.

Объектом исследования является процесс дозирования нефтяных шламов в реактор термолиза.

Предметом исследования являются конструктивные особенности шнекового дозатора.

Теоретическая значимость результатов ВКР

Разработана математическая модель шнекового дозатора для подачи нефтяного шлама в реактор термолиза.

Практическая значимость результатов ВКР

Разработана конструкция шнекового дозатора удовлетворяющего требованиям минимальным массогабаритным показателям и низким энергопотреблением. Авторская модель вертикального шнекового дозатора и методика расчета могут применяться конструкторами и другими организациями в целях сокращения времени на разработку.

Цель работы:

Разработка и исследование вертикального шнекового дозатора производительностью 1000 кг/ч для подачи нефтяного шлама в реактор термолиза.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи:

1. Литературный обзор дозаторов.
2. Разработка технического задания на выполнение научно-исследовательской работы.

3. Разработка принципиальной схемы шнекового дозатора для нефтяного шлама.

4. Разработка конструкции шнекового дозатора нефтяного шлама.

5. Построение математической модели шнекового дозатора нефтяного шлама.

6. Теоретическое исследование характеристик шнекового дозатора при различных параметрах нефтяного шлама.

7. Сравнительный анализ теоретических исследований шнекового дозатора нефтяного шлама.

Реализация и апробация работы

Основные результаты диссертационного исследования и выводы предоставлены в компанию «ООО ТриБоСС». Реализация и апробация вертикального шнекового дозатора планируется в компании «Промышленно-Транспортная Корпорация», г. Иркутск.

1 Литературный обзор

1.1 Виды и характеристики нефтешламов

Повышение качества жизни и высокие темпы потребления ресурсов оказали непреднамеренное и негативное воздействие на окружающую среду из-за образования различных типов отходов, которые выходят далеко за пределы возможностей промышленных предприятий, правительств и природоохранных органов по их переработке. Промышленность в настоящее время борется с проблемами больших объемов органических отходов, связанных с этим затрат, технологий и методологий утилизации, а также воздействия органических отходов на местную и глобальную окружающую среду.

В нефтяной промышленности и на нефтеперерабатывающих заводах значительное количество нефтешламов образуется в результате различных процессов. Основные источники нефтешламов могут включать дно резервуаров для хранения нефти, дно водоотделителей нефти, отстой, образующийся во время очистки резервуаров и трубопроводов, разливы нефти, нефтяные остатки и другие источники. Однако большая часть нефтешламов образуется при очистке резервуаров для хранения нефти.

Состав нефтешламов очень разнообразен и представляет собой сложную физико-химическую смесь нефтяных продуктов, содержащую нефтесодержащие вещества, воду и минералы (песок, глина, шлам и др.).

В общем, нефтешлам можно определить как тяжелые нефтяные остатки со средним содержанием (в масс.%) 10-56% маслянистых веществ, 30-85% воды и 13-46% твердых частиц. Маслянистое вещество представляет собой смесь компонентов, в основном углеводородов, включая алканы, ароматические соединения, смолы и асфальтены, которые являются токсинами [1].

Нефтяной шлам не может быть отфильтрован из-за слишком высокого содержания твердых частиц, а попытки фильтрации просто засорят системы фильтрации. Также нефтешлам нельзя перекачивать на очистные сооружения из-за высокого содержания масла и твердых частиц.

Нефтешлам – один из самых значительных отходов нефтяной промышленности. Это сложная эмульсия различных углеводородов нефти, воды, металлов и мелких твердых частиц. Эффективная обработка нефтесодержащих шламов получила широкое внимание из-за их опасного характера и растущего количества отходов во всем мире.

В нефтяной промышленности образуются большие количества нефтесодержащих шламов во время различных процессов добычи нефти, включая разведку, транспортировку, хранение и последующую переработку сырой нефти. По оценкам, каждый нефтеперерабатывающий завод производит в среднем 30 000 тонн нефтесодержащих шламов.

Ожидается, что объем производства нефтесодержащих шламов увеличится в результате роста спроса на нефтепродукты во всем мире. Количество и свойства нефтесодержащего шлама зависят от природы сырой нефти, условий хранения, схем последующей обработки и конструкции очистительного оборудования. Обычно нефтесодержащий шлам физически существует в виде стабильной эмульсии типа вода в масле, которая состоит из воды, твердых веществ, различных углеводородов нефти и металлов.

Состав нефтесодержащих шламов очень сложен. Нефтяной шлам содержит токсичные вещества, такие как ароматические углеводороды, полиароматические углеводороды и высокое общее содержание углеводородов. Масляный осадок трудно гидратировать из-за его высокой вязкости. Нефтяные шламы - опасные твердые отходы. Нефтешлам в основном состоит из около 55,13% воды, 9,246% отложений, 1,9173% асфальтенов, 10,514% парафина и 23,19% легких углеводородов, а также высокая концентрация тяжелых металлов, что делает нефтесодержащие шламы вредными для окружающей среды и организмов, с которыми необходимо бороться для защиты окружающей среды. В таблице 1 представлена характеристика нефтешламов.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики нефтяных шламов

Характеристика	Единица измерения	Показатели исходного продукта	
		Жидкий нефтешлам	Твердый нефтешлам
Тип нефтешлама	-		
Содержание воды в нефтешламе	% об., не более	50	25
Содержание углеводов в нефтешламе	% об., не более	Остальное*	45
Размер твердых частиц	мм, не более	5	150
Температура застывания нефтешлама	°С	+10	+3
Вязкость нефтешлама	сСт, не более	1000	–
Температура вспышки в закрытом тигле	°С	не ниже 45	не ниже 45

Нефтяной шлам классифицируется как опасные отходы (обычно из-за содержания масла) и в большинстве случаев он также классифицируется как жидкость, а это означает, что его нельзя утилизировать прямо на свалку.

Производство, транспортировка и переработка нефтяного сырья приводит к образованию значительных объемов нефтешламов, увеличивает техногенную нагрузку на окружающую среду, что требует дополнительных инвестиций для восстановления природных экосистем.

По способу образования и физико-химическому составу нефтяные шламы делятся на следующие группы:

- природный нефтяной шлам - отход, который образуется на дне различных водоемов после разлива нефти;
- нефтяной шлам - отход бурения скважин различными буровыми растворами;
- нефтяной шлам - отход очистки нефти от твердых углеводов и механических примесей;

- резервуарный нефтяной шлам - отход, образующийся при транспортировке и хранении нефти в различных резервуарах;
- грунтовой нефтешлам - продукт соединения нефти и почвы.

Нефтяные шламы по агрегатному состоянию подразделяются на:



Рисунок 1 –Виды нефтяных шламов

1.2 Классификация нефтешламов

По источнику и химическому составу нефтяных шламов, можно классифицировать следующим образом:

Таблица 2 – Классификация нефтешламов

Состав, %	Нефтешламы						
	Замазу- чен ный грунт	Донн ый шлам	Продукт ы зачистки резервуа ров	Водо- нефтя ная эмуль сия	Ловушеч ная нефть	Буров ые шлам ы	Амбарн ый верхни й слой
Механичес кие примеси	50-90	15-50	5-10	1,5-15	0,05-0,5	11-25	0,5-1,5
Нефть, нефтепрод укты	До 10	10-30	50-70	30-80	70-90	7-14	90-95
Асфальтен ы	-	6,5	42	5-10	4-15	-	9,5
Смолы	-	18	20	10-20	10-45	-	-
Парафины	-	2,5	5,6	3-9	2-10	-	3
Вода	До 20	До 60	25-40	До 70	До 15	70-90	1,5-5

Переработка и утилизация нефтешламов представляет собой серьезную проблему для нефтяной промышленности, так как потребляет значительную часть бюджета. Для переработки нефтешламов использовалось несколько

технологий утилизации и традиционные технологии, такие как сжигание, захоронение отходов и биологическая очистка. Однако большинство этих технологий не были коммерчески практичными из-за некоторых ограничений, включая эффективность, простоту эксплуатации и стоимость, или из-за того, что они не безопасны для окружающей среды.

В данное время существуют различные методы утилизации нефтешламов:



Рисунок 2 – Классификация нефтяных шламов

Термический метод

Сжигание в открытых амбарах, печах различных типов, получение битуминозных остатков, сжигание нефтяных шламов в виде водных эмульсий и утилизация выделяющегося тепла и газов, обезвоживание или сушка нефтяных шламов с возвратом нефтепродуктов в производство, а сточных вод – в оборотную циркуляцию и последующим захоронением твердых остатков.

Физический метод

Перемешивание и физическое разделение нефтешламов.

Химический метод

Экстрагирование с помощью растворителей, отверждение с применением добавок.

Физико-химический метод

Применение специально подобранных реагентов (растворители, деэмульгаторы, ПАВ и др.), изменяющих физико-химические свойства, с последующей обработкой на специальном оборудовании.

Биологический метод утилизации

Микробиологическое разложение в почве непосредственно в местах хранения, биотермическое разложение.

Каждый из этих методов переработки требует, различные установки, аппараты и оборудование. В первом методе, где для утилизации нефтешлама используется реактор термолиза, для равномерной подачи нефтешламов в реактор предусмотрено узел дозирования[2].

1.3 Шнековые дозаторы

В данное время шнековые машины (дозаторы, конвейеры, транспортеры) активно применяются для подачи сыпучих и вязких материалов, экструзии пластмасс и каучуков и охватывают почти все технологические процессы на производствах, включая сыпучие материалы, пластичные вязкоупругие среды. Особенно важны смешивание, гомогенизация, прессование, фильтрация, сушка, испарение и химические реакции в вязкопластических фазах[3].

При классификации шнековых машин необходимо основываться на выявленные технологические цели. Такой подход подтверждается как минимум тем, что конструкция машины также соответствует технологическим целям. Поэтому шнековые машины целесообразнее классифицировать по тем же критериям, что и технологические процессы.

Конвейер или шнековый дозатор – это компонент, который использует вращающуюся винтовую лопасть шнека, называемую лопастями, обычно внутри круглой и полый трубы, для перемещения гранулированных частиц или жидкостей. Основным типом винтового конвейера был винт Архимеда, который издревле использовался для перекачивания поливной воды.

Архимед сконструировал шнековый конвейер в III веке до нашей эры. Первый шнек использовался для удаления воды с кораблей и для орошения сельскохозяйственных угодий. Первоначальное устройство состояло из спиральных лопастей, прикрепленных к внутренней стенке полого цилиндра, приводимого в движение центральным валом. Когда сборка вращалась, вода

перемещалась и поднималась из одного места в другое. Спиральная конструкция основана на теории наклонной плоскости. Шнековый конвейер эволюционировал в наше время и теперь используется почти во всех основных отраслях промышленности. Сегодня тысячи перерабатывающих предприятий в мире используют шнековые конвейеры для транспортировки сыпучих и вязких материалов.

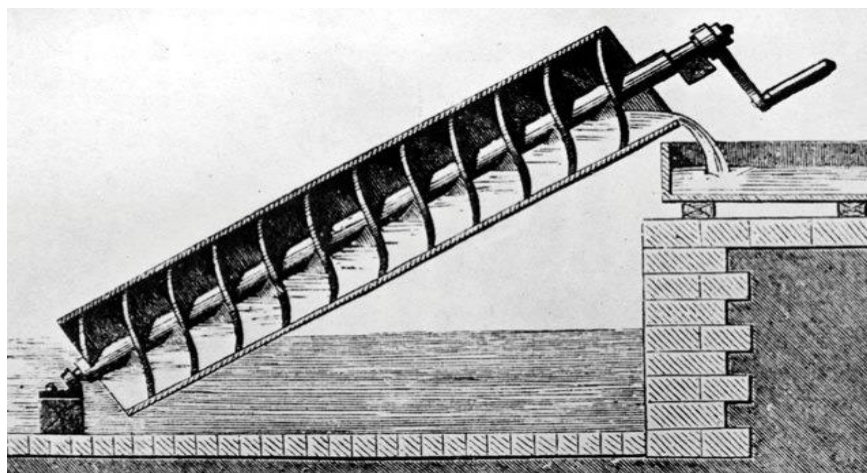


Рисунок 3 – Винт Архимеда

Шнек вращается обычно с помощью ручного труда или ветряной мельницы. Когда вал вращается, нижняя часть поднимает вверх объем воды. Эта вода будет скользить вверх по спиральной трубке, пока, наконец, не выльется из верхней части трубки, и не будет питать системы орошения. Шнек использовался в основном для слива воды из шахт или других низколежащих водоемов, как следует из справки.

Алан В. Робертс провел экспериментальное исследование эволюции конструкции и характеристик винтового питателя на основе справочного материала. В эксперименте использовались винтовые питатели с полностью закрытыми цилиндрическими кожухами. На пропускную способность, крутящий момент и мощность в значительной степени влияет вихревое движение транспортируемого материала. Вихревое движение вместе со степенью заполнения определяют объемный КПД и, следовательно, пропускную способность. Это, в свою очередь, влияет на крутящий момент, мощность и эффективность транспортировки. Представлена теория для

прогнозирования производительности винтовых питателей любой заданной геометрии. На производительность винтовых питателей существенно влияет вихревое движение транспортируемого материала. Показано, что свойства текучести транспортируемого материала оказывают значительное влияние на рабочие характеристики.

Шнековый дозатор можно определить как «механизм для работы с вязкими и сыпучими материалами (измельченными или гранулированными твердыми веществами), в котором вращающийся геликоидальный винт перемещает материал вперед, к технологической установке и в нее» на основе словаря научных и технических терминов McGraw-Hill , 6E, © 2003 McGraw-Hill Companies.

Расход материалов и качество продукции во многих производствах определяются точностью дозирования исходных веществ. В химической промышленности перерабатывается огромное количество веществ, значительно отличающихся по своим свойствам, что и определило разнообразие конструкций дозаторов.

Дозирование процесс добавления определенного количества материала в технологическое оборудование для смешивания или дальнейшей обработки, а также материалов, которые необходимо заполнить в контейнеры. Дозирование сыпучих или вязких материалов осуществляется механическими и автоматическими средствами, которые широко используются в дискретных и непрерывных технологических процессах.

Выбор типа дозатора определяется главным образом свойствами дозируемого материала: насыпной плотностью (объемной массой), которая может изменяться от 50 до 3000 кг/м³, размером и формой частиц.

Основным элементом дозатора является шнек, с помощью которого транспортируются пастообразные, жидкие или твердые сыпучие вещества. Шнековые дозаторы применяются в разных отраслях промышленности. Высоковязкие и пастообразные материалы уже несколько столетия экструдируют с помощью шнековых дозаторов.

Во время дозирования подаваемое сырье подвергается дополнительным воздействиям в зависимости от конструкции шнеков, корпуса и типа привода машины.

Все дозаторы по принципу действия подразделяются на объемные и весовые. Находят применение и объемно-весовые дозаторы, в которых дозируемый материал отмеривается по объему, а затем его масса доводится до нужной величины на массо-измерительном устройстве[4].



Рисунок 4 – Классификационная схема дозаторов

1.3.1 Объемные дозаторы

Объемные дозаторы просты по устройству и в эксплуатации, однако их применение ограничивается низкой точностью дозирования. Для пылевидных материалов ($d < 0,1$ мм), влажность может колебаться от 0 до 18%, а вследствие изменения содержания основного вещества и сыпучести материала. При этом ошибка в подаче может составлять 10-50%. Дозаторы данного типа часто

используют в тех случаях, когда не требуется высокой точности дозирования: при подаче материалов в сушилки, грануляторы, прокаточные печи, грохоты и т.д.

К дозаторам объемного типа относятся ленточные, пластинчатые, винтовые, дисковые, качающиеся и вибрационные дозаторы.

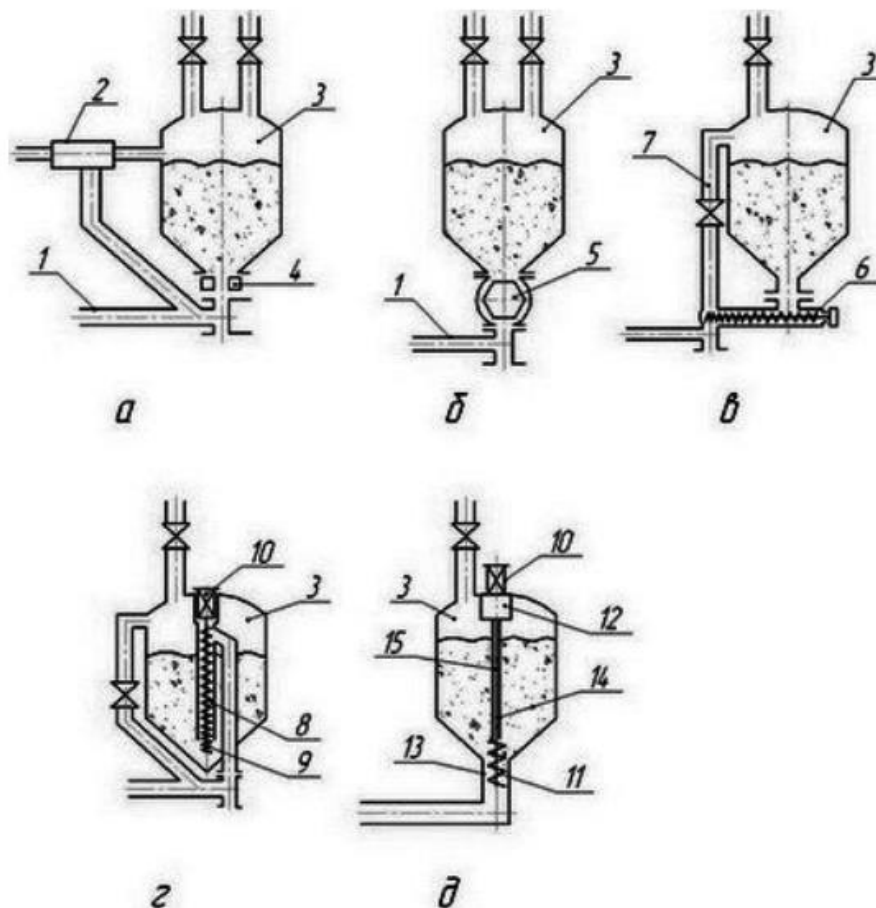


Рисунок 5 – Основные типы дозаторов

а – пневматический дозатор, б – барабанный дозатор, в – винтовой дозатор, г – спиральный дозатор, д – шнековый дозатор вертикального типа

Наиболее простым из дозаторов по конструкции является пневматический (рисунок 5а). Он состоит из бункера 3 с калибрующей вставкой 4 в нижней части, примыкающей к транспортирующему трубопроводу 1. Перепад давления между полостью бункера и транспортирующим трубопроводом, необходимый для обеспечения заданной производительности дозатора, поддерживается регулятором давления 2. Расход материала в таком дозаторе регулируется путем изменения сечения отверстия в калибрующей

вставке и перепада давления. Недостатком такого дозатора является зависимость производительности от диаметра отверстия и от величины частиц транспортируемого материала, что в целом значительно усложняет регулирование и поддержание заданной производительности в течение всего периода продувки.

На рисунок 5б представлена конструкция барабанного дозатора, состоящего из бункера 3, барабана 5, приводимого во вращение от регулируемого электродвигателя, и транспортирующего трубопровода 1. Мелкофракционный материал, находящийся в бункере, под действием силы тяжести заполняет щели барабана и при повороте последнего выдается порциями в пневмотранспортную магистраль. Главное достоинство барабанного дозатора – жесткая характеристика. На производительность дозатора практически не оказывают влияния изменение перепада давления между бункером и транспортирующим трубопроводом и фракционный состав материала. Производительность определяется частотой вращения барабана. Существенным недостатком барабанного дозатора является дискретность в выдаче реагентов из бункера, что при небольшой длине транспортирующего трубопровода вызывает неравномерность подачи материала, а также повышенная мощность привода из-за расклинивания частиц реагента между корпусом и барабаном.

Более равномерная подача реагента в транспортирующий трубопровод при значительно меньшей мощности привода достигается при использовании винтового дозатора (рисунок 5в), который состоит из бункера 3, транспортирующего винта 6, соединенного с электродвигателем, трубопровода подачи газа 1 и выравнивающего трубопровода. При работе винтовых дозаторов наблюдается неравномерность выдачи реагента, она зависит от частоты вращения и числа заходов нарезки винта.

Вертикальный спиральный дозатор (рисунок 5г) состоит из бункера 3, внутрь которого введена труба 8 – корпус дозатора. Рабочий орган дозатора выполнен в виде проволочной спирали 9, непосредственно соединенной с

электродвигателем 10. Основное достоинство такого дозатора – высокая степень равномерности выдачи материала из бункера за счет высокой частоты вращения спирали, а также отсутствие редуктора. Недостаток – зависимость производительности от перепада давления в транспортирующем трубопроводе от давления в бункере.

Шнековые дозаторы (рисунок 5д) предназначены для дозирования материалов и обычно располагаются в начале процесса. Производительность или скорость подачи можно точно контролировать с помощью шнековых питателей. Приводы с регулируемой скоростью повышают точность дозирования и могут обеспечивать широкий диапазон скоростей подачи. Шнековые питатели доступны в различных размерах, длине, конфигурациях и материалах конструкции.

Шнековый дозатор вертикального типа (рисунок 5д) состоит из бункера 3, внутрь которого введена трубка 14, в которой расположен гибкий вал в виде троса для передачи вращательного движения от редуктора 12 шнеку 11. Несколько витков шнека находятся в бункере, а остальная его часть – в направляющей гильзе 13. Привод состоит из двигателя 10 и редуктора. Достоинством данного дозатора является высокая точность дозирования материала и независимость производительности от перепада давления в бункере и направляющем трубопроводе.

Дозаторы данного типа часто используют в тех случаях, когда не требуется высокой точности дозирования:

- при подаче материалов в сушилки,
- грануляторы, прокалочные печи, грохоты и т.д.

К дозаторам объемного типа относятся ленточные, пластинчатые, винтовые, дисковые, качающиеся и вибрационные дозаторы[4].

1.3.2 Конструктивные особенности шнековых дозаторов

При вращении шнека материал и перемешивается и транспортируется. Соотношение между скоростью движения материала и степенью его перемешивания определяется шагом винта и его формой.

Шнеки по форме делятся на сплошные, ленточные, лопастные, фасонные, зубчатые и другие (рисунок 6). Сплошные и ленточные винты применяют для переработки или транспортирования тонких сыпучих порошков, лопастные мешалки – для кусковых сыпучих материалов. Склонные к налипанию, оплавлению, слеживанию материалы требуют применения более сложных по конструкции мешалок.

В шнековых дозаторах сплошные многоходовые винты обеспечивают большую равномерность транспортирования материала[4].

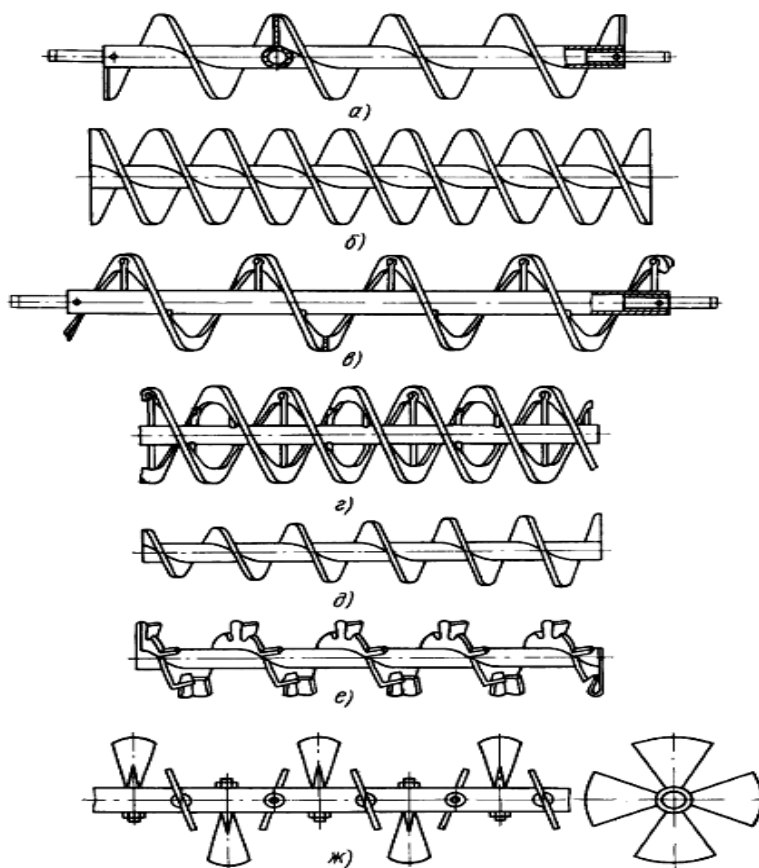


Рисунок 6 – Шнековые винты

а – сплошной одноходовой; б – сплошной двухходовой; в – ленточный одноходовой; г – ленточный двухходовой; д – с переменным диаметром; е – фасонный; ж – лопастной.

1.4 Области применения шнековых дозаторов

Шнековые дозаторы решают основную потребность в транспортировке сыпучих и вязких материалов на определенное расстояние при их подъеме. Из-за штабелирования оборудования необходимы наклонные шнековые конвейеры

для создания оптимальной компоновки завода и уменьшения количества единиц оборудования в технологическом потоке. Типичные применения наклонных шнековых конвейеров включают прием сыпучих материалов из просеивателя и транспортировку их на ковшовый элеватор или как часть системы разгрузки мешков для сыпучих материалов. В настоящее время используются тысячи успешных вариантов применения шнековых дозаторов.



Рисунок 7 – Наклонный шнековый дозатор

1.5 Классификация сыпучих материалов

Сыпучие материалы классифицируются по размеру частиц, текучести и другим физическим свойствам. Производители конвейерного оборудования предоставляет коды классификации материалов для наиболее часто транспортируемых сыпучих материалов. Код классификации материалов для каждого материала описывает плотность, размер частиц, текучесть, абразивность и другие важные факторы. Правильная конструкция наклонных винтовых конвейеров, зависит от физических свойств, транспортируемого сыпучего материала[5].

Основная теория и дизайн

Шнековые дозаторы - это объемные питательные устройства. С каждым оборотом шнека выгружается фиксированный объем материала. Шнековый питатель предназначен для перемещения продукта из одной точки в другую. Шнековые дозаторы всегда управляются питанием на входе от другого конвейера или дозирующего устройства. Поворотные клапаны, шнековые

конвейеры, ленточные конвейеры, измельчители или даже другие винтовые конвейеры обычно подключаются к входу винтового конвейера.

1.6 Наклонные винтовые дозаторы

Наклонные винтовые дозаторы обычно работают от немного выше горизонтального положения до 45 градусов от горизонтального положения. Наклонный винтовой дозатор выше 45 градусов считается вертикальным винтовым конвейером. По мере увеличения степени наклона эффективность транспортировки снижается, а требования к мощности возрастают из-за воздействия силы тяжести и падения сыпучих материалов. Эффективность транспортировки зависит от угла наклона, характеристик конкретного насыпного материала, типа желоба шнекового транспортера и шага шнека. Производители рекомендуют проектировать шнековые дозаторы с минимально возможным углом наклона для максимальной эффективности[5].

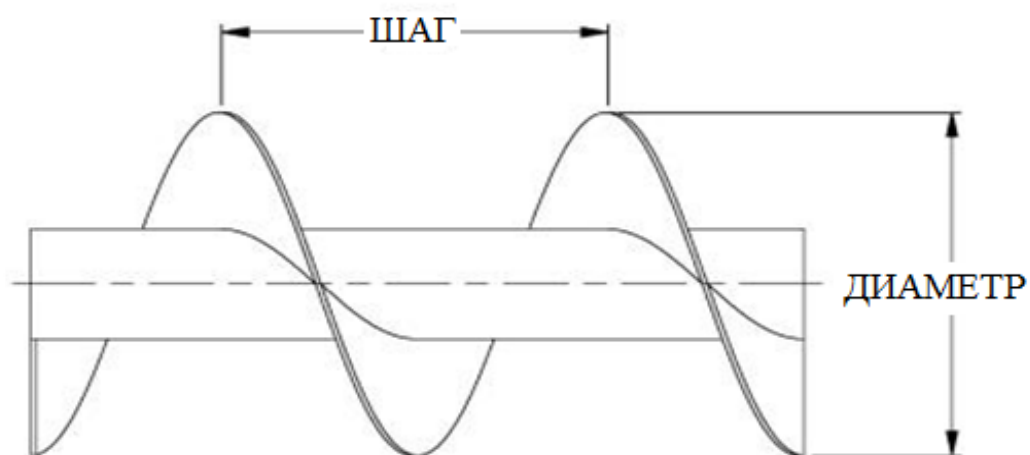


Рисунок 8 – Шнек

Проектирование наклонных винтовых дозаторов

При проектировании наклонного шнекового дозатора важно понимать, как конструктивные особенности влияют на расход или пропускную способность. Выбор правильного типа желоба и шага винта значительно повысит эффективность транспортировки.

С наклонными шнековыми дозаторами обычно используются два типа желобов: U-образный и трубчатый. Конструкция с U-образным желобом проста, экономична и обеспечивает доступ для обслуживания. U-образные

желоба используются в большинстве случаев применения с горизонтальными шнековыми конвейерами и под углом до 20 градусов. По мере увеличения степени наклона U-образные желоба становятся неэффективными, потому что сыпучие материалы будут падать обратно через верхнюю часть лопастей шнека в открытую зону U-образного желоба. Трубчатые кожухи используются на большинстве шнековых дозаторов с углом наклона более 20 градусов. Эффективность транспортировки значительно повышается, поскольку сыпучие материалы содержатся в трубчатом корпусе, и уменьшается обратное падение.

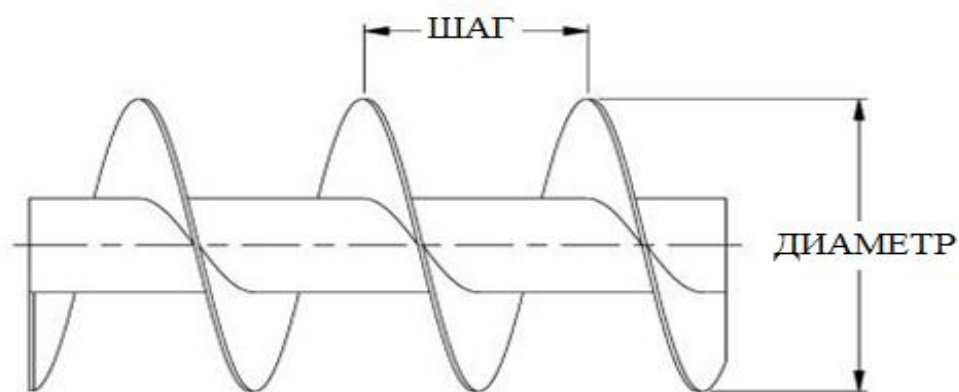


Рисунок 9 – Шнек с коротким шагом

Правильный выбор шага винта также очень важен для успешной работы наклонного шнекового дозатора. Шаг винта - это расстояние от вершины одной лопасти до вершины следующей. Винты с полным шагом имеют измеренный шаг, равный внешнему диаметру винта. СЕМА разработала стандартные шаги для винтовых конвейеров: полный шаг, короткий ($2/3$) шаг и половинный ($1/2$) шаг. Шнеки с полным шагом обычно используются в горизонтальных шнековых дозаторах, поскольку нет потери в эффективности транспортировки. Поскольку шнековый дозатор наклонен, шнек с полным шагом теряет эффективность из-за угла полета[5].

Эффективность подачи

График эффективности шага показывает относительную эффективность транспортировки при разной степени наклона и конфигурациях шага. По мере увеличения угла наклона винты с уменьшенным шагом ($1/2$ и $2/3$) более

эффективны, чем винты с полным шагом. По мере уменьшения шага перпендикулярность полета к трубе улучшается, тем самым улучшая угол наклона на уклоне. Комбинация винтов с уменьшенным шагом (1/2 и 2/3) и трубчатых корпусов обеспечивает наивысшую эффективность транспортировки.

Наклон до 10 градусов - потеря эффективности транспортировки минимальна на уклонах до 10 градусов. Винтовой дозатор с U-образным желобом и шнеком с полным шагом достаточно для большинства применений. Снижение эффективности можно преодолеть, увеличив скорость винтового дозатора, увеличив диаметр винтового дозатора или уменьшив шаг винта.

Наклон от 10 до 20 градусов - потеря эффективности транспортировки обычно составляет от 10 до 40 процентов на уклонах до 20 градусов. Винтовой дозатор с U-образным желобом и винтом с шагом 2/3 достаточно для большинства применений. Снижение эффективности также можно преодолеть за счет увеличения скорости или диаметра винтового дозатора. Дополнительная мощность требуется для преодоления силы тяжести и падения сыпучих материалов.

Наклон от 20 до 30 градусов - потеря эффективности транспортировки обычно составляет от 10 до 70 процентов на уклонах до 30 градусов. Шнековый дозатор с трубчатым корпусом и шнеком с уменьшенным шагом (1/2 или 2/3) рекомендуется для большинства применений. Снижение эффективности также можно преодолеть за счет увеличения скорости или диаметра винтового дозатора. Дополнительная мощность требуется для преодоления силы тяжести и падения сыпучих материалов.

Наклон от 30 до 45 градусов - потеря эффективности транспортировки обычно составляет от 30 до 90 процентов на уклонах до 45 градусов. Для большинства применений рекомендуется винтовой дозатор с трубчатым корпусом и шнеком с уменьшенным шагом (1/2 или 2/3) и большим диаметром. Также требуется увеличение скорости винтового дозатора. Дополнительная

мощность требуется для преодоления силы тяжести и падения сыпучих материалов.

Требования к мощности и неблагоприятные условия

Требования к мощности для наклонных винтовых дозаторов возрастают с увеличением степени наклона. Дополнительная мощность требуется для преодоления силы тяжести и падения материалов. Шнековые дозаторы, расположенные на уклонах более 10 градусов, должны быть рассчитаны на запуск и работу в неблагоприятных условиях. Состояние нарушения возникает, когда нормальный поток в наклонном шнековом дозаторе прерывается, и сыпучий материал внутри дозатора соскальзывает обратно к нижнему концу, частично заполняя конвейер. Для перезапуска и транспортировки сыпучего материала требуется дополнительная мощность, поскольку конвейер временно будет загружать лоток на 100%.

Базовая конструкция шнекового дозатора

Шнек предназначен для перемещения сыпучих и вязких материалов с одного витка на другой во время каждого оборота. Следовательно, если винт загружен на 100 процентов и емкость одинакова для каждого витка, новый материал может быть введен только в первый виток под накопительным устройством, напротив разгрузочного устройства. Следовательно, не рекомендуется конструировать шнековые дозаторы с одинаковым внешним диаметром и постоянным шагом, поскольку сыпучие материалы будут заполнять шнек сначала с задней стороны входного отверстия, создавая ратоллинг, застойный материал и возможное закупоривание сыпучих материалов над шнековым дозатором. На рисунке9 показана неправильная конструкция шнекового питателя с одинаковым внешним диаметром и постоянным шагом. Чтобы сыпучие материалы равномерно протягивались по всей длине входного отверстия, каждый виток должен увеличивать доступный объем по мере продвижения шнека к разгрузке шнекового дозатора. Эффективная и действенная система требует переменного шага, конического внешнего

диаметра или конструкции шнека массового расхода. На рисунке 10 показан правильно сконструированный шнековый дозатор[5].

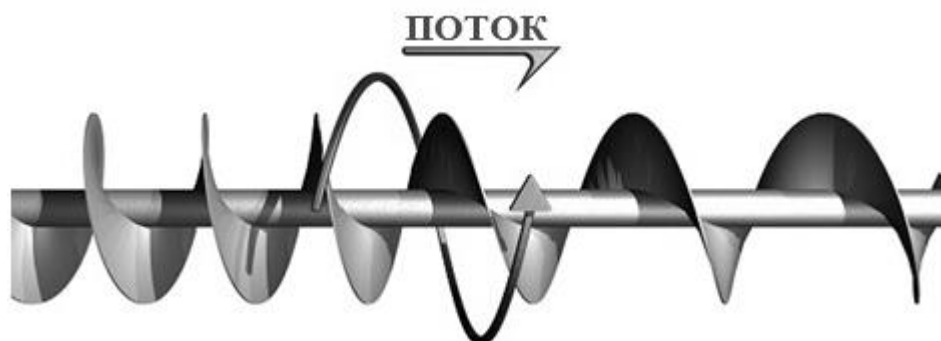


Рисунок 10 – Направления потока

Шнековые дозаторы бывают трех основных типов:

Переменный или ступенчатый шаг

Шаг шнека изменяется от более короткого до более длинного по мере продвижения винта к выходу из шнекового питателя. При переменном шаге каждый шаг увеличивается в длину во входной части, создавая больше доступного объема для добавления материалов из бункера. При ступенчатом шаге шаг полета изменяется пошагово. Например, шнековый питатель со ступенчатым шагом может иметь 2 фута с шагом $1/3$, затем 2 фута с шагом $2/3$ во входной секции.



Рисунок 11– Шнек с переменным шагом

Конический внешний диаметр

Внешний диаметр шнека сужается от задней части впускного отверстия к кожуху, создавая больше доступного объема для добавления сыпучих материалов из бункера.

Массовый поток

Расчет массового расхода был разработан Jenike & Johanson и представляет собой комбинацию переменного шага и конического внутреннего диаметра. Конический конус расположен на центральной трубе винта от задней части впускного отверстия примерно до центра впускного отверстия. На конусе установлены штыри с коротким шагом, создавая доступный объем для добавления сыпучих материалов из бункера. Затем к винту добавляется переменный шаг, начиная с конуса и заканчивая выпуском[5].



Рисунок 12 – Конусообразный шнек

Шнековые дозаторы доступны в различных размерах, длине, конфигурациях и материалах конструкции. Большинство шнековые дозаторы имеют длину менее 6 метров, потому что использование внутренних подвесных подшипников не рекомендуется. Шнековые питатели могут состоять из одного, двух или практически любого количества шнеков. Шнековый дозатор с несколькими шнеками считается шнековым дозатором с живым дном.

Кожух питателя

Шнековые дозаторы должны быть оборудованы кожухом, по крайней мере, на два шага за входным отверстием, чтобы предотвратить вытекание сыпучего материала за входное отверстие. Кожух представляет собой изогнутую крышку, которая превращает стандартный U-образный желоб в трубчатый корпус для предотвращения попадания сыпучих материалов через шнек. Удлиненные кожухи, трубчатые кожухи или скребки с коротким шагом могут использоваться для точного контроля скорости подачи при дозировании очень сыпучих и вязких материалов.

Емкость и скорость шнекового питателя

Шаг последней винтовой лопасти, входящей в кожух, определяет скорость подачи шнекового питателя и называется контрольным шагом. Шаг управления обычно меньше полного.

Пропускная способность регулирующего шага рассчитывается в кубических метрах/час на об/мин. Скорость шнекового питателя можно определить, разделив максимальную производительность шнекового питателя в кубических метрах/час на пропускную способность регулирующего шага в кубических метрах/ч на об/мин.

Большинство скоростей шнековых питателей ниже стандартных скоростей шнековых транспортеров. Например, в тяжелой промышленности винтовые питатели обычно работают со скоростью менее 20 об/мин. На более низких рабочих скоростях создается больший крутящий момент, что гарантирует отсутствие остановки шнекового питателя при запуске.

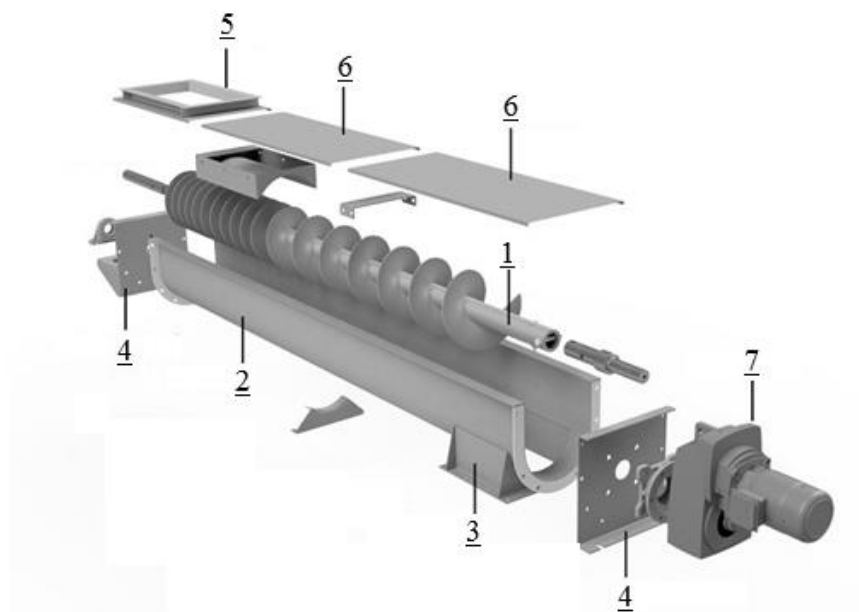


Рисунок 13 – Шнековый дозатор

Типичный шнековый питатель состоит из следующих компонентов, показанных на рисунке 13:

1-шнек, 2-корпус, 3-разгрузка материала, 4-крышки, 5-загрузка материала, 6-покрытие, 7-привод.

Требования к мощности шнекового питателя

Требования к мощности и крутящему моменту для шнекового питателя намного выше, чем у аналогичного шнекового конвейера. Шнековый питатель должен запускаться с загрузкой заливного патрубка и с головной нагрузкой на насыпной материал во входной секции. Сыпучие материалы также имеют тенденцию упаковываться под давлением в бункере, бункере или силосе. По мере увеличения насыпной плотности материала возрастают требования к мощности и крутящему моменту. Пусковая мощность и крутящий момент могут легко в 2½ раза превышать нормальные рабочие условия[5].

Одношнековые дозаторы

Одношнековый дозатор (рисунок 14) представляет собой простейшую форму исполнения этого типа машин. Дозируемый материал забирается шнеком из воронки, транспортируется и выводится (сбрасывается) в виде равномерного материального потока. Шнеки и корпуса шнеков изготавливают обычно сварной конструкции из листовой стали. С целью точной центровки шнек с обоих концов вала устанавливается, как правило, в радиально-упорные конические роликовые подшипники. Для удобства монтажа шнеков, имеющих различный шаг и глубину нарезки, и тщательной очистки при перемене типа или цвета материала современные конструкции выполняются таким образом, что шнек можно легко извлекать из корпуса со стороны узла выгрузки, отвернув несколько болтов.

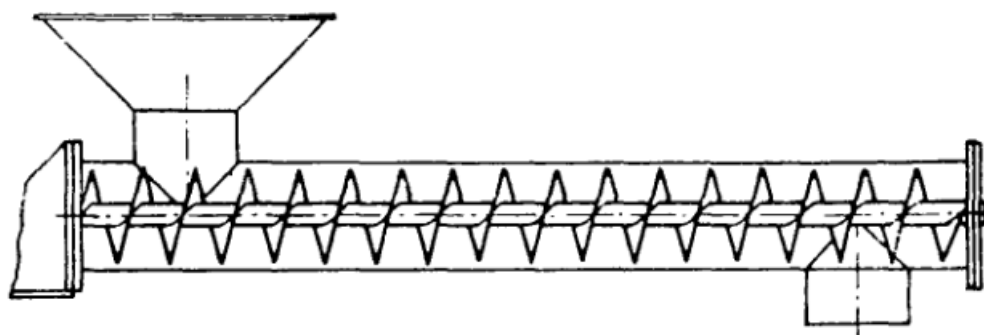


Рисунок 14 – Одношнековый дозатор

Привод должен обеспечивать плавное (бесступенчатое) регулирование частоты вращения вала шнека. Для этого применяют трехфазные двигатели с

механическим редуктором или двигателями постоянного тока, причем диапазон регулирования частоты вращения, обычно составляет 1:10[3].

Одношнековые вибродозаторы

Чтобы избежать сводчатых (или другой формы) образований агломерированного (спрессованного) материала в загрузочной воронке и прилипания его к стенкам, а также для обеспечения равномерности сыпучего материала по плотности вблизи зоны загрузки и постоянного коэффициента заполнения.

Фирма «E. A. Wahl» (США) разработала в 1958 г. шнековый дозатор, элементы которого (шнек, опоры шнека, корпус), а также нижняя часть загрузочной воронки и находящийся в ней материал в процессе дозирования подвергаются вибрации. Колебания возбуждаются вибродвигателем, который в соответствии с рисунком установлен на станине машины[3].

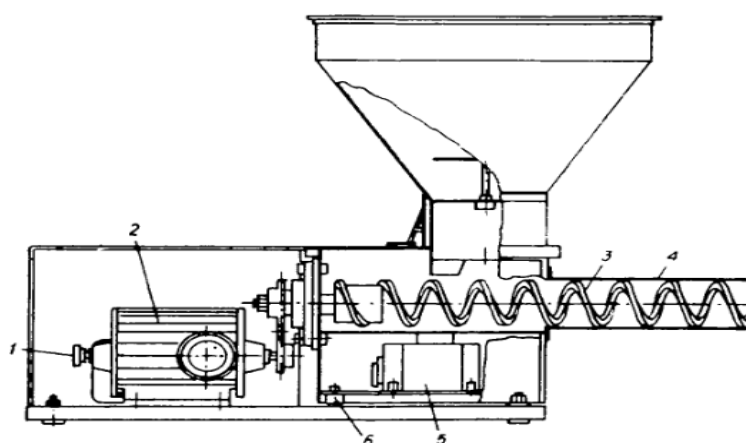


Рисунок 15 – Шнековый вибродозатор

1 - ременной зубчатый шкив; 2 - управляемый редуктор; 3 - шнек с ленточной спиралью; 4 - корпус шнека; 5 - вибродвигатель; 6 - виброэлемент.

В первых моделях направление амплитуды колебаний проходило примерно под углом 45° к оси шнека, позднее колебания были направлены в основном перпендикулярно к оси шнека, чтобы исключить влияние вибрации на к. п. д. транспортировки и тем самым на производительность. Особенно при небольших частотах вращения колебания в направлении оси шнека вызвали бы вибрационную подачу, в результате которой искажалась бы обусловленная

вращением шнека производительность и ухудшалась бы точность дозирования[3].

1.7 Патентный обзор

Патентный обзор проводится для того, чтобы получить признание рынка для нового устройства, необходимо определить требования и тенденции рынка, оценивая то, что разработали конкуренты. Патентные исследования играют большую роль в обеспечении высокой конкурентоспособности в машиностроительном секторе. Этот обзор патентов также необходим, чтобы помочь конструктору в принятии решений в процессе создания, разработки и продажи продукта.

1.7.1 Шнековый дозатор (патент № 1064144)

Авторами данного патента указано что, данный шнековый дозатор, содержит бункер, шнек с приводом и кожухом, ворошитель бункера, отличающийся тем, что, с целью повышения точности дозирования, в него введены ворошитель кожуха и консусная заглушка.

Шнек выполнен полым с входным и выходным отверстиями и установлен вертикально, причем кожух герметично соединен с основанием консусной заглушки, установленной под входным отверстием шнека, а ворошитель кожуха жестко соединен с торцовой поверхностью шнека и кольцевого сечения между внутренней поверхностью кожуха и шнеком равны между собой.

Изобретение относится к устройствам для дозирования сыпучих сред и может быть использовано в металлургической, горнорудной и других отраслях промышленности.

Недостатками указанного устройства являются сложность конструкции и низкая точность дозирования, обусловленная пульсацией расхода материала, создаваемыми ворошителем бункера.

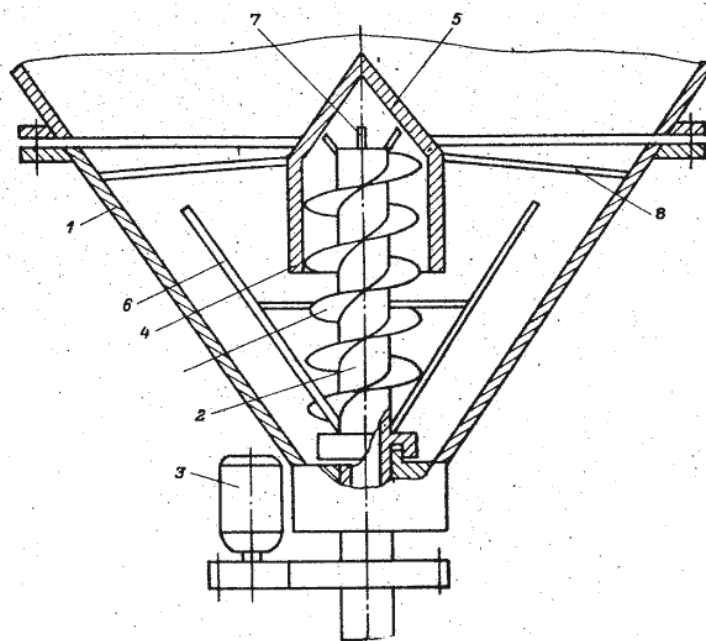


Рисунок 16 – Шнековый дозатор

На рисунке 16 изображен шнековый дозатор. Устройство состоит из бункера 1, в котором вертикально установлен полый шнек 2 с входным и выходными отверстиями и с приводом 3, кожухом 4 с конусной заглушкой 5, ворошителя 6 бункера, ворошителя кожуха 7, жестко соединенного с торцом шнека 2, растяжек 8, жестко соединенных кожухом шнека и внутренней стенкой бункера.

Дозатор работает следующим образом:

При включении привода 3, обеспечивающего вращение шнека 2, материал перемещается вверх по длине шнека 2 и кожуха 7, перемещиваться в зоне конусной заглушки 5 ворошителем 6 и сыпается в входное отверстие шнека 2.

Повышение точности дозирования достигается за счет вертикального расположения полого шнека, в этом случае материал за счет собственного веса уплотняется по длине шнека [6].

1.7.2 Шнековый дозатор сыпучих материалов (патент №131365)

Данная модель относится к устройствам для дозирования сыпучих материалов и может быть использована в пищевой, сельскохозяйственной и других отраслях промышленности.

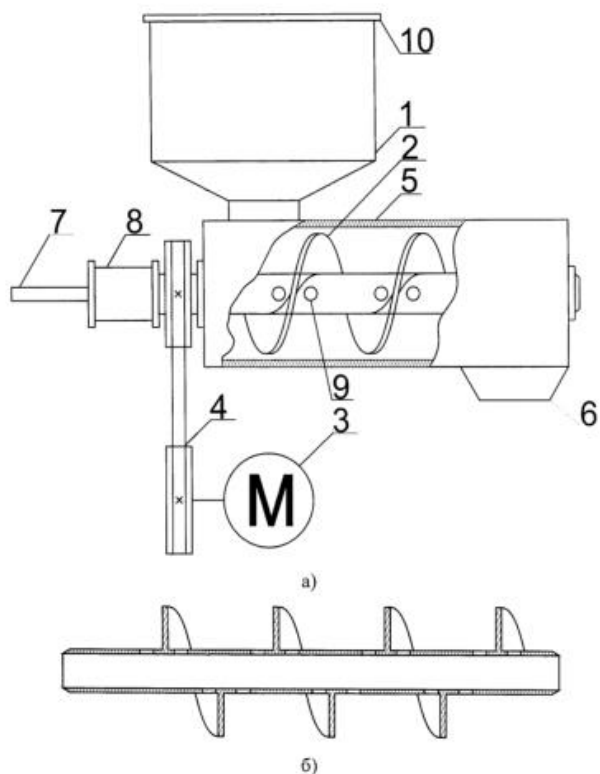


Рисунок 17 – Шнековый дозатор сыпучих материалов
 а) схема дозатора б) полый шнек (продольный разрез)

Шнековый дозатор для сыпучих материалов содержит загрузочный бункер 1, полый шнек 2, привод дозатора, включающий двигатель 3 и ременную передачу 4, корпус 5, разгрузочное отверстие корпуса 6, пневмолинию 7, сальниковый узел 8, полый шнек снабжен сквозными отверстиями 9, загрузочный бункер запирается крышкой 10. Дозируемый материал поступает в загрузочный бункер 1 и попадает на витки шнека 2, приводимого во вращение двигателем 3 посредством ременной передачи 4. Материал транспортируется вдоль неподвижного корпуса 5 и выводится через разгрузочное отверстие 6. В процессе дозирования сжатый воздух из пневмолинии 7 подводится через сальниковый узел 8 в полый шнек. Сжатый воздух поступает во внутренний объем дозатора через сквозные отверстия 9, придавая сыпучему материалу свойство «псевдотекучести». Таким образом, формируется «псевдооживленная» среда, которая легко транспортируется вдоль корпуса за счет снижения сил трения. При этом наблюдается значительное снижение количества перемалываемого материала. Частицы размолотого

материала выводятся из дозатора через разгрузочное отверстие в виде пылевоздушной смеси. Благодаря выводу перемолотого материала практически исключается его уплотнение и сводообразование.

Недостатком указанной конструкции является перемалывание части дозируемого материала с последующим его уплотнением и сводообразованием на рабочих поверхностях дозатора.

Наиболее близким к полезной модели является дозатор с вертикально расположенным шнеком, в состав которого входят:

- загрузочный бункер;
- загрузочный патрубок;
- крышка бункера;
- шнек;
- привод шнека;
- пневмоимпульсное устройство, состоящее из быстродействующего затвора, соединенного одной стороной с ресивером, а другой стороной со стволом;
- выходной патрубок загрузочного бункера;
- запирающая тарелка;
- приемная воронка;
- датчик уровня материала.

Отличительной особенностью является то, что дозатор дополнительно снабжен пневмоимпульсным устройством, для придания свойства «псевдотекучести» материалу. Недостатком указанной модели является то, что «псевдооживление» материала создается только в загрузочном бункере у лопастей шнека, т.е. носит локальный характер[7].

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является процесс дозирования нефтяных шламов в реактор термолиза.

Предметом исследования являются конструктивные особенности шнекового дозатора.

Цели проводимой работы

Создание и исследование вертикального шнекового дозатора производительностью 1000 кг/ч, для дозирования нефтяных шламов в реактор термолиза.

Основное содержание работы

Создание и анализ математической модели с целью исследования работы шнекового дозатора и выявление оптимальных параметров узлов дозатора для бесперебойной работы требуемой производительности.

Методы исследования

В качестве метода исследования выбран расчетный метод. Этот метод включает в себя теоретическое исследование, что позволяет точно оценивать и анализировать полученные данные.

Расчетный метод будем использовать, как в ключе расчетов, производимых вручную, так и в математических программах.

Постановка задачи

- Литературный обзор дозаторов;
- Рассмотреть стандартные конструкции современных шнековых дозаторов: функционал, особенности движения составных частей конструкции;
- Рассмотреть предложения рынка современных дозаторов, выявить достоинства и недостатки;
- Разработка технического задания на выполнение научно-исследовательской работы;
- Разработка принципиальной схемы шнекового дозатора для нефтяного шлама.
- Разработка конструкции шнекового дозатора нефтяного шлама.

- Построение математической модели шнекового дозатора нефтяного шлама.
- Теоретическое исследование характеристик шнекового дозатора при различных параметрах нефтяного шлама.
- Сравнительный анализ теоретических исследований шнекового дозатора нефтяного шлама.

Основной целью этого исследования было повышение производительности шнекового дозатора. Производительность дозатора связана с качеством нефтяных шламов, производительностью мотор-редуктора, скоростью, с которой достигается дозирование.

Описание использованного программного обеспечения

Для проведения исследований использовались программные пакеты такие как Matlab и SolidWorks.

Разработка математической модели шнекового дозатора и ее теоретическое исследование проводились в программном пакете Matlab.

Разработка твердотельной модели с помощью программной обеспечений SolidWorks 2016, по разработанной математической модели, и её дальнейшие исследования проводились в SolidWorks Simulation.

3 Расчет и аналитика

3.1 Описание принципа работы шнекового дозатора

Техническое задание на данную работу приведена в приложении Б.

Патентные исследования не показали вариантов шнековых дозаторов, таких как вариант, разработанный в этой работе, где для подачи нефтяного шлама в реактор термоллиза используется шнековый дозатор.

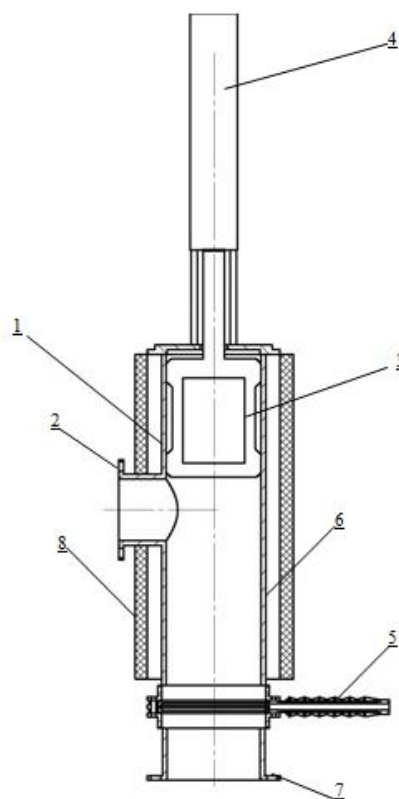


Рисунок 18 – Компонентная схема шнекового дозатора вертикального типа
1 – Корпус; 2 – Патрубок подачи; 3 – механизм дозирования; 4 – Привод; 5 – Шибберный механизм; 6 – Рубашка обогрева; 7 – Патрубок выгрузки; 8 – Теплоизоляция

Нефтешлам через входной патрубок (1) поступает в нижнюю часть корпуса (2) узла дозирования. Нефтешлам по мере заполнения корпуса поступает к байпасному клапану, соединенному с узлом загрузки. В корпусе установлен подающий винт (3), который вращаясь с частотой 47 об/мин перемещает материал к выходному патрубку (4). Выходной патрубок предназначен для удаления нефтешлама из узла дозирования в реактор. На входном, выходном и байпасном патрубках установлены шибберные

здвижки(6). Через открытую шиберную задвижку входного патрубка нефтешлам поступает в корпус узла дозирования. При этом шиберная задвижка байпасного патрубка должна быть открыта. Происходит наполнение узла дозирования нефтешламами, излишек нефтешламов отправляется обратно в узел загрузки. После этого закрываются шиберные задвижки входного и байпасного патрубков, открывается шиберная задвижка выходного патрубка и включается привод (7) подающего винта. Вращение подающего винта (шнека) обеспечивает привод состоящий из мотор-редуктора, установленного на ось подающего винта. Для уменьшения тепловых потерь в окружающую среду узел дозирования снабжен теплоизоляцией (8).

3.2 Определение диаметра винта шнека

Диаметр винта шнека определяем по формуле 1[8].

$$D_s = 0,275_3 \sqrt{\frac{Q}{k_D n_s \psi \rho k_\beta}} \quad (1)$$

где Q – производительность, т/ч;

k_D – отношение шага винта к диаметру винта:

– для абразивных материалов $k_D = 0,8$,

– для неабразивных $k_D = 1,0$;

n_s – скорость вращения винта, об/мин;

ψ – коэффициент заполнения желоба (таблица 5);

ρ – плотность материала, т/м³;

k_β – коэффициент уменьшения производительности в зависимости от угла наклона дозатора (таблица 4).

С учетом неравномерности подачи $K = 1,2$ расчетная производительность:

$$Q_p = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \quad (2)$$

Предварительно принимаем по ГОСТ 2037 – 82 скорость вращения винта $n_s = 47,5$

$$D_{\epsilon} = 0,275 \sqrt[3]{\frac{1,2}{0,8 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 \cdot 1}} = 0,155 \text{ м};$$

Наружный диаметр винта должен быть согласован с данными таблицы 3.

Таблица 3 – Диаметр и шаг винта шнекового дозатора

Диаметр, мм		100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
Шаг, мм	Для сыпучих материалов	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
	Для вязких материалов	80	100	125	160	200	250	320	400	500	650

Принимаем: диаметр $D_{\epsilon} = 160$ мм;

На производительность шнекового дозатора оказывают влияние коэффициент трения материала о поверхность винта f_{ϵ} отношение шага винта к его диаметру $\epsilon = \frac{S}{D_{\epsilon}}$, тип винта и др. Установлено, что с увеличением коэффициента трения f_{ϵ} производительность уменьшается.

Между шагом S и диаметром D_{ϵ} винта установлена прямая пропорциональная зависимость.

$$S = \epsilon \cdot D_{\epsilon} \text{ или } \epsilon = \frac{S}{D_{\epsilon}} \quad (3)$$

Величина ϵ колеблется в пределах $\epsilon = 0,6 \div 1,2$ и назначается с учетом вида транспортируемого материала.

В практике проектирования большая величина шага винта рекомендуется при горизонтальных конвейерах или при перемещении легких сыпучих материалов. В этих случаях принимают $\epsilon = 0,75$.

Для наклонных конвейеров или при дозировании тяжелых (вязких) материалов, для материалов сильно истирающих поверхность, для большей равномерности перемещения материала шаг винта выбирают меньше и обычно принимают $\epsilon = 0,5 \div 0,7$.

Коэффициент наполнения желоба представляет собой отношение площади поперечного сечения потока материала F_{nom} к площади торцевой проекция винта $f_{\epsilon} \psi = \frac{F_{nom}}{F_{\epsilon}}$.

Слишком большое наполнение увеличивает трение между материалом и винтом. А также увеличивается опасность закупорки шнека и образование пробок из материала. С учетом этих и других факторов величину ψ принимают в пределах $0,125 \div 0,4$ в зависимости от рода перемещаемого материала[9].

Таблица 4— Значения коэффициента уменьшения производительности k_{β} в зависимости от угла наклона

β^*	0	5	10	15	20
k_{β}	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Для вертикальных дозаторов коэффициент k_{β} принимают 1[10].

Математическую проверку диаметра винта можно произвести по соотношению:

$$D_{\epsilon} \geq (4 \div 6) \alpha_{\max}, \text{ м}$$

где α_{\max} — максимальный размер посторонних включений.

$$160 \text{ мм} \geq 180 \text{ мм}$$

Условие работоспособности шнека по диаметру не выполняется, так как максимальный размер посторонних включений в нефтешламе не более 30 мм.

3.3 Расчет производительности

Проверка производительности шнекового дозатора осуществляется по следующей формуле 4 [11].

$$Q = 1,5\pi \cdot D_{\epsilon}^2 \cdot S \cdot n_{\epsilon} \cdot \psi \cdot \rho, \text{ т/ч} \quad (4)$$

где S — шаг винта, м;

D_{ϵ} — диаметр винта, м;

n_{ϵ} — частота вращения винта, об/мин;

ρ — плотность материала, т/м³;

ψ – коэффициент заполнения желоба (таблица 5).

$$Q = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,160^2 \cdot 0,125 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 = 0,12 \text{ т/ч}$$

Таблица 5 – Значения коэффициента заполнения желоба и коэффициента сопротивления передвижению груза[12].

Группа грузов	A	ψ	ω
Легкие неабразивные	65	0,4	1,2
Легкие малоабразивные	50	0,32	1,6
Тяжелые малоабразивные	45	0,25	2,5
Тяжелые абразивные	30	0,125	4,0

При проверке фактической производительности по формуле (4) дозатор также не обеспечивает требуемый результат. В связи с этим воспользуемся методом, применяемым А. М. Григорьевым[10].

Диаметр шнека выбираем, ориентируясь на существующие конструкции шнековых дозаторов из таблицы 3.

Принимаем диаметр шнека 320 мм, шаг 250 мм.

$$Q = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,320^2 \cdot 0,250 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 = 1,002288 \text{ т/ч}$$

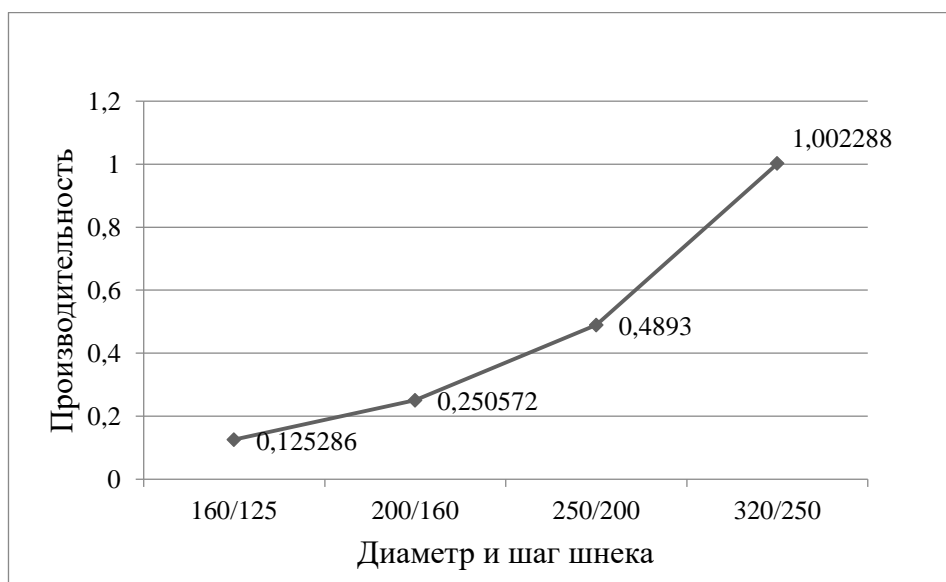


График 1 – Производительность шнекового дозатора при заданных параметрах

Частота вращения винта оказывает существенное влияние на работу шнека. С повышением частоты вращения увеличивается скорость перемещения материала на конвейере и возрастает производительность шнека.

При проектировании шнека частоту вращения винта назначают в зависимости от вида транспортируемого материала и его свойств, диаметра и шага винта, принятого коэффициента заполнения шнека. В общем случае допустимая частота вращения винта тем больше, чем меньше насыпная плотность и абразивные свойства транспортируемого материала и чем меньше диаметр винта.

Для нормальной работы шнека необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$n_e \leq n_{\max},$$

где n_e – принятая рабочая частота вращения винта; n_{\max} – максимально допустимая частота вращения винта, определяемая по приближенным соотношениям.

для мелких неабразивных материалов:

$$n_{\max} = \frac{60}{\sqrt{D_e}} \quad (5)$$

$$n_{\max} = \frac{60}{\sqrt{D_e}} = \frac{60}{\sqrt{0,320}} = 106,08 \text{ об/мин}$$

для тяжелых неабразивных материалов:

$$n_{\max} = \frac{45}{\sqrt{D_e}} \quad (6)$$

$$n_{\max} = \frac{45}{\sqrt{D_e}} = \frac{45}{\sqrt{0,320}} = 79,56 \text{ об/мин}$$

для тяжелых абразивных материалов:

$$n_{\max} = \frac{30}{\sqrt{D_e}} \quad (7)$$

$$n_{\max} = \frac{30}{\sqrt{D_e}} = \frac{30}{\sqrt{0,320}} = 53,04 \text{ об/мин}$$

где D_e – диаметр шнека, м.

Условие работоспособности шнека по частоте вращения выполняется:

$$n_e = 47,5 \leq n_{\max} = 53,04 \text{ об/мин}$$

3.4 Определение диаметра вала шнека

Следующим пунктом рассчитываем диаметр вала шнека по формуле (8):

$$d = 35 + 0,1 \cdot D_6 \quad (8)$$

где D_6 – диаметр винта шнекового дозатора, мм.

Подставив в формулу (8) исходные данные получим:

$$d = 35 + 0,1 \cdot 320 = 67 \text{ мм}$$

Согласно ГОСТ 10704 – 91 примем близкую по размерам прямошовную электросварную из стали трубу – 70 × 8.

Согласно вышеуказанному ГОСТ 10704 – 91, труба имеет наружный диаметр $d = 70$ мм, толщину стенки трубы $s = 8$ мм.

3.5 Определение параметров пера шнекового дозатора

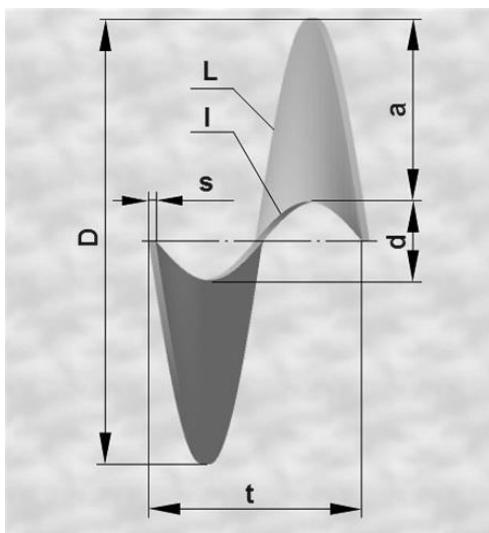


Рисунок 19 – Виток шнека

Рассмотрим виток шнека:

Длина наружной винтовой линии витка шнека по теореме Пифагора:

$$L = \sqrt{(\pi \cdot D_6)^2 + t^2} \quad (9)$$
$$L = \sqrt{(3,14 \cdot 320)^2 + 250^2} = 1035,928 \text{ мм}$$

Аналогично длина внутренней винтовой линии витка шнека:

$$l = \sqrt{(\pi \cdot d_6)^2 + t^2} \quad (10)$$
$$l = \sqrt{(3,14 \cdot 70)^2 + 250^2} = 332,958 \text{ мм}$$

Высота витка шнека:

$$a = \frac{D_0 - d_0}{2} \quad (11)$$

$$a = \frac{320 - 70}{2} = 125 \text{ мм}$$

Перейдем к рассмотрению развертки витка шнека.

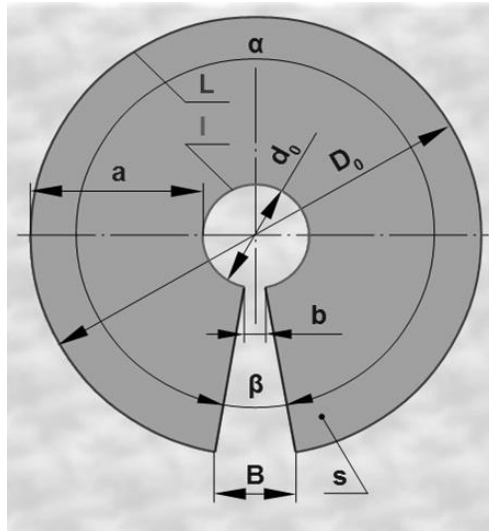


Рисунок 20 – Развертка витка шнека

Три следующих формулы отражают зависимости между пространственным витком и плоской разверткой. (Углы в расчетах – в радианах).

Длина наружной дуги заготовки должна быть равна длине наружной винтовой линии витка:

$$L = \frac{\alpha \cdot D_0}{2} \quad (12)$$

Длина внутренней дуги заготовки должна быть равна длине внутренней винтовой линии витка шнека:

$$l = \frac{\alpha \cdot d_0}{2} \quad (13)$$

Ширина кольцевого сектора заготовки должна быть равна высоте витка шнека:

$$a = \frac{D_0 - d_0}{2} \quad (14)$$

Вычтем уравнение (13) из выражения (12), заменим часть выражения зависимостью (14) и выразим угол кольцевого тела развертки:

$$L - l = \alpha \frac{D_0 - d_0}{2} = \alpha \cdot a$$

$$\alpha = \frac{L - l}{a} \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{1035,928 - 332,958}{125} = 5,62 \text{ рад.}$$

Зная угол α из выражений (12) и (13) находим диаметры развертки:

$$D_0 = \frac{2 \cdot L}{\alpha} \quad (16)$$

$$D_0 = \frac{2 \cdot 1035,928}{5,62} = 368,4 \text{ мм}$$

$$d_0 = \frac{2 \cdot l}{\alpha} \quad (17)$$

$$d_0 = \frac{2 \cdot 332,95}{5,62} = 118,4 \text{ мм}$$

Угол выреза в развертке:

$$\beta = 2 \cdot \pi - \alpha \quad (18)$$

$$\beta = 2 \cdot 3,14 - 5,62 = 0,66 \text{ рад.}$$

Размер вырезов по наружному и внутреннему диаметрам развертки:

$$B = D_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (19)$$

$$B = 368,4 \cdot \sin\left(\frac{0,66}{2}\right) = 119,281 \text{ мм}$$

$$b = d_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (20)$$

$$b = 118,4 \cdot \sin\left(\frac{0,66}{2}\right) = 38,33 \text{ мм}$$

В заключение для справки вычислим массу заготовки витка шнека:

$$G = \frac{s_3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_0^2)}{(2 \cdot \pi) \cdot \alpha \cdot \rho_m} \quad (21)$$

где s_3 – толщина листа заготовки витка шнека, мм;

ρ_m – плотность материала заготовки, г/мм³.

$$G = \frac{6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (1035,92^2 - 118,4^2)}{(2 \cdot 3,14) \cdot 5,62 \cdot 0,0078} = 4003,993 \text{ г}$$

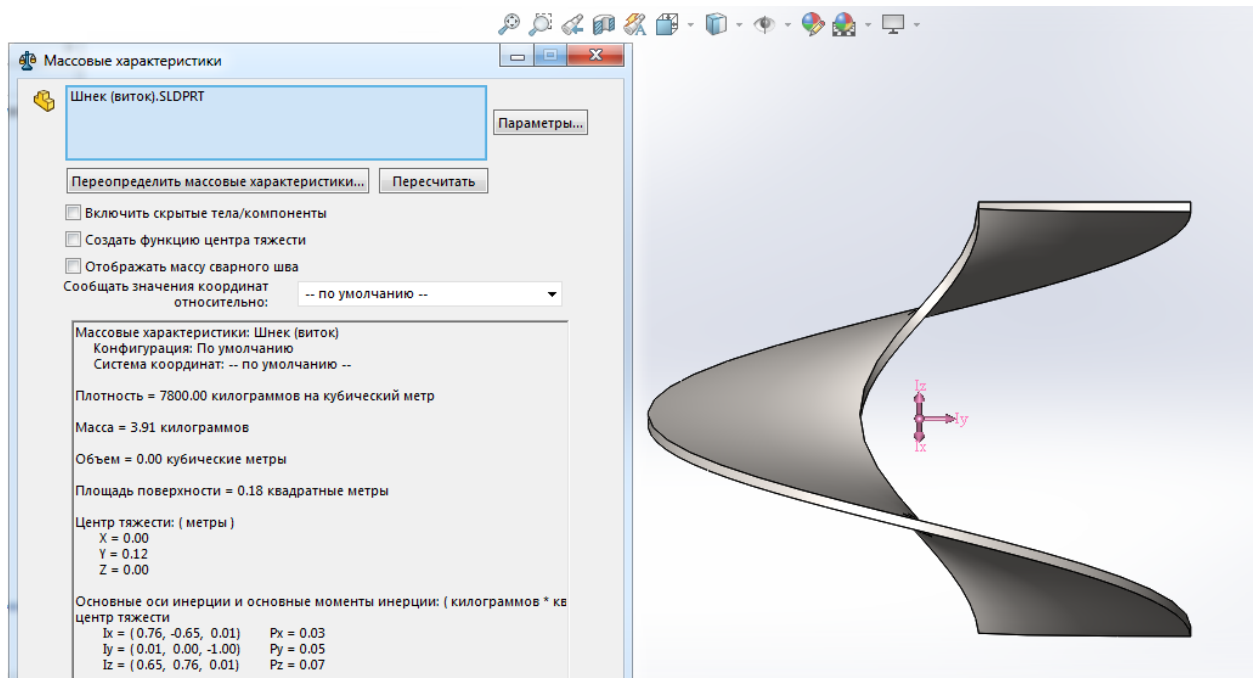


Рисунок 21 – Массовые характеристики витка шнека

3.6 Определение скорости транспортированного материала:

$$V = \frac{S n_e}{60} \quad (22)$$

где S – то же что и в формуле (7)

$$V = \frac{0,250 \cdot 47,5}{60} = 0,1979 \text{ м/с}$$

Осевая скорость движения груза:

$$v = D_e \cdot n_e \quad (23)$$

$$v = 0,320 \cdot 47,5 = 15,2 \text{ м/мин} = 0,2533 \text{ м/с}$$

3.7 Определение диаметра обечайки

С учетом подсчитанного диаметра винта $D_e = 320$ мм, принимаем диаметр обечайки, в котором будет располагаться шнек. Номинальный зазор между винтом и желобом для пастообразных материалов должен составлять 3 – 5 мм:

$$D_{об} = (3 \div 5) + D_с \quad (24)$$

Подставив, исходные данные в формулу получим:

$$D_{об} = 5 + 320 = 325 \text{ мм}$$

3.8 Определение мощности двигателя для привода шнекового дозатора

По каталогу выбираем электродвигатель типа АИР132М4 мощностью $P_{эл}=11$ кВт, номинальная частота вращения $n_c=1450$ об/мин[13].

Момент на валу шнека определяется по формуле 25:

$$M_2 = M_1 \cdot u_p \cdot \eta \quad (25)$$

где M_1 – номинальный крутящий момент электродвигателя;

u_p – передаточное отношение редуктора

M_2 – крутящий момент на валу шнека.

$M_1 = 72,4$ Нм[13].

$$M_2 = M_1 \cdot u \cdot \eta = 72,4 \cdot 30,52 \cdot 0,7722 = 1766,7 \text{ Нм}$$

Передаточное отношение редуктора определяем по следующей формуле:

$$u_p = \frac{n_{дв}}{n_с} \quad (26)$$

где $n_{дв}$ – номинальная частота вращения электродвигателя;

$n_с$ – частота вращения шнека.

$$u_p = \frac{n_{дв}}{n_с} = \frac{1450}{47,5} = 30,52$$

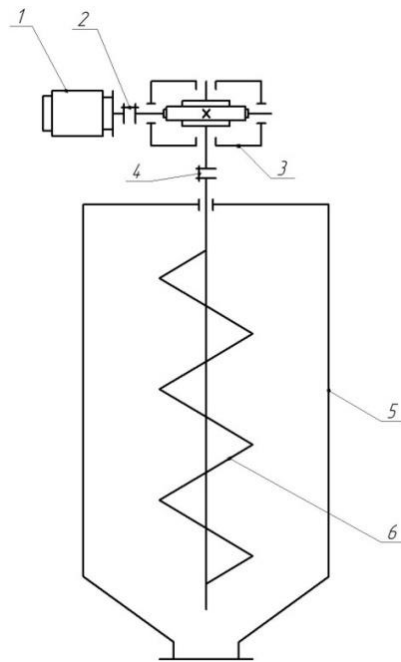


Рисунок 22– Кинематическая схема

1 – электродвигатель, 2,4 – глухое жесткое соединение двух соосных валов, 3 – червячный редуктор, 5 – корпус, 6 – шнек.

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,995 \cdot 0,995^2 \cdot 0,8 \cdot 0,98 = 0,7722$$

где, η_1 : одна пара подшипников = 0,995;

η_2 : две пары подшипников = 0,995²;

η_3 : втулки = 0,8;

η_4 –КПД червячной передачи;

$$M_2 = M_1 \cdot u \cdot \eta = 72,4 \cdot 30,52 \cdot 0,7722 = 1766,7 \text{ Нм}$$

Важнейшим критерием работоспособности деталей машин является прочность. Наиболее распространенным методом оценки прочности является сравнение рабочих и допускаемых напряжений. Условия прочности выражается[14]:

$$\tau \leq [\tau]$$

где τ и $[\tau]$ – рабочее и допускаемое касательные напряжения.

Геометрические характеристики жесткости и прочности для ходов сечений при кручении[15]:

$$\tau = \frac{M_2}{W_k} \leq [\tau] \quad (27)$$

где W_k – момент сопротивления при кручении;

M_2 – крутящий момент на валу шнека;

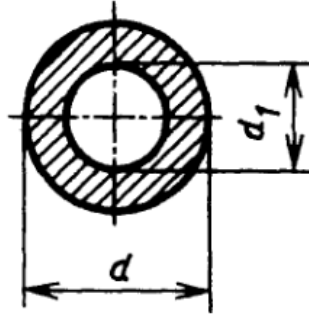


Рисунок 23 – Труба шнека

$$W_k = W_p \approx 0,2 \cdot d^3 (1 - \alpha^4) \quad (28)$$

$$\frac{d_1}{d} = \alpha \quad (29)$$

где d_1 – внутренний диаметр трубы;

d – внешний диаметр трубы.

$$\alpha = \frac{0,054}{0,07} = 0,7714$$

$$W_k = 0,2 \cdot 0,07^3 (1 - 0,7714^4) = 4,431 \cdot 10^{-5}$$

$$\tau = \frac{1766,7}{4,431 \cdot 10^{-5}} = 39,87 \text{ МПа}$$

Допускаемые напряжения для стали 45 при кручении $\tau_{кр} = 105 \text{ МПа}$ [15].

$$k = \frac{105}{39,87} = 2,69$$

Коэффициент запаса прочности $k = 2,69$

Таблица 6–Зависимость параметров дозатора от плотности

№ п/п	Плотность нефтяного шлама (т/м ³)	Частота вращения шнека, (об/мин)	Масса одного витка (г)	Скорость транспорти ровки материала (м/с)	Осевая скорость движения груза (м/с)	Диаметр шнека, (мм)	Шаг витка, (мм)
1	0,8	23,6	2117,8	0,073	0,092	235	188
2	1	30	1530,5	0,081	0,101	202	161,6
3	1,2	37,5	1152,5	0,088	0,111	177	141,6
4	1,4	47,5	860,1	0,098	0,122	155	124

По расчетным данным разработана конструкция вертикального шнекового дозатора.

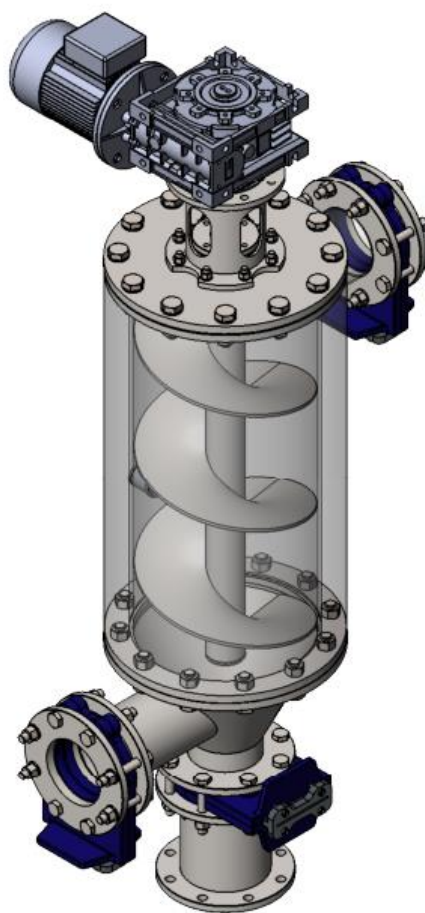


Рисунок 24 – 3D модель вертикального шнекового дозатора

Таблица 7 –Технические характеристики

Наименование характеристики	Единица измерения	Значение характеристики
Производительность	кг/час	не более 1000
Размер твердых включений	мм	до 30
Плотность исходного сырья	кг/м ³	800-1400
Мощность привода	кВт	11
Частота вращения шнека	об/мин	47,5
Габаритные размеры		
Длина	мм	1065
Ширина	мм	823
Высота	мм	1753
Масса	кг	212,6

Чтобы определить, выдержит ли вал нагрузки вызванным воздействием крутящего момента, было предложено статическое моделирование исследование в соответствии с критериями оценки напряжений с Von Mises.

На рисунке 25 показаны результаты моделирования, полученные в программном обеспечении SolidWorks Simulation:

Статический анализ узловое напряжение на валу

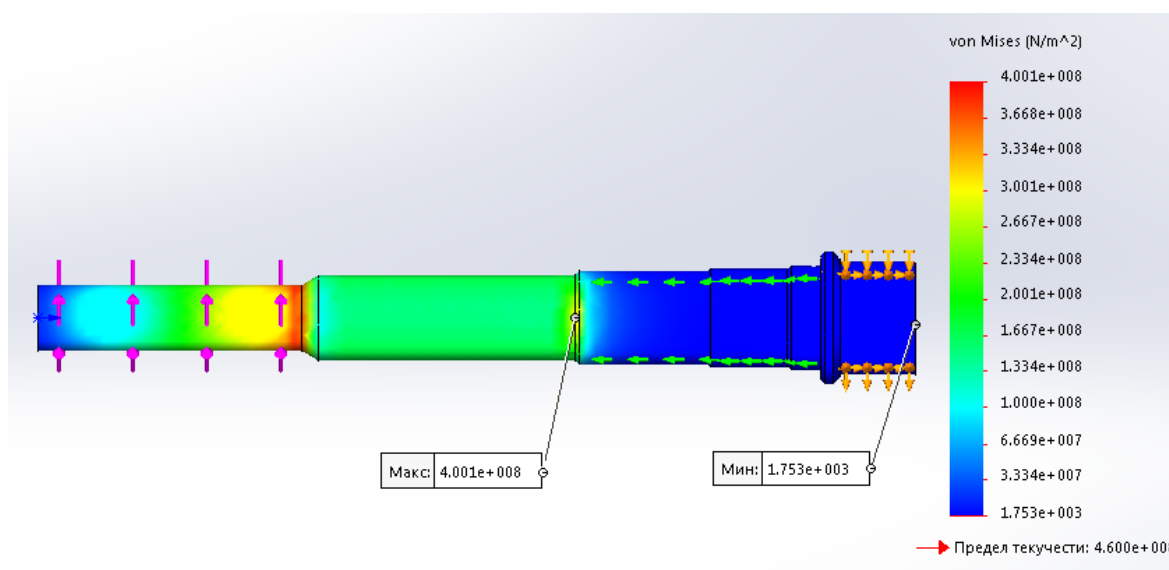


Рисунок 25 – Результаты анализа напряжений

Критерии оценки результата следующие:

$$\sigma_{von\ Mises\ max} \leq \sigma_n$$

где σ_n – предел текучести выбранного материала.

Предел текучести выбранного материала равен: $4,600^8 \text{ Н/м}^2$.

На рисунке 25 видно, что наибольшее полученное напряжение составляло $4,001^8 \text{ Н/м}^2$.

Таким образом,

$$4,001^8 \text{ Н/м}^2 \leq 4,600^8 \text{ Н/м}^2$$

Поэтому можно сделать вывод, что максимальное напряжение, полученное при анализе вала ниже предельного текучести материала, следовательно, результат представляет запас прочности.

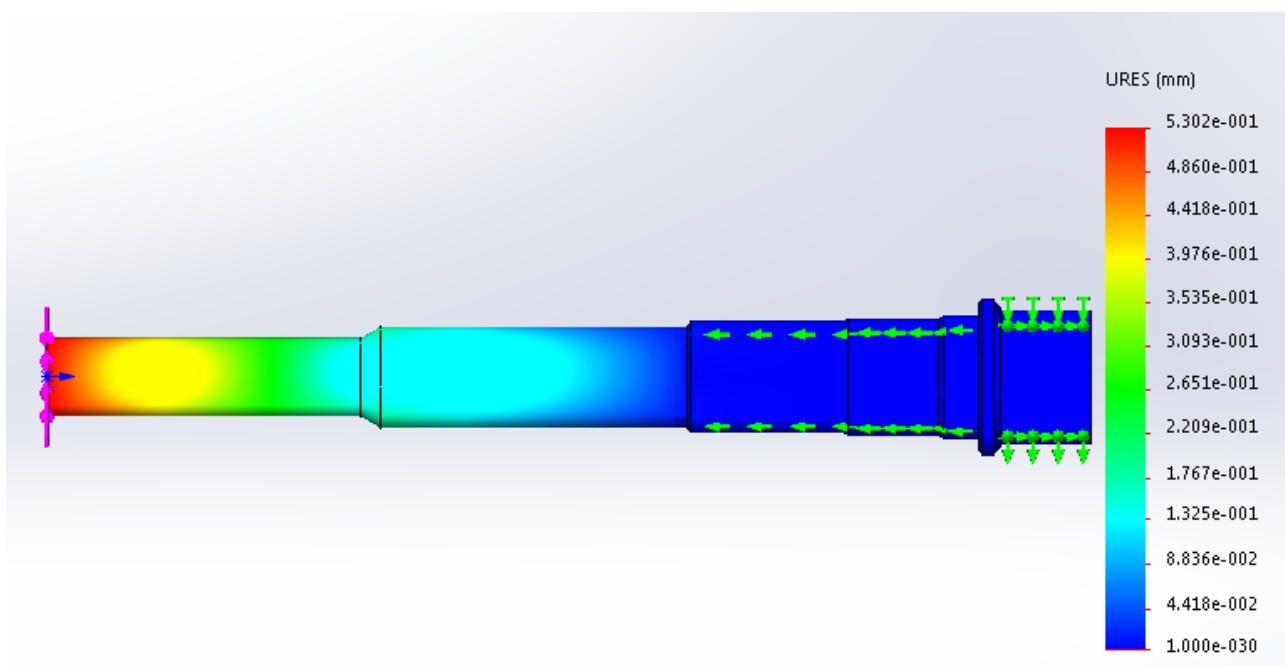


Рисунок 26 – Результаты анализа перемещения

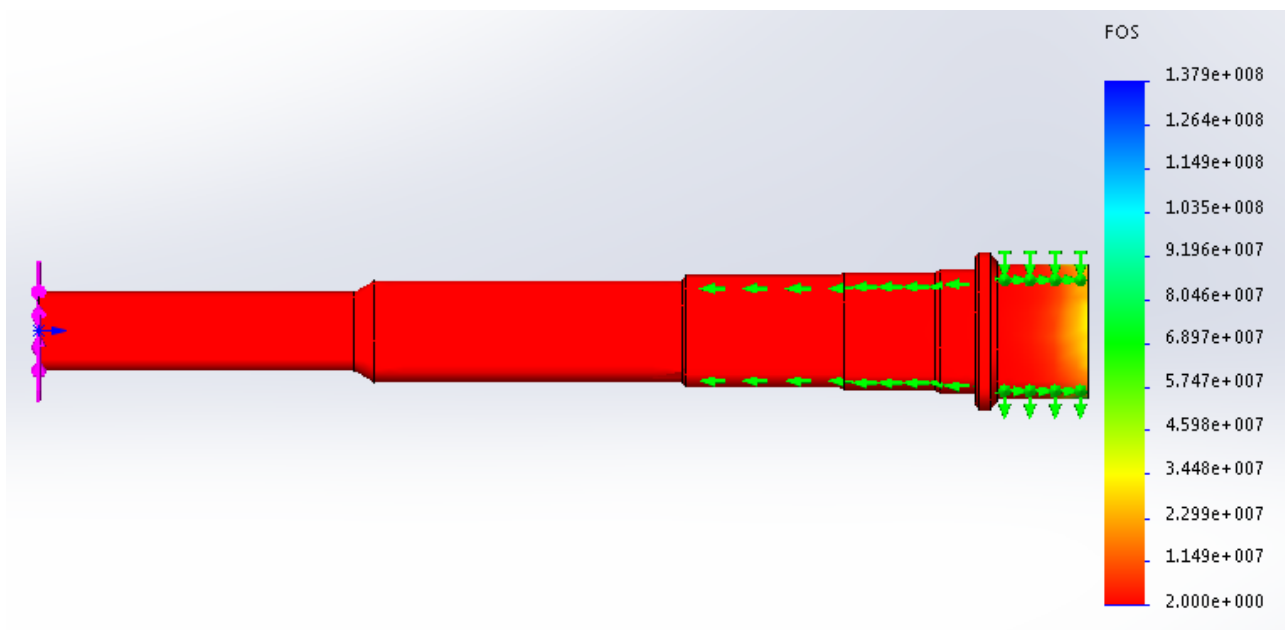


Рисунок 27 – Запас прочности

На рисунке 27 показаны результаты запаса прочности, полученные в программном обеспечении SolidWorks.

Проведем статический анализ шнека на прочность. Предположим, что шнек должен выдерживать вес нефтяного шлама $\sim 569,73$ кг.

Параметр испытаний:

Крутящий момент: 1766,7 Нм.

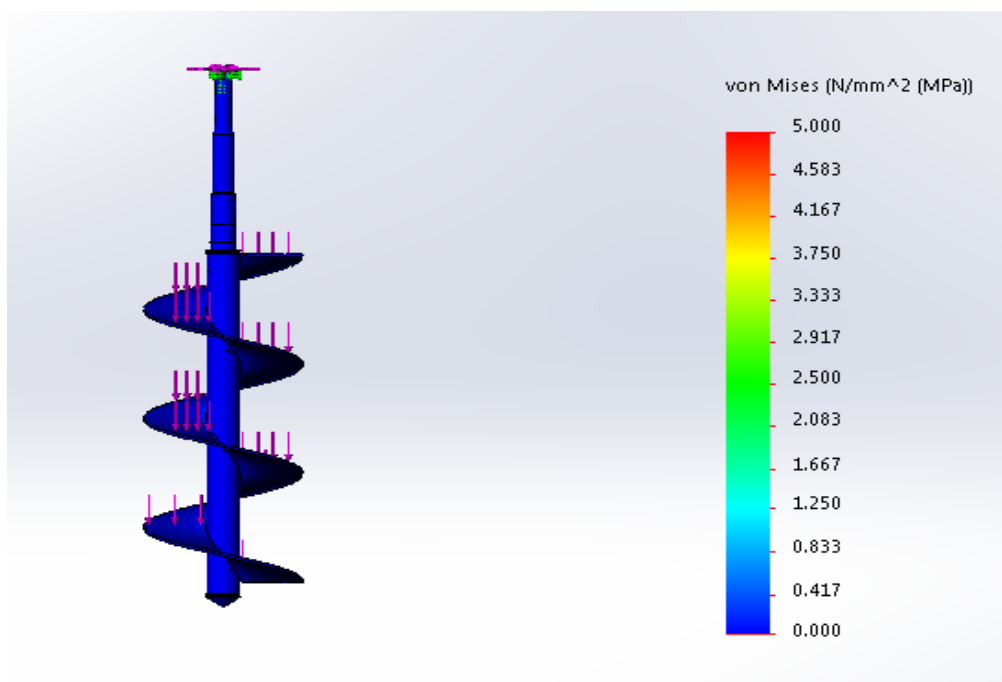


Рисунок 28 – Результаты анализа напряжения

Из испытаний видно, что максимальное напряжение 5 Н/мм^2 , при текущем пределе текучести $4,600^8 \text{ Н/м}^2$. Следовательно, шнек выдержит данную нагрузку.

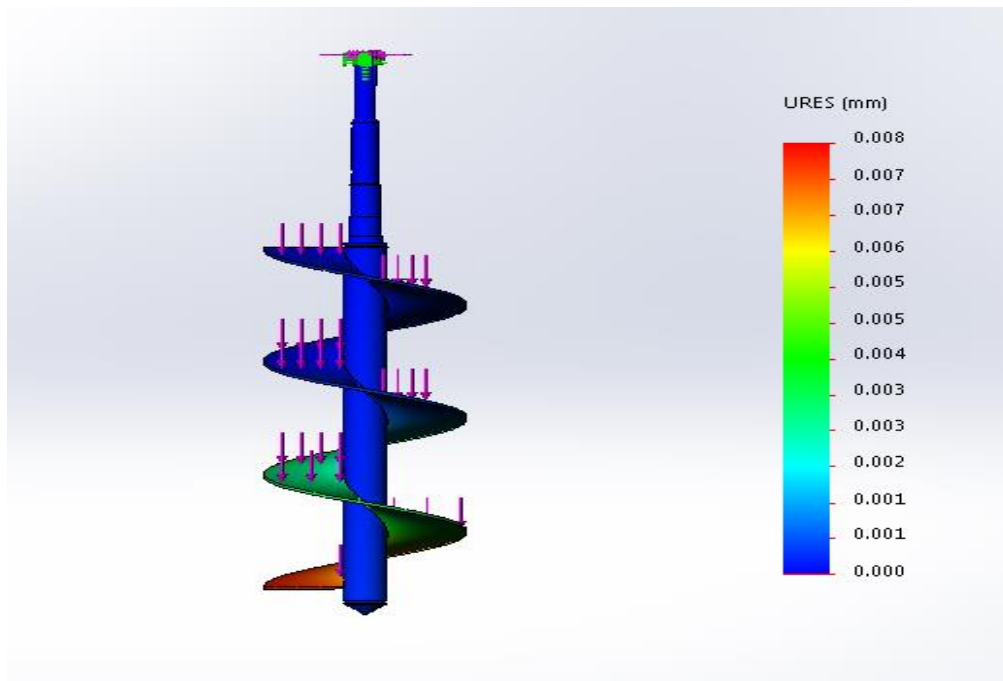


Рисунок 29 – Результаты анализа перемещения

Из испытаний видно, что максимальное перемещение будет приходиться на нижний виток шнека, величиной – $0,008 \text{ мм}$. Эта величина является относительно небольшим значением, значит, шнек выдержит данную нагрузку.

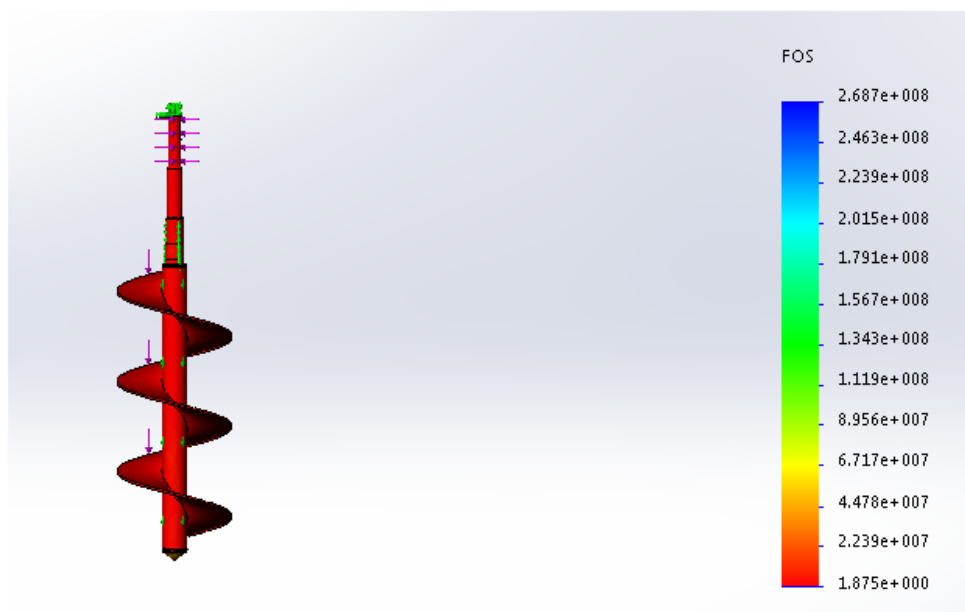


Рисунок 30 – Запас прочности

3.9 Математическая модель шнекового дозатора

Одной из задач данной выпускной работы является исследование динамики вертикального шнекового дозатора.

Цель работы:

Провести исследование динамики шнекового дозатора в среде Matlabи Simulink. Получить модель с оптимальными параметрами.

Для достижения поставленной цели работы необходимо решить следующие задачи:

- построить математическую модель шнекового дозатора в среде Matlab;
- построить структурную схему для шнекового дозатора в среде Simulink;
- проанализировать результаты и определить оптимальные параметры.

Составим расчетную схему трехмассовой динамической системы шнекового дозатора вертикального типа.

Пронумерованным массам соответствуют части шнекового дозатора:

- m_1 : масса электродвигателя;
- m_2 : масса шнека;
- m_3 : масса корпуса дозатора.

Пронумерованным пружинам соответствуют следующие соединения шнекового дозатора:

- c_1 : жесткость вала;
- c_2 : жесткость деталей (втулка, прижим, бобышка, крепежи);
- c_3 : суммарная жесткость элементов крепления.

Пронумерованным демпферам соответствуют следующие соединения шнекового дозатора:

- h_1 : трение вала;
- h_2 : трение подшипника;
- h_3 : трение элементов в болтовых соединениях и демпфирование.

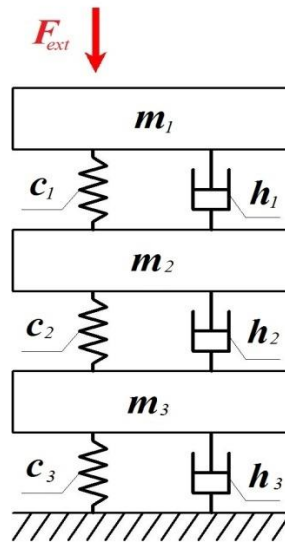


Рисунок 31 – Расчетная схема шнекового дозатора

3.9.1 Составление системы уравнений

Расстановка сил

Выберем направление и расставим силы, действующие на тело в системе:

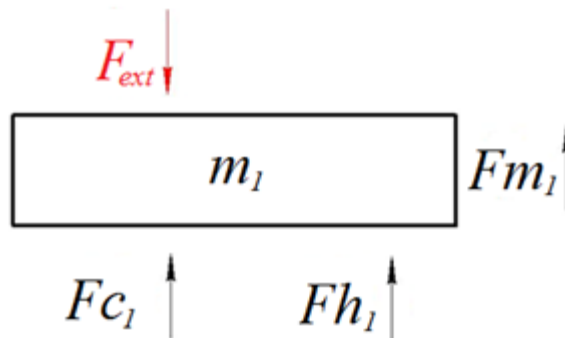


Рисунок32 – Схема расстановки сил на первое тело(силы, действующие на электродвигатель)

На электродвигательс массой m_1 действует внешняя сила F_{ext} направленная вниз. Следовательно, появляется противоположенная сила инерции F_{m1} , сила демпфирования F_{h1} , сила жесткости F_{c1} .

Уравнение баланса для первого тела:

$$F_{c1} + F_{h1} + F_{m1} = F_{ext} \quad (30)$$

Распишем силы, действующие на систему:

$$c_1(x_1 - x_2) + h_1(v_1 - v_2) + m_1 a_1 = F_{ext} \quad (31)$$

Составим системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d_{x_1}}{dt} = v_1 \\ \frac{d_{v_1}}{dt} = \frac{F_{ext} - c_1(x_1 - x_2) - h_1(v_1 - v_2)}{m_1} \end{cases} \quad (32)$$

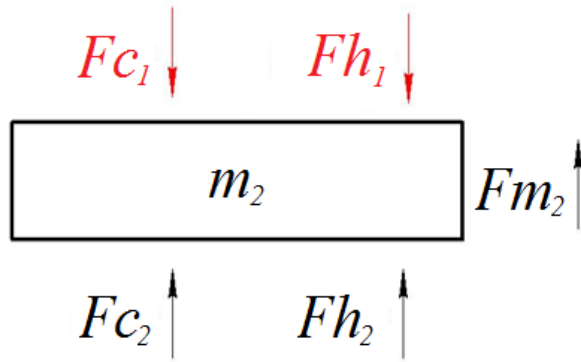


Рисунок 33 – Схема расстановки сил на второе тело (силы, действующие на шнек дозатора)

Уравнение баланса для первого тела:

$$F_{c_2} + F_{h_2} + F_{m_2} = F_{c_1} + F_{h_1} \quad (33)$$

Распишем силы, действующие на систему:

$$c_2(x_2 - x_3) + h_2(v_2 - v_3) + m_2 a_2 = c_1(x_1 - x_2) + h_1(v_1 - v_2) \quad (34)$$

Составим системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d_{x_2}}{dt} = v_2 \\ \frac{d_{v_2}}{dt} = \frac{c_1(x_1 - x_2) + h_1(v_1 - v_2) - c_2(x_2 - x_3) - h_2(v_2 - v_3)}{m_2} \end{cases} \quad (35)$$

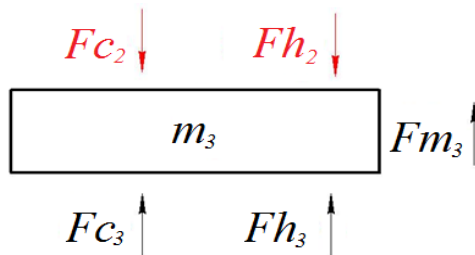


Рисунок 34 – Схема расстановки сил на третье тело (силы, действующие на корпус)

Уравнение баланса для первого тела:

$$F_{m_3} + F_{c_3} + F_{h_3} = F_{c_2} + F_{h_2} \quad (36)$$

Распишем силы, действующие на систему:

$$m_3 a_3 + c_3 x_3 + h_3 v_3 = c_2 (x_2 - x_3) + h_2 (v_2 - v_3) \quad (37)$$

Составим системы дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d_{x_3}}{dt} = v_3 \\ \frac{d_{v_3}}{dt} = \frac{c_2(x_2 - x_3) + h_2(v_2 - v_3) - c_3 x_3 - h_3 v_3}{m_3} \end{array} \right. \quad (38)$$

Составим системы в виде одной систем дифференциальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d_{x_1}}{dt} = v_1 \\ \frac{d_{v_1}}{dt} = \frac{F_{ext} - c_1(x_1 - x_2) - h_1(v_1 - v_2)}{m_1} \\ \frac{d_{x_2}}{dt} = v_2 \\ \frac{d_{v_2}}{dt} = \frac{c_1(x_1 - x_2) + h_1(v_1 - v_2) - c_2(x_2 - x_3) - h_2(v_2 - v_3)}{m_2} \\ \frac{d_{x_3}}{dt} = v_3 \\ \frac{d_{v_3}}{dt} = \frac{c_2(x_2 - x_3) + h_2(v_2 - v_3) - c_3 x_3 - h_3 v_3}{m_3} \end{array} \right.$$

3.9.2 Расчет параметров

Жесткость вала

Вычислим перемещение вала в SolidWorks Simulation. Применим материал – простая углеродистая сталь. Приложим на него силу $F=1000$ Н.

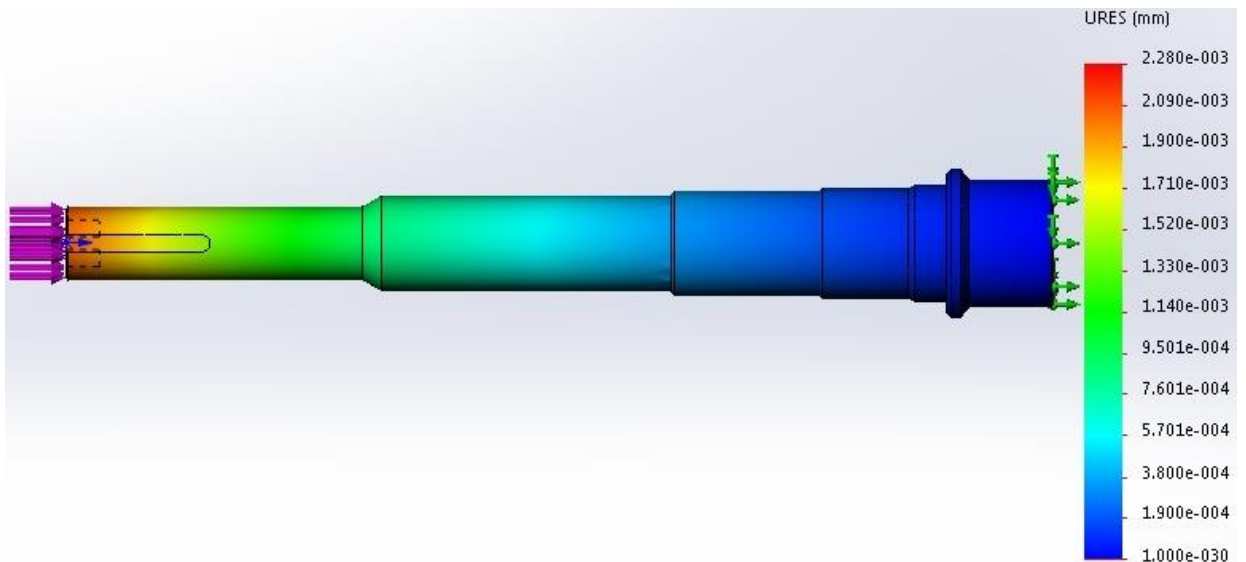


Рисунок 35 – Исследование жесткости вала

Вычислим жесткость c_1 по формуле:

$$c_1 = c_{\text{вала}} = \frac{F}{x} \quad (39)$$

где F – сила,

x – величина перемещения.

$$c_{\text{вала}} = \frac{1000}{2,280 \cdot 10^{-6}} = 438596491,2 \text{ Н/м}$$

Рассчитаем коэффициент трения, для вала-шнека:

Масса вала 5,98 килограммов.

где μ – коэффициент безразмерного демпфирования, принимаем 0,08.

$$h_1 = h_{\text{вала}} = \mu \cdot 2 \cdot \sqrt{c_{\text{вала}} \cdot m} = 0,08 \cdot 2 \cdot \sqrt{438596491,2 \cdot 5,98} = 8194,1 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Жесткость втулки

Приложим к втулке силу $F=1000$ Н и находим перемещение.

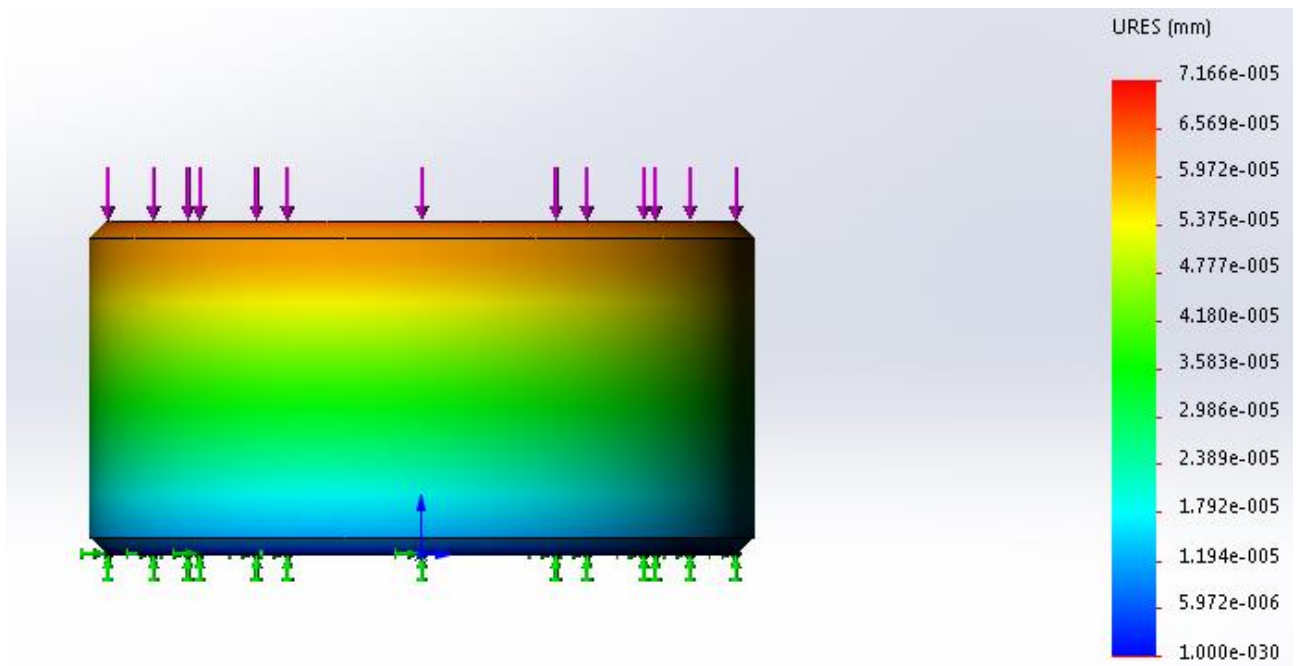


Рисунок36 – Исследование жесткости втулки

$$C_{\text{втулки}} = \frac{F}{x} \quad (40)$$

$$C_{\text{втулки}} = \frac{1000}{7,166 \cdot 10^{-8}} = 13954786491 \text{ Н/м}$$

Жесткость прижима

Приложим к прижиму силу $F=1000 \text{ Н}$ и находим перемещение

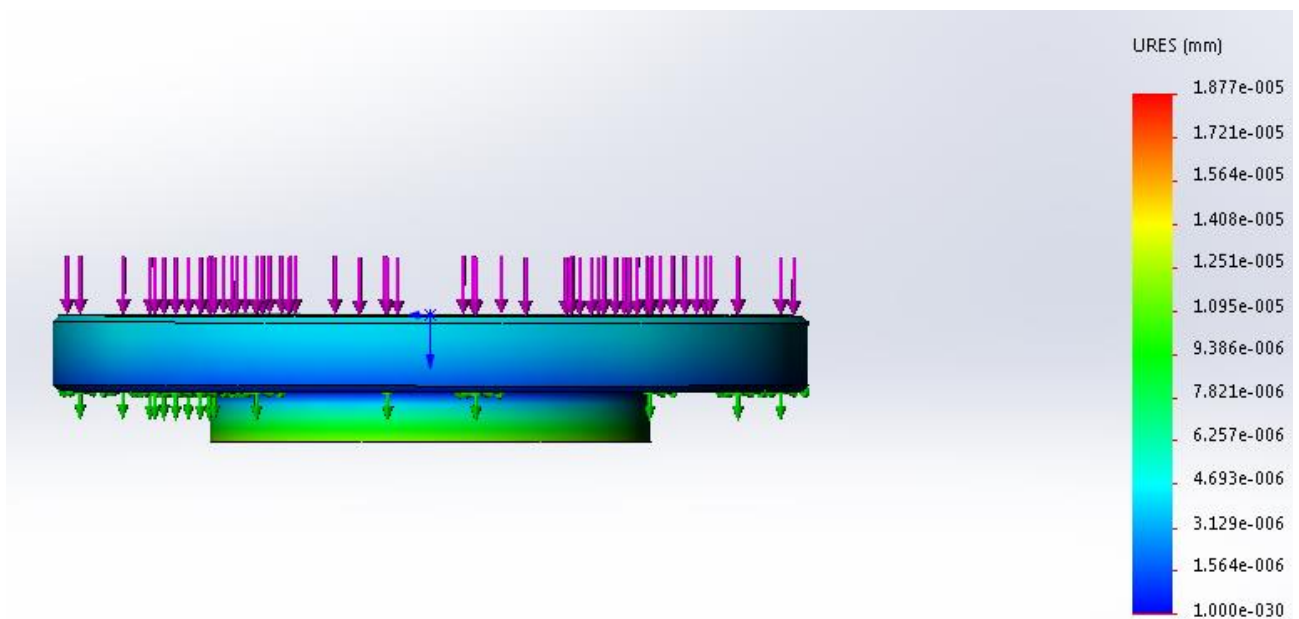


Рисунок 37 – Исследование жесткости прижима

$$C_{\text{прижима}} = \frac{1000}{1,877 \cdot 10^{-8}} = 53276505061 \text{ Н/м}$$

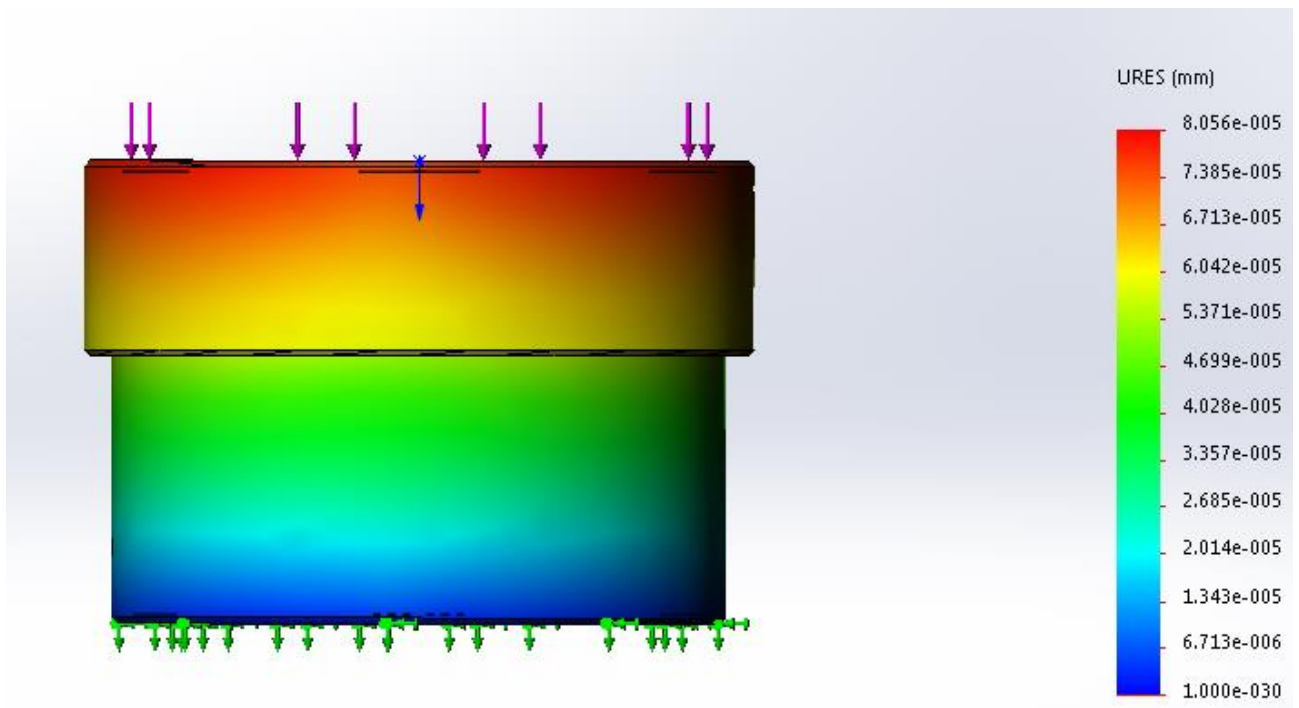


Рисунок 38 – Исследование жесткости прижима

$$C_{\text{бобышки}} = \frac{1000}{8,056^{-8}} = 12413108242 \text{ Н/м}$$

$$C_2 = C_{\text{штулки}} + C_{\text{прижима}} + C_{\text{бобышки}} = 13954786491 + 53276505061 + 12413108242 = 79644399794 \text{ Н/м}$$

Рассчитаем коэффициент вязкого трения, для штулки:

где μ – коэффициент безразмерного демпфирования, принимаем 0,08.

Масса подшипника 0,93 кг[4].

$$h_2 = h_{\text{штулки}} = \mu \cdot 2 \cdot \sqrt{C_{\text{штулки}} \cdot m} = 0,08 \cdot 2 \cdot \sqrt{13954786491 \cdot 0,93} = 18227,3 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Жесткость крепления

Дозатор крепиться на 8 болтов.

Рассчитаем жесткость одного болта:

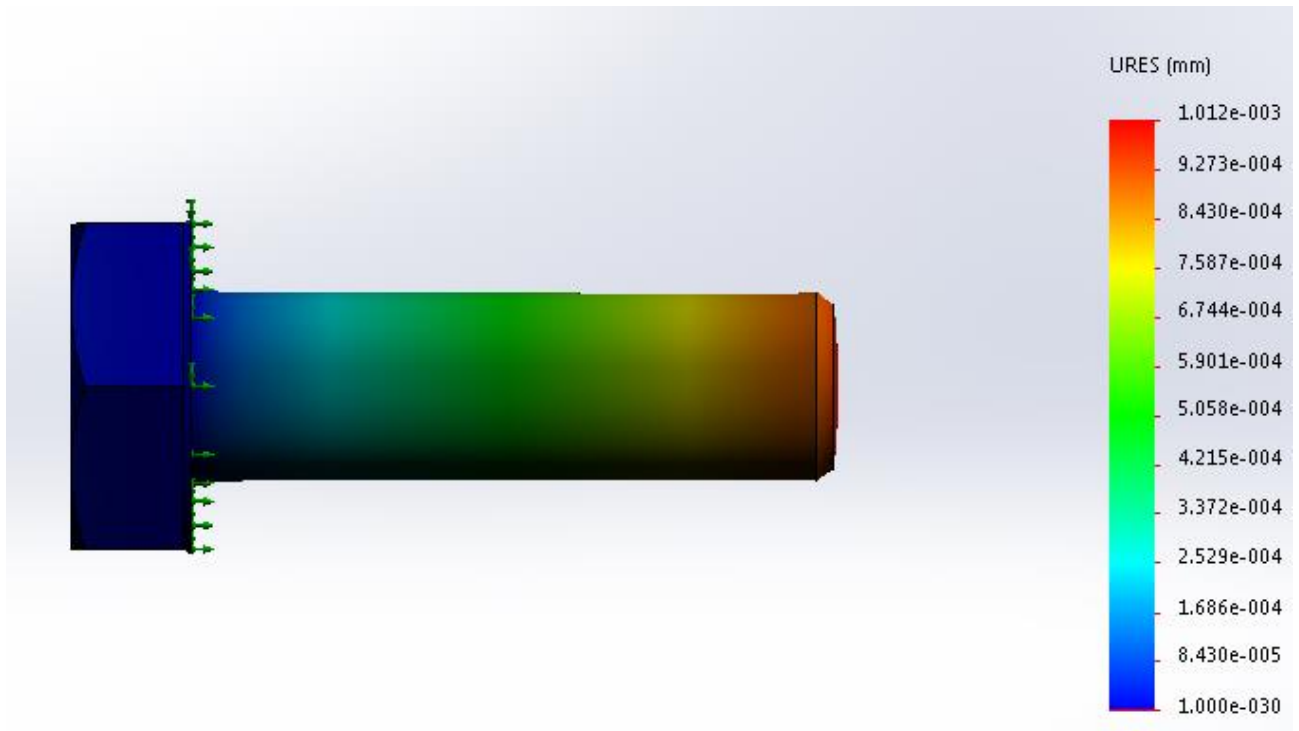


Рисунок39 – Исследование жесткости болта

$$C_{\text{болта}} = \frac{1000}{1,012 \cdot 10^{-5}} = 98814229,2 \text{ Н/м}$$

$$C_3 = C_{\text{болтов}} = 98814229,2 \cdot 12 = 1185770750 \text{ Н/м}$$

$$h_3 = h_{\text{крепления}} = \mu \cdot 2 \cdot \sqrt{C_3 \cdot m} = 0,08 \cdot 2 \cdot \sqrt{1185770750 \cdot 0,0311 \cdot 12} = 3365,2 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

Таблица 8 - Параметры

Массы, кг			Коэффициенты жесткости, Н/м			Коэффициенты трения, Н·с/м		
m_1	m_2	m_3	c_1	c_2	c_3	h_1	h_2	h_3
66,3	27,55	50,47	438596491	79644399794	1185770750	8194,1	18277,3	3365,2

Найдем собственную частоту колебаний тел системы:

Собственная частота первого тела:

$$f_{\text{соб1}} = \frac{\sqrt{c_1}}{2\pi} = \frac{\sqrt{438596491}}{2 \cdot 3,14} = 409,6 \text{ Гц} \quad (41)$$

Собственная частота второго тела:

$$f_{\text{соб2}} = \frac{\sqrt{\frac{C_1 + C_2}{m_2}}}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{438596491 + 79644399794}{27,55}}}{2 \cdot 3,14} = 8585,2 \text{ Гц} \quad (42)$$

Собственная частота третьего тела:

$$f_{\text{соб2}} = \frac{\sqrt{\frac{C_2 + C_3}{m_3}}}{2\pi} = \frac{\sqrt{\frac{79644399794 + 1185770750}{50,47}}}{2 \cdot 3,14} = 6372,51 \text{ Гц} \quad (43)$$

3.9.3 Расчет внешнего воздействия

В качестве внешнего воздействия выступает вес нефтяного шлама находящегося в дозаторе.

Для нахождения внешней силы, рассчитаем объем цилиндра V_1 и шнека V_2 . Полученные данные поставляем в формулу 44.

$$F_{\text{ext}} = (V_1 - V_2) \cdot \rho \cdot g \quad (44)$$

Объем цилиндра находим по формуле:

$$V_1 = \pi \cdot R^2 \cdot h \quad (45)$$

где, R – радиус цилиндра;

h – высота цилиндра.

Радиус цилиндра $R=0,1685$ м и высота $h=0,772$ м.

$$V_1 = 3,14 \cdot 0,1685^2 \cdot 0,772 = 0,40845 \text{ м}^3$$

Объем шнека можно определить с помощью инструмента “Массовые характеристики” программной обеспечений SolidWorks.

$$V_2 = 0,0015 \text{ м}^3$$

$$F_{\text{ext}} = (0,40845 - 0,0015) \cdot 1400 \cdot 9,8 = 5583,3 \text{ Н}$$

3.9.4 Результаты проведенного исследования

Провели моделирование в программной обеспечение Matlab Simulink.

Входные данные, а также необходимые уравнения для исследования в программе Matlab можно найти в приложении В.

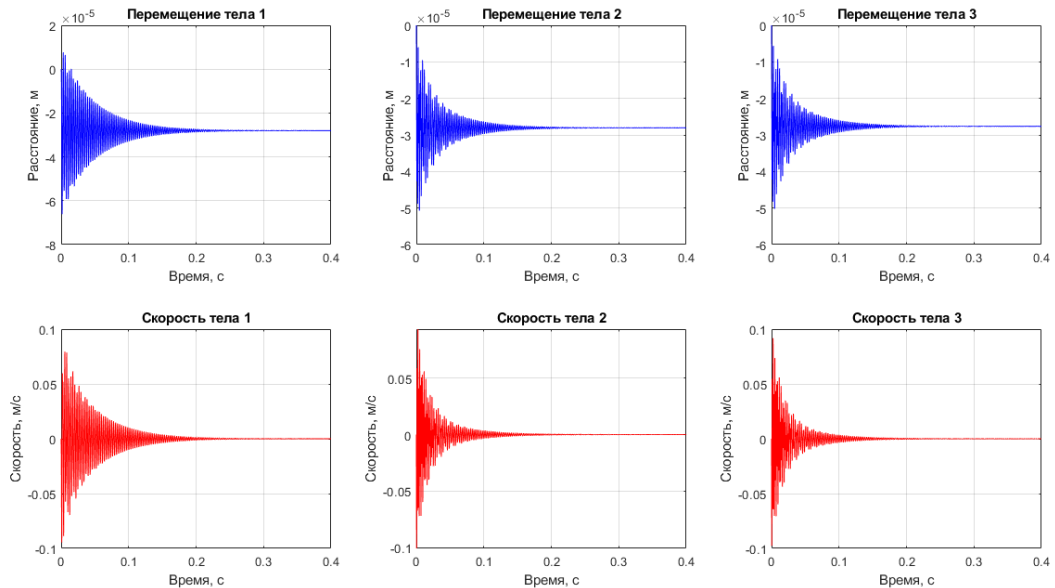


Рисунок 40 – Результаты исследования

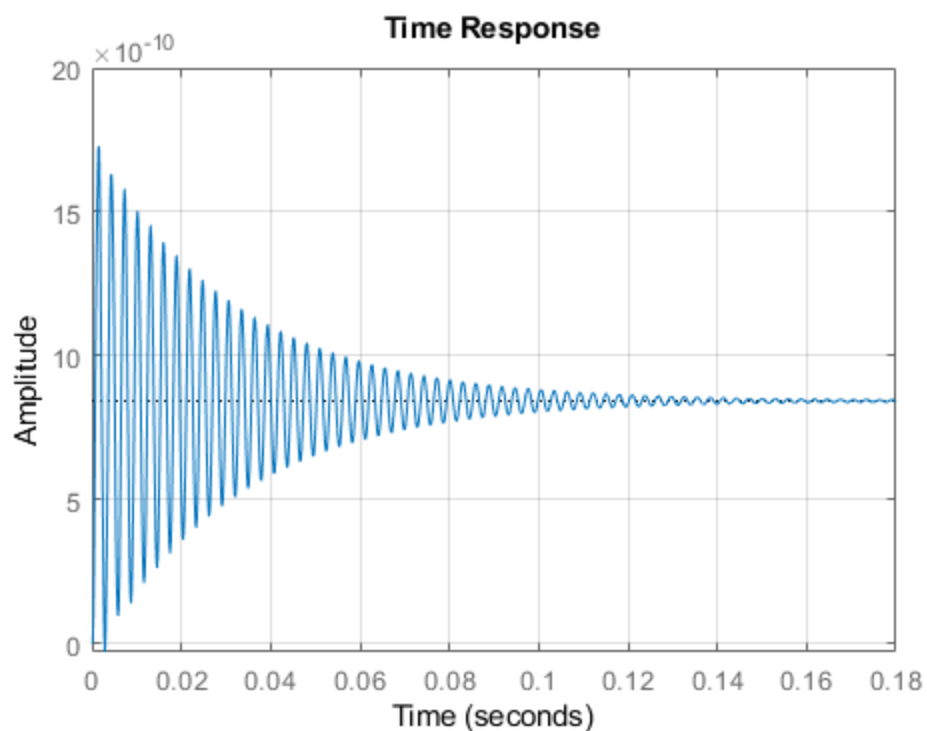


Рисунок 41 – Диаграмма Response из Simulink

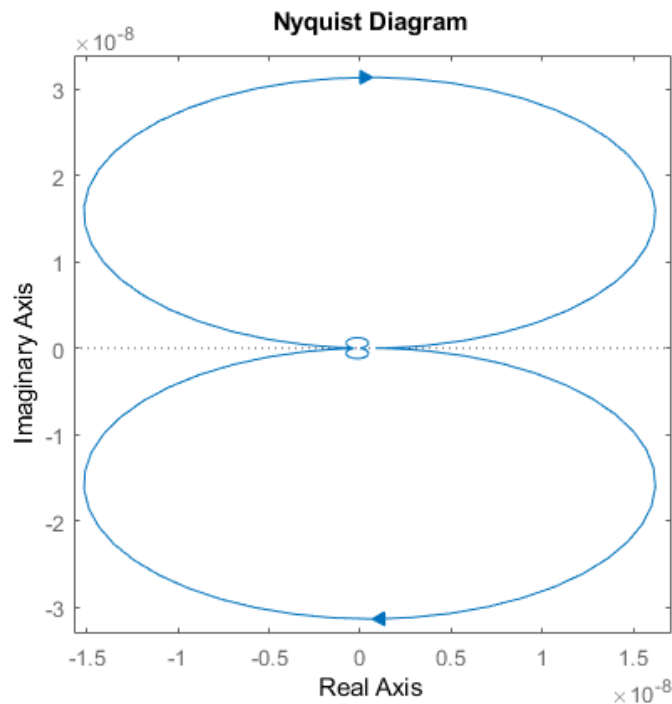


Рисунок42 – Диаграмма Nyquist из Simulink

В ходе выполнения данной работы была построена математическая модель шнекового дозатора. Далее полученная модель была исследована в среде Matlab и Simulink. Из исследования видно, что колебания, создаваемые устройствами дозатора допустимы для использования. В данной конструкции максимальная амплитуда колебаний корпуса дозатора составляет $9,862^{-6}$ м.

По данным диаграммы Nyquist можно сказать, что данная многомассовая динамическая системы устойчива, так как график не охватывает красную точку.

Bode Diagram. Диаграмма Боде состоит из двух кривых: одна для амплитуды, другая для фазы. Амплитудная кривая дает зависимость амплитуды, выраженной в децибелах в функции логарифма частоты. Фазовая кривая выражает зависимость фазового угла в градусах от логарифма частоты.

По графикам Time Response видно, что переходный процесс протекает в 0.14 с. Также можно сказать, что система устойчива, так как переходная функция затухает.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Алиеву Азизбеку Абдулазиз угли

Школа	ИШНИТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 2000000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 600000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 0,5 баллов из 1.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %. (НК РФ)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Потенциальные потребители результатов исследования. Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ. Оценка готовности проекта к коммерциализации</i>
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Определение финансового и научно -технического эффекта</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Матрица SWOT
5. График проведения и бюджет НТИ
6. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Потребность в планировании разработчиками при внедрении нового продукта на рынке возрастает. Предыдущий анализ технического и финансового поведения продукта является определяющим фактором успеха, который он может получить при выходе на потребительский рынок. Таким образом, неспособность провести экономический анализ может привести к неправильным решениям из-за неопределенности на рынке, породить убытки и трудности в структурировании компании.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Процесс управления любым проектом охватывает три периода: разработка проекта, организационное управление проектом; и функциональное управление проектом. Чаще всего в процессе освоения проектного метода основной акцент ставится на этап разработки проектом, цель которого и состоит в том, чтобы сформулировать его концепцию, разобрать его основные структурные элементы, провести анализ и сформировать план проекта. Естественно, основной задачей этого раздела является выявление и разработка наиболее эффективных проектных решений.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт: Шнековый дозатор

Производительность: 1000 кг/ч

Частота вращения шнека: 47,5 об/мин

Целевой рынок: нефтяные компании.

Таблица 9 –Список предприятий по переработке нефтешламов

Наименование		Географическое положение
1	ОАО «Славнефть - ЯНОС»	Российская Федерация, 150023, г. Ярославль, Московский проспект, 130
2	ПАО «Газпром нефть»	ул. Почтамтская, д. 3-5, Санкт-Петербург, Россия, 190000
4	ООО «Ферганский НПЗ»	Республика Узбекистан, 150106, Ферганская область, город Фергана, ул.Саноат 240

Ново-Ярославский нефтеперерабатывающий завод (ПАО «Славнефть-ЯНОС») был пущен в эксплуатацию в 1961 году. С 1995 года предприятие входит в состав вертикально-интегрированной нефтяной компании «Славнефть». Средний показатель объема переработки нефти в ПАО «Славнефть-ЯНОС» составляет порядка 15 млн тонн нефти в год [16].

Ферганский НПЗ был введен в эксплуатацию в 1959 году и на сегодняшний день выпускает порядка 60 видов нефтепродуктов. Проектная мощность завода по переработке составляет 5,5 миллиона тонн нефти в год. На заводе в 2013 году также планируется провести реконструкцию очистных сооружений. Реализация проекта стоимостью 14,4 миллиона долларов должна позволить поддерживать содержание в сточных водах нефтепродуктов в объеме не более 1 миллиграмма на литр [17].

В структуру «Газпром нефти» входят более 70 нефтедобывающих, нефтеперерабатывающих и сбытовых предприятий в России, странах ближнего и дальнего зарубежья [18].

Нефтяные шламы образуются при строительстве нефтяных и газовых скважин, при промышленной эксплуатации месторождений переработки нефти, обезвреживании сточных вод, а также при чистке резервуаров и другого оборудования. Различного вида нефтешламы являются распространенными отходами и для объектов энергетического комплекса, транспортных, машиностроительных, химических, металлургических предприятий.

Введение в строй современной установки по переработке нефтешлама - очередной шаг на пути снижения негативного воздействия промышленного производства на окружающую среду и повышения уровня экологической безопасности.

Проектируемый шнековый дозатор является неотъемлемой частью установки по переработке нефтяных шламов.

В различных исследованиях шнековый дозатор необходим в основном крупным компаниям, так как данный дозатор прост в сборке и обслуживании. Крупным компаниям важна простота и долговечность.

3D модель играет основную роль для конструирования шнекового дозатора, так как при создании трехмерной модели, в специальных программах, типа SolidWorks, Ansys, можно смоделировать отклонение от вертикали и посмотреть, как он будет вести себя в рабочем режиме, где будут максимальные нагрузки. На основе расчетов и трехмерной модели ведется конструирование, учитываются все просчеты.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В процессе были рассмотрены две конкурирующие фирмы с аналогичными шнековыми дозаторами: ООО «Модум-Техно» и ООО «AURORA».

ООО «Модум-Техно» является крупнейшим производителем отдельных единиц емкостного оборудования до возможности предоставления услуги полного цикла (заводы под ключ: проект, производство, монтаж и запуск в эксплуатацию).

Компания ООО «AURORA» является разработчиком и производителем высококачественного оборудования для переработки нефтяных шламов, а также оказывает услуги по инженерно-технологическому сопровождению. Специализированное программное обеспечение, используемое ООО «AURORA» позволяет подбирать необходимое в каждом конкретном случае оборудование, позволяя таким образом минимизировать затраты и вероятность аварийных ситуаций.

Проведем данный анализ с применением оценочной карты, приведенной в таблице 9. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1. Где: B_{ϕ} (K_{ϕ}) – баллы (конкурентоспособность) шнековый дозатор, B_{K1} (K_{K1}) и B_{K2} (K_{K2}) – баллы (конкурентоспособность) дозаторов ООО «Модум-Техно» и ООО «AURORA».

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (46)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6

Продолжение таблицы 10.

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Надежность	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
5. Уровень шума	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
6. Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
7. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
8. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
9. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3. Цена	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	10	10	10	1	1	1
5. Послепродажное обслуживание	0,03	5	5	5	0,15	0,15	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,04	5	4	4	0,16	0,16	0,16
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	4	4	0,16	0,16	0,16
Итого	1	34	33	32	1,5	1,46	1,41

Основываясь на знаниях о конкурентах, можно объяснить следующее:

По оценочной карте видно, что новое устройство является конкурентоспособным, так как по многим показателям превосходит своего конкурента.

Основными техническими преимуществами нового шнекового дозатора являются: повышение производительности труда пользователя, надежность, компактность и простота эксплуатации. Экономическое преимущество заключается в стоимости устройства, что является большой разницей по сравнению с конкурентами.

Мы видим, что самой большой уязвимостью конкурентов является стоимость, именно там, где наше устройство выделяется, в основном, стремясь удовлетворить потребности малых и средних компаний.

4.1.3 Диаграмма Исикава

В процессе производства любых изделий невозможно получить всю продукцию одинакового качества, т.е. параметры различных единиц изделий колеблются в определенных пределах. Это колебание вызывается комплексом случайных и систематических причин, которые действуют в процессе производства и определяют погрешности данного технологического процесса. Если колебание параметров находится в допустимых пределах (в пределах допуска), то продукция является годной, если же выходит за эти пределы – брак.

Качество изготавливаемой продукции определяется качеством исходных продуктов, степенью настроенности оборудования, соблюдением технологических режимов, условиями окружающей среды. Для того, чтобы своевременно выявлять брак и вызвавшие его причины, необходимо осуществлять систематический контроль параметров продукции, получать и обрабатывать данные о контролируемых параметрах.

В этом пункте рассмотрим проблему бездефектного изготовления деталей для шнекового дозатора.

Результат процесса зависит от многочисленных факторов, между которыми существуют отношения типа причина – результат. Проконтролировать все эти причинные факторы невозможно.

Диаграмма Исикавы позволяет выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на данную проблему. С помощью схемы Исикавы можно решать широкий спектр конструкторских, технологических, технических, экономических, организационных, социальных и других проблем.



Рисунок 43 – Причинно-следственная диаграмма

Перед нами стоит проблема – бездефектное, качественное производство деталей для шнекового дозатора. Используя диаграмму «причины – результаты» мы можем проанализировать нашу проблему, выявить и сгруппировать условия и факторы, влияющие на неупорядоченность системы управления качеством.

Из анализа диаграммы мы можем увидеть, что к браку готовой продукции могут привести четыре основных фактора: оборудование, труд исполнителя, технология, материалы, условия труда.

С помощью диаграммы Исикавы были выявлены факторы, которые влияют на качество деталей шнекового дозатора на всех стадиях технологического процесса. То есть, получена информация, необходимая специалисту для принятия управляющих решений. В заключение можно сделать вывод, что диаграмма Исикавы является очень эффективным средством для выявления факторов и причин, влияющих на проблему, что является наиболее важным для управления качеством продукции.

4.1.4 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для реализации проекта. Матрица SWOT – анализа представлена в данной работе в виде таблицы 10.

Таблица 11 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта
	<p>С1. Заявленная энергоэффективность шнекового дозатора.</p> <p>С2. Экологичность шнекового дозатора.</p> <p>С3. Высокая ремонтпригодность шнекового дозатора.</p> <p>С4. Конструкция шнекового дозатора проста.</p>	<p>Сл1. Нет прототипа разработки.</p> <p>Сл2. Разработка требует большого количества времени.</p> <p>Сл3. Нет возможности быстро организовать производство дозаторов.</p> <p>Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих.</p>
Возможности		
<p>В1. Рост спроса ввиду уникальности установки.</p> <p>В2. Возможен переход на серийное производство.</p> <p>В3. Финансирование разработки университетом.</p> <p>В4. Возможность задействования сторонних специалистов для развития проекта.</p>		
Угрозы		
У1. Отсутствие спроса		

на новые технологии производства. У2. Увеличение конкуренции. У3. Введения дополнительных государственных требований к производству продукции.		
--	--	--

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта. Таблица 12 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и возможностей

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	-	+	-
	B2	-	0	-	0
	B3	+	-	-	+
	B4	+	+	+	-

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и возможностей

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	+	+	-
	B2	-	-	0	-
	B3	-	0	-	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и угроз

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	-	-	0
	У2	+	0	+	+
	У3	0	-	+	-

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и угроз

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	-	+	-	+
	У3	+	-	0	-

При анализе сильных сторон, выявлены следующие корреляции сильных сторон проекта и возможностей: В4С1С2С3. Равным образом можно выявить следующие корреляции сильных сторон и угроз: У2С1С3С4.

В случае анализа слабых сторон выявлены следующие корреляции слабых сторон проекта с возможностями: В1Сл1Сл2Сл3. Также выявлены следующие корреляции слабых сторон и угроз: У1Сл1Сл2Сл3Сл4.

На третьем этапе составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 16).

Таблица 16 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	Сильные стороны научно – исследовательского проекта	Слабые стороны научно – исследовательского проекта
	С1. Заявленная энергоэффективность шнекового дозатора. С2. Экологичность шнекового дозатора. С3. Высокая ремонтпригодность шнекового дозатора. С4. Конструкция шнекового дозатора проста.	Сл1. Нет прототипа разработки. Сл2. Разработка требует большого количества времени. Сл3. Нет возможности быстро организовать производство дозаторов. Сл4. Большой срок поставок материалов и комплектующих.
Возможности	Есть возможность установить контакт с компаниями, производящими химическое оборудование, по каналам связи университета. Привлечение в проект дополнительных специалистов повысит экологичность и энергоэффективность проекта.	Создание прототипа аппарата может быть профинансировано ТПУ или другими организациями, заинтересованными в разработке. Разработка дозатора может быть ускорена через сотрудничество с компаниями – партнёрами.
Угрозы	Проект можно	Точное сегментирование

<p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Увеличение конкуренции.</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к производству продукции.</p>	<p>переориентировать на реакторы для других продуктов ввиду универсальности. Ввиду принятых в процессе проектирования дозатора решений изменения в области стандартизации продукции не отразятся на проекте значительно и не потребуют его переработки.</p>	<p>рынка позволит избежать проигрышной конкуренции с крупными или импортными компаниями, а также снизит вред такого недостатка, как однозадачность разработки. Выступление с результатами проекта на научно-практической конференции позволят повысить известность команды и, в случае победы, найти спонсора для промышленной реализации проекта.</p>
---	---	--

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 17.

Таблица 17 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7	Проведены маркетинговые исследования рынков	4	4

	сбыта		
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	5
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	4
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	4
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	4
15	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	59	62

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю составляем оценку по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. При оценке степени проработанности научного проекта: 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (47)$$

где $B_{\text{сум}}$ – суммарное количество баллов по каждому направлению;

B_i – балл по i – му показателю.

Значение $B_{сум}$ позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Перспективность данной разработки можно считать выше среднего, так как $B_{сум}$ получилось от 59 до 45.

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

В качестве максимальной стоимости исполнения научно-исследовательского проекта принимается минимальный размер гранта на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными - кандидатами наук в научных организациях РФ, так как аналогичные научные исследования ранее не проводились.

Таким образом, эскалация важности научных грантов вызвана с их экономическим значением, поскольку в первую очередь они служат специальным механизмом финансирования исследований, который играет жизненно важную роль для научных сообществ. Задача грантовой поддержки научных исследований была сформулирована в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. Помимо этого, федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» закрепил цель государственной научно технической политики, а именно: «развитие, рациональное размещение и эффективное использование научно-технического потенциала, увеличение вклада науки и техники в развитие экономики государства, реализации важнейших социальных задач, преобразование материального производства и интеграция науки и образования».

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Томский политехнический университет	Оптимальные параметры шнекового дозатора
Заказчик работы: ООО «ТриБоСС»	Качество, цена и работоспособность

Таблица 19 – Цели и результат проекта

<p>Цели проекта:</p>	<p>Целью проекта является исследование влияния параметров нефтяного шлама на характеристики шнекового дозатора, улучшить работы шнекового дозатора, а также определить и внедрить методы повышения производительности.</p>
<p>Ожидаемые результаты проекта:</p>	<p>Определить конструктивных особенностей шнекового дозатора при различных параметрах и свойств нефтяного шлама при его подаче на установку по переработке нефтяных отходов производительностью 1000 кг/ч</p>
<p>Критерии приемки результата проекта:</p>	<p>Расход ресурсов — не более установленного лимита.</p>
<p>Требования к результату проекта:</p>	<p>Шнековый дозатор производительность не более 1000 кг/ч</p> <p>Изделие должно быть ремонтпригодным в течение всего срока службы изделия</p> <p>Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации</p> <p>Изделие может транспортироваться любым видом транспорта. Независимо</p>

	от вида используемого транспорта, изделие не должно быть повреждено
	Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению
	Маркировка изделия и его составных частей должна быть устойчивой в течение всего срока службы изделия, и не должна смываться жидкостями, используемыми при эксплуатации изделия

4.2.2 Организационная структура проекта

Таблица 20 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Алиев А. А., ТПУ, магистрант	Исследователь	<ul style="list-style-type: none"> – Разработать методику исследования; – Анализ перспективности; – Формирование бюджета; – Определение эффективности; 	113 дн.
2	Буханченко С. Е., ТПУ, доцент	Руководитель	<ul style="list-style-type: none"> – составляет для студента индивидуальное задание и план выполнения ВКР с конкретизацией срока сдачи материала на проверку; – давать рекомендации по ходу и содержанию проекта; – проверка диплома на соответствие установленным требованиям; 	36 дн.

			– координировать деятельность участников проекта; – оценить качеству работы исследователя.	
ИТОГО:				149.

4.2.3 Ограничения и допущения проекта

Таблица 21 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	2000000 руб.
Источник финансирования	Государственный бюджет
Сроки проекта	6 месяцев
Дата утверждения плана управления проектом	24.02.21
Дата завершения проекта	16.06.21
Прочие ограничения и допущения*	Затраты по оплате труда – не более 600000 руб.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения данного научного исследования необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и исследователь. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы. Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 22.

Таблица 22 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ ра б.	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Выбор темы исследований	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исследователь
	2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение литературы по теме	Исследователь
Разработка тех. задания	4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Составление принципиальной схемы	Руководитель, Исследователь
	6	Выполнение расчетов	Исследователь
	7	Построение 3D модели шнекового дозатора	Исследователь
	8	Проведение исследований для оптимизации работы дозатора	Исследователь
	9	Определение размеров пера шнека	Исследователь
	10	Разработка математических моделей для динамического анализа	Исследователь
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка результатов исследования	Руководитель, исследователь
Разработка технологической документации	12	Разработка сборочных чертежей	Руководитель, исследователь
	13	Исследование математической модели	Исследователь
	14	Технико-экономические расчеты	Исследователь
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-	Исследователь

		технической документации)	
Оформление отчета	16	Заполнение пояснительной записки	Исследователь

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для выполнения перечисленных в таблице 22 работ требуются специалисты: студент в качестве инженера и научный руководитель.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (48)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, \quad (49)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{кал}, \quad (50)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$K_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (51)$$

где $T_{кал} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,477.$$

По полученные данные, коэффициенты и формулы в программе Excel выполняем расчеты для каждой работы. Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице 23.

Таблица 23 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	$t_{\min i}$, Чел-дни		$t_{\max i}$, Чел-дни		$t_{\text{оэ}}$, Чел-дни		Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь
	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь				
Календарное планирование работ по теме	3	3	6	6	4,2	4,2	2	2	3	3
Выбор алгоритма исследований	1	-	3	-	1,8	-	2	-	3	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	15	-	12	-	12	-	18
Составление и утверждение тех. задание	5	-	8	-	6,2	-	6	-	9	-
Составление принципиальной схемы	8	8	10	10	8,8	8,8	4,4	4,4	7	7
Выполнение расчетов	-	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	6
Проектирование 3D модели шнекового дозатора	-	6	-	18	-	10	-	10	-	15
Проведение исследований для оптимизации работы дозатора	-	3	-	12	-	6,6	-	7	-	10
Определение размеров пера шнека	-	3	-	15	-	3,8	-	2	-	3
Разработка математических моделей для динамического	7	7	16	16	11,4	11,4	6	6	9	9

анализа										
Оценка результатов исследования	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	1	1
Разработка сборочных чертежей	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Исследование математической модели	-	2	-	2	-	2	-	2	-	3
Технико-экономические расчеты	-	3	-	4	-	3,4	-	3,4	-	5
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	-	15	-	20	-	17	-	17	-	25
Заполнение пояснительной записки	-	2	-	4	-	2,8	-	2,8	-	4
ИТОГО:									36	113

Из таблицы 23 видно, что наибольшее количество задач будет направлено на выполнение исследователю. Работа научного руководителя ограничивается разработкой и определением технических спецификаций проекта, определением графика выполнения проекта вместе с исследователем. После расчета и сведения в таблицу временных показателей проектирования, на основе полученной таблицы строится диаграмма Ганта.

№	Вид работ	Исполнители	$T_{ка}$, кал.дни	Продолжительность выполнения работ														
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3															
		Исследователь																
2	Выбор алгоритма исследований	Руководитель	3															
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исследователь	18															
4	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	9															
5	Составление принципиальной схемы	Руководитель	7															
		Исследователь																
6	Выполнение расчетов	Исследователь	6															
7	Проектирование 3D модели шнекового дозатора	Исследователь	15															
8	Проведение исследований для оптимизации работы дозатора	Исследователь	10															
9	Определение размеров пера шнека	Исследователь	3															
10	Разработка математических моделей для динамического анализа	Руководитель	9															
		Исследователь																
11	Оценка результатов исследования	Руководитель	1															
		Исследователь																
12	Разработка сборочных чертежей	Руководитель	4															
		Исследователь																
13	Исследование математической модели	Исследователь	3															
14	Технико-экономические расчеты	Исследователь	5															
15	Составление пояснительной записки	Исследователь	25															
16	Заполнение пояснительной записки	Исследователь	4															



Рисунок 44 – Диаграмма Ганта

4.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета НИ следует в первую очередь отметить, что не все из упомянутых в статье будут реализовываться в рамках данного проекта.

Список расходов, подлежащих расчёту, имеет следующий вид:

- материальные затраты НИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

Статьи								
Сырье, материалы	Специальное оборудование	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Итого бюджетная стоимость
7060 руб.	35980 руб.	2974.1 руб.	438663,3 руб.	65799,5 руб.	435149,6 руб.	985626,5 руб.	156488,64 руб.	1142115,1 руб.

4.4.1 Расчет материальных затрат НИ

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Поэтому необходимо учитывать материальные затраты. В данной работе в материальные затраты включаются затраты на канцелярские принадлежности, CD-диск, картридж для лазерного принтера.

Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице 24.

Таблица 25– Результаты расчётов по затратам на материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество, ед.	Суммарная стоимость, руб.
Комплект канцелярских принадлежностей ErichKrause Office (12/12517)	830	1	830
Картридж для лазерного принтера HP 106A (W1106A)	4590	1	4590
Бумага для принтера формата А4	250	1 уп.	250
CD-RW 500 Мб	70	2	140
Всего за материалы, руб.			5810
Транспортно – заготовительные расходы, руб.			1250
Итого по статье, руб.			7060

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ:

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения НИ.

Таблица 26 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Количество, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Ноутбук HP 15s-eq1078ur 1X2Q1EA	1	3	28990	28990
2	Лазерный принтер	1	5	6990	6990
Итого		35980 тыс. руб.			

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ноутбук HP. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (52)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (53)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 28990}{12} \cdot 3 = 2391,6 \text{ руб.}$$

Для принтера:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 6990}{12} \cdot 5 = 582,5 \text{ руб.}$$

4.4.2 Расчет основной заработной платы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{он} \cdot T_p, \quad (54)$$

где $Z_{он}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 23).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{он} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,4}{223} = 2391,76 \text{ руб.} \quad (55)$$

где Z_m – должностной оклад работника за месяц; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 20); M – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя исследователя):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{119} = 3120 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_m = Z_b \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 21547,22 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 42017,1 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$Z_m = Z_b \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 14000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 27300 \text{ руб.}$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент;

k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент,

равный 1,3 (для Томска).

Таблица 27 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исследователь
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	104/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	24/0	48/0
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	119

Таблица 28 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б}, руб.$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб.$	$Z_{дн}, руб.$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб.$
Руководитель	21547,22	0,3	0,2	1,3	42017,1	2391,76	36	86103,3
Исследователь	14000	0,3	0,2	1,3	27300	3120	113	352560
Итого:								438663,3

4.4.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

Для руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 86103,3 = 12915,5 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 352560 = 52884 \text{ руб.}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии выполнения НИ принимаем равным 0,15).

4.4.4 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Для руководителя:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3(86103,3 + 12915,5) = 29705,6 \text{ руб.}$$

Для исследователя:

$$C_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3(352560 + 52884) = 405444 \text{ руб.}$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.4.5 Накладные расходы

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{накл} = k_{накл} \cdot (Z_{р} + Z_{эл.об} + Z_{кл} + Z_{о} + Z_{мат} + Z_{дв})$$

где $k_{накл}$ – коэффициент накладных расходов.

Z_p - затраты на ремонт;

$Z_{эл.об}$ - затраты на электроэнергию;

$Z_{кл}$ - затраты на клининговые услуги;

Z_o - затраты на отопление;

Z_{MAT} - затраты на материальный помощь;

$Z_{дз}$ - непредвиденные затраты.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$C_{накл} = 0,16(7060 + 28990 + 2391,6 + 438663,3 + 65799,5 + 435149,6) = 156488,64 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ по форме, приведенной в таблице 24.

В таблице 24 мы видим, что три самых крупных расхода по проекту связаны с выплатой заработной платы, социальных фондов и общих расходов. Таким образом, затраты на исследование составили $C = 1142115,1$ руб.

4.5 Определение ресурсоэффективности научного исследования

Определение сравнительной эффективности исследования проводят для текущего проекта и для аналогов.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}}, \quad (56)$$

где $I_{финр}^p$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского

проекта.

Для текущего проекта:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1142115,1}{1800000} = 0,63$$

Для аналога 1.

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1800000}{1800000} = 1$$

Для аналога 2.

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{1386599}{1800000} = 0,77$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности можно вычислить по

формуле: $I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p$

где I_m – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i - весовой коэффициент i - го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p - бальная оценка i - го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n - число параметров сравнения;

Аналог 1 «Модум-Техно»;

Аналог 2 ООО «AURORA».

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

	Весовой коэффициент параметров	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	4	3

Продолжение таблицы 29.

2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	5	3
3. Экономичность производства	0,15	4	4	3
4. Надежность	0,1	5	4	4
5. Энергосбережение	0,25	5	3	4
6. Материалоемкость	0,1	4	3	3
7. Безопасность	0,1	5	4	4
Итого	1	4,65	3,75	3,45

$$I_{III} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 = 4,65$$

$$I_{AH1} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 3,75$$

$$I_{AH2} = 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 3,45$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога

$I_{финр}^a$

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}, \quad I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}, \quad (57)$$

Для текущего проекта:

$$I_{финр}^p = \frac{4,65}{0,63} = 7,38$$

Для аналога 1:

$$I_{финр}^{a1} = \frac{3,75}{1} = 3,75$$

Для аналога 2:

$$I_{финр}^{a2} = \frac{3,45}{0,77} = 4,48$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{финр}^p}{I_{финр}^a} \quad (58)$$

где \mathcal{E}_{cp} – сравнительная эффективность проекта

$$\mathcal{E}_{cp(ТП)} = \frac{7,38}{7,38} = 1$$

$$\mathcal{E}_{cp(АН1)} = \frac{3,75}{7,38} = 0,5$$

$$\mathcal{E}_{cp(АН2)} = \frac{4,48}{7,38} = 0,6$$

Таблица 30 – сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,63	1	0,77
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,75	3,45
3	Интегральный показатель эффективности	7,38	3,75	4,48
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,5	0,6

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенного анализа конкурентных технических решений можно отметить, что шнековый дозатор является наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 125 дней, общее количество календарных дней, в течение которых работал исследователь – 113 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 36;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1142115,1 руб.;

4. По интегральным финансовым показателям можно отметить, что данное научное исследование эффективный, и в этой связи поддержка научного исследования может являться грантом на выполнение проектов фундаментальных научных исследований. Данный способ является самым быстрым и простым для реализации данного научного исследования.

Все, вышеперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная конструкция шнекового дозатора экономически выгодна.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ91	Алиеву Азизбеку Абдулазиз угли

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Тема ВКР:

Исследование влияния параметров нефтяного шлама на характеристики шнекового дозатора	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Рабочее место – офисное помещение, стол, стул, ПЭВМ. В рамках магистерской диссертации проведены виртуальные исследования в программном обеспечении. Объект исследования: шнековый дозатор для нефтяного шлама. Область применения: нефтеперерабатывающие заводы.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	- Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ; - Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»; - Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»; - Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; - Федеральный закон «О санитарно-эпидемическом благополучии населения»; - Федеральный закон «О пожарной безопасности». - гигиенические требования по СанПиН 2.2.2./2.4.1340-03; - размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ; - ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. - СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение - ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. - ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам. - ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - температура воздуха рабочей зоны; - повышенный уровень шума; - показатели микроклимата; - недостаточная освещенность рабочей зоны; - психофизиологические производственные факторы в том числе: физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса и нервно-психические перегрузки,

	<p>связанные с напряженностью трудового процесса;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Опасные факторы: - электрический ток; - короткое замыкание; - статическое электричество. <p>Обоснование мероприятий по снижению воздействия.</p>
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> - загрязнение гидросферы применением СОЖ; - утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: наводнения, ураганы, пожары.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара на рабочем месте, электрическое поражение током человека.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

5 Социальная ответственность

Основной задачей данного раздела является выявление и анализ вредных и опасных факторов при исследовании и проектировании новой разработки и поиск средств защиты от них, создание оптимальных условий труда, анализ влияния на окружающую среду и профилактика ЧС.

Данный раздел включает в себя описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при исследовании проекта на тему «Исследование влияния параметров нефтяного шлама на характеристики шнекового дозатора».

Конструкция шнекового дозатора была разработана с использованием программного обеспечения SolidWorks, где была изготовлена 3D модель оборудования, которая впоследствии использовалась для проведения экспериментов в виртуальной среде.

Все работы выполнялись на персональном компьютере, а рабочая среда использовалась в проектно-конструкторском отделе АО «Farg'onazot» г. Фергана, Ул. Саноат, 222. e-mail: info@azot.uz

В разделе «Социальной ответственности» магистерской диссертации также были рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места конструктора в соответствии с нормами производственной санитарии, безопасности и охраны окружающей среды. Организация рабочего места должна соответствовать общепринятым и специальным требованиям техники безопасности, нормам санитарии, экологической и пожарной безопасности.

Цель раздела: выявление возможных вредных и опасных факторов процесса разработки проекта, а также разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия на здоровье конструктора, создание условий труда, перечисление организационных и технических мер, предусмотренных для ЧС, а также изучение вопроса охраны окружающей среды.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно статье 91 Трудового кодекса Российской Федерации от 30 декабря 2001г.№ 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019), политическое направление, опубликованное в этом документе и применяемое к этой работе, выглядит следующим образом [19]:

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда.

Главными элементами рабочего места конструктора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление человека. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы конструктор мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения конструктора;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцерных принадлежностей);
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680 – 760 мм;
- высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420 – 550 мм. Поверхность сидения мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки регулируемый. Необходимо предусматривать при конструировании возможность различного размещения документов сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т. п. кроме того, в случаях, когда видеоматериал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300 – 450 мм).

Положение экрана определяется расстоянием считывания (0,6...0,7м); углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от – 10° до +20° относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя.

При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20°;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти – под углом 80°...100°;
- предплечья и кисти рук – в горизонтальном положении.

Если расстояние от глаз оператора, до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3мм. Оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20%

их высоты, также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже.

5.2 Производственная безопасность

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов (ГОСТ 12.0.002-14 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения»[20]), которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические (ГОСТ 12.0.003-2015 «ССБТ. Опасные и вредные факторы. Классификация»).

На работающего за ЭВМ инженера-конструктора могут негативно действовать опасные и вредные производственные факторы, которые приведены в таблице 31.

Таблица 31 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	- Требования к микроклимату по ГОСТ 12.1.005-88 [21]; - Гигиенические требования к микроклимату
2.Превышение уровня шума		+	+	производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 [22];
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	- Требования к уровню шума на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562–96 [23];
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	- Требования к освещению СП 52.13330.2016 [25];
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи,	+	+	+	Естественное и искусственное освещение СНиП 23-05-95*[26];

замыкание которой может произойти через тело человека				- Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля по ГОСТ 12.1.045-84 [6].
6.Психофизические факторы: умственное напряжение и эмоциональные перегрузки, утомление	+	+	+	
7.Электромагнитное излучение	+	+	+	

5.3 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

5.3.1 Микроклимат

Под микроклиматом помещений понимаются метрологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения. Температура кабинета должна соответствовать температуре, установленной в стандарте СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Следовательно, температура на рабочем месте в офисе в теплое время года должна быть 23-25 градуса по Цельсию при относительной влажности воздуха 60- 40%. При этом температура поверхностей – от 22 до 26С°, а скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. В холодное время года в кабинете должно быть от 22 до 24 С° (влажность и скорость движения воздуха аналогичны). Оптимальная температура поверхностей 21-25С.

5.3.2 Уровень шума на рабочем месте

В основном вся работа конструктора происходит в окружающей среде внутри кабинета проектно-конструкторского отдела, следовательно должна соответствовать подчиняться санитарным нормам СН2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум

на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Уровень шума не должен превышать 60 дБА.

5.3.3 Освещенность на рабочем месте

Освещенность рабочего стола должна быть не менее 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране. Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура) за счет правильного выбора и расположения светильников, яркость бликов на экране не должна превышать 40 кд/м². Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель. Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

Длина $B=8$ м; ширина $A=10$ м; высота $H=3,5$ м; рабочая плоскость находится на уровне $d=1$ м; свес светильника – $m=0,5$ м; коэффициенты отражения потолка $a=50\%$, стен, $b=30\%$, пола, $c=10\%$; расстояние между светильниками – $h=H-d-m=5$ м.

Рассчитаем площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 10 \cdot 8 = 80 \text{ м}^2 \quad (59)$$

Индекс помещения рассчитаем по формуле:

$$i = \frac{S}{(A + B) \cdot h} = \frac{80}{(10 + 8) \cdot 5} = 0,9 \quad (60)$$

По индексу помещения и коэффициентам отражения, находим коэффициент использования светового потока $\chi=36\%$. Количество принятых светильников $N=12$. Коэффициент минимальной освещенности принять за $z=1,1$. По СП 52.13330.2016 нормируемая освещенность составляет $E_H=750$ лк, коэффициент запаса $k_3=1,6$.

Вычислим световой поток для создания требуемого освещения:

$$\Phi_{л} = \frac{E_H \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{10 \cdot 0,36} = 29333,33 \text{ лм} \quad (61)$$

Световой поток для одного светильника равен:

$$\Phi_{л1} = \frac{\Phi_{л}}{N} = \frac{29333}{10} = 2933,33 \text{ лм} \quad (62)$$

Выберем люминесцентную лампу типа OSRAM Basic 765, G13, T8, 36Вт со значением светового потока 3350 лм в количестве 12 штук для обеспечения нормы освещения в кабинете. Схема расположения ламп приведена на рисунке 45.

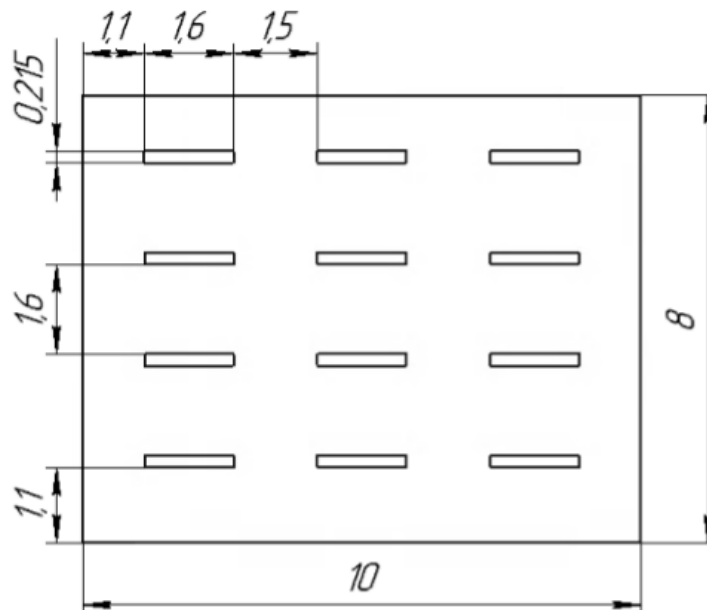


Рисунок 45 – Схема расположения ламп (размеры в м)

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. В диапазоне низких частот интенсивность излучения не должна превышать 50 В/м по электрической составляющей и 5 А/м по магнитной составляющей напряженности поля.

Напряженность магнитного поля на расстоянии 10 см от экрана варьируется в диапазоне 0,4 – 1,8 А/м, с расстоянием эти показатели уменьшаются. Следовательно, сила магнитного поля кабинета падающего на конструктора, соответствует норме.

Психофизиологические факторы

Нервно-психические перегрузки являются следствием информационного взаимодействия в системе «пользователь – ПЭВМ». К основным нервно-психическим перегрузкам относятся повышенные зрительные напряжения; умственные и нервно-эмоциональные перегрузки; длительная концентрация внимания; монотонность труда (однообразие трудового процесса, повторяемость операций, отсутствие возможности переключения внимания или изменения вида работы). Поэтому, конструктор при работе на ЭВМ к концу рабочего дня возникают типичные ощущения: переутомление глаз, головная боль, тянущие боли в мышцах шеи, рук и спины, снижение концентрации внимания.

Электрический ток и короткое замыкание

Смертельно опасным для жизни человека считают ток, величина которого превышает 0,05А, ток менее 0,05А - безопасен (до 1000 В). Чтобы избежать проблем с коротким замыканием, проектировщик должен избегать таких вещей, как: подключение проводов в виде скручивания, не подключайте слишком много устройств к одной розетке и должен использовать электропредохранитель с соответствующей для потребления мощностью. Если предохранитель часто отключается, то возможно где-то есть неполадки в соединениях проводов, в этом случае надо вызвать специалиста.

Статическое электричество

Возникновение зарядов статического электричества происходит при относительном перемещении двух находящихся в контакте тел, кристаллизации, а также вследствие индукции. Допустимые уровни напряженности электростатических полей определяются стандартом ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Они зависят от времени пребывания на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей ($E_{\text{пред}}$) равен 60 кВ/м в 1 ч. При напряженности электростатических полей менее 20 кВ/м время пребывания в электростатических полях не регламентируется. Применение средств защиты работающих обязательно в тех случаях, когда

фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м.

5.4 Обоснование мероприятий по снижению воздействий показателей микроклимата

В помещения должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20м³ на человека – не менее 30м³ в час на человека; при объёме помещения более 40м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление.

Мероприятия по снижению уровня шума

Кабинет в проектно-конструкторском отделе находится на четвертом этаже здания, его окна направлены на улицу, что повышает уровень шума в окружающей среде. В сезоны, когда температура ниже, двери и окна всегда закрыты, поэтому тепло и акустическая изоляция идеальны. Проблемы могут возникнуть летом, как правило окна и двери открыты, это значительно повышает уровень шума в окружающей среде, вызывая дискомфорт у конструктора, поэтому рекомендуется устанавливать кондиционер в окружающей среде, чтобы температура была контролируема в это время года, без необходимости открывать двери и окна, что, следовательно, позволяет переносить внешний шум с улицы в рабочую среду.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности рабочей зоны

Для общего освещения лучше использовать потолочные или встроенные светильники с люминесцентными лампами. Источники света рекомендуются нейтрально-белого или теплого белого цвета. Световой поток от газоразрядных ламп по спектральному составу близок к естественному освещению и поэтому более благоприятен для зрения.

Мероприятия по снижению уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия: согласно СанПиН 2.2.2.542-96 для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы при 8 часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы; дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см;

Для мониторов рекомендуется следующее дооснащение:

- защитный фильтр для экрана, ослабляющий переменное электрическое и электростатическое поля;
- для одиночных ПЭВМ или их однорядном расположений – специальное защитное покрытие на переднюю панель и боковые стенки.

Мероприятия по снижению психофизических показателей

Для уменьшения негативных последствий работы с ПЭВМ следует выбирать Рациональные режимы труда и отдыха, использовать защитные средства, осуществлять комплексные оздоровительно-профилактические мероприятия. Безопасные условия труда на ПЭВМ регламентируют СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Действие, которое было предпринято конструктором во избежание психофизиологических проблем, состояло в том, чтобы установить время отдыха 15 минут на каждый 1 час работы, встать с рабочей станции, прогуляться, выпить воды.

Мероприятия по снижению проблем с электрическим током

Для уменьшения опасности поражения электрическим током применяют ряд мер, основными из которых являются защитное заземление, заземление на нейтрал (зануление), применение пониженного напряжения, закрытие токоведущих частей и их ограждение, применение изолирующих средств— диэлектрических подставок, резиновых перчаток, бот, ковриков, защитных очков и др., сигнализация при случайном заземлении какой-либо точки

электрической цепи. С целью предупреждения поражений электрическим током к работе должны допускаться только лица, хорошо изучившие основные правила по технике безопасности[26]. В соответствии с правилами электробезопасности в служебном помещении должен осуществляться постоянный контроль состояния электропроводки, предохранительных щитов, шнуров, с помощью которых включаются в электросеть компьютеры, осветительные приборы, другие электроприборы, должны применяться защитные заземления (ГОСТ 12.1.030-81).

Мероприятия по снижению проблем со статическим электричеством

Заземление проводится независимо от использования других методов защиты. Более эффективным средством защиты является увеличение влажности воздуха до 65-75%, если позволяют условия технологического процесса. В качестве индивидуальных средств защиты могут применяться: антистатическая обувь, антистатический халат, заземляющие браслеты для защиты рук и другие средства, обеспечивающие электростатическое заземление тела человека.

5.5 Экологическая безопасность

Утилизация ТБО, оргоборудования, макулатуры, люминесцентных ламп

Отношения с отходами в офисе ограничиваются помещением их в мусорную корзину, а затем в ближайший мусорный бак, который обслуживает компания, занимающаяся вывозом мусора. А накопление отходов является составной частью понятия «обращение с отходами». К офисным отходам относятся ртутные лампы и списанная техника. Для них также необходимо иметь специально оборудованное место для накопления в целях их дальнейшей передачи специализированной компании. Российское законодательство в сфере обращения с отходами - (Приказ Минприроды России от 01.09.2011 N 721).

Загрязнение гидросферы применением СОЖ

В процессе изготовления «Шнекового дозатора» остаются производственные отходы в виде обрезков и стружки, которые тщательно собираются и увозятся в пункт приема металлолома, где в дальнейшем переплавляются в прокат и поступают опять на производство. В результате изготовления детали по технологическому процессу, был выявлен источник загрязнения гидросферы – использованная смазочно–охлаждающая жидкость для обработки детали.

Сброс отработанных СОЖ в канализацию наносит вред окружающей среде и является расточительным. Утилизация отработанных СОЖ проводится путем разрушения эмульсии, разделения ее на компоненты и очистки последних.

Для изготовления данного механизма предлагается применять метод центрифугирования. В процессе центрифугирования при большой частоте вращения происходит разрушение коллоидной системы, в результате которого масло, имеющее меньшую плотность, чем вода, отделяется от дисперсионной среды. Таким образом, задача с утилизацией использованной смазочно-охлаждающей жидкости решена.

5.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Для рабочего места за ПК наиболее вероятной и типичной ЧС является пожар. Соответственно, защита в ЧС в данном случае может быть рассмотрена как защита от пожара. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

Пожарная профилактика основывается на исключении условий, необходимых для горения, и использования принципов обеспечения безопасности[27]. Для устранения возможности пожара в помещении необходимо соблюдать противопожарные меры:

- применение средств пожаротушения;
- использование пожарной сигнализации;

- содержание электрооборудования в исправном состоянии, использование плавких предохранителей и автоматических выключателей в аппаратуре, по окончанию работ все установки должны обесточиваться;

- наличие в помещении средств пожаротушения (огнетушители типа ОУ-3, пожарный инструмент, песок) и содержание их в исправном состоянии;

- содержание путей и проходов эвакуации людей в свободном состоянии;

- проводить раз в год инструктаж по пожарной безопасности;

- назначение ответственного за пожарную безопасность помещения.

Процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, их числом и размером, план эвакуации на рабочем месте конструктора показан на рисунке 46. После эвакуации людей необходимо принять меры по пожаротушению.



Рисунок 46 – План эвакуации

Выводы по разделу

Чрезвычайно важно, чтобы инженер разработал системный взгляд на мир, чтобы признать, что он является агентом социальных преобразований. Таким образом, недостаточно знать эмпирические, технические и научные знания, нужно также знать, как применять эти знания этическим и человеческим образом, поэтому во всех проектах важно выработать

социальную ответственность разрабатываемого проекта. Поэтому были рассмотрены важные вопросы, связанные с организационными законами, безопасностью труда, планировкой рабочей зоны.

Проанализировав эти факторы по отношению к рабочему месту, мы можем сделать вывод:

- требования к микроклимату в помещении и уровню шума на рабочем месте частично соблюдены;
- была предложена установка кондиционирования воздуха, поэтому окна и двери не нужно открывать летом, так как это значительно увеличивает количество внешнего шума в помещении, вызывая дискомфорт у работника.

В подразделе экологическая безопасность рассмотрен характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, был предложен конкретный способ утилизации смазочной охлаждающей жидкости для производства исследуемого объекта. Данный способ называется центрифугированный. Что касается канцелярских отходов, было рекомендовано разделить их в подходящем месте и по классам отходов, например, отделить бумагу от флуоресцентной лампы перед тем, как отправиться в компанию, ответственную за утилизацию.

В подразделе безопасность в чрезвычайных ситуациях приведены возможные ЧС на рабочем месте, а также методы их предотвращения. Было установлено, что основной возможной причиной аварии является возникновение пожара, были представлены методы его предотвращения, а также план эвакуации здания.

Заключение

В ходе выполнения магистерской диссертации были систематизированы и закреплены знания в сфере профессиональной деятельности. Основная цель проекта достигалась путем последовательного решения поставленных задач:

1. Проведен литературный обзор дозаторов и проанализированы их конструкции.

2. Разработано техническое задание на выполнение научно-исследовательской работы.

3. Разработана принципиальная схемы шнекового дозатора для нефтяного шлама.

4. Определены геометрические параметры и построена 3д-модель вертикального шнекового дозатора для подачи нефтяного шлама в реактор термолиза.

5. Построена математическая модель шнекового дозатора нефтяного шлама.

6. Проводилась теоретическое исследование характеристик шнекового дозатора при различных параметрах нефтяного шлама.

7. Проводился сравнительный анализ теоретических исследований шнекового дозатора нефтяного шлама.

В разделе математическое моделирование была построена математическая модель шнекового дозатора. Далее полученная модель была исследована в среде Matlab и Simulink. Из исследования видно, что колебания, создаваемые устройствами дозатора допустимы для использования.

Определена экономическая и ресурсоэффективная составляющая работы. Произведен расчет требующихся затрат на реализацию НИОКР, определены сильные, слабые стороны проекта.

Рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места конструктора. Составлен перечень опасных и вредных факторов.

Список использованных источников

1. Вайсман Я.И., Глушанкова И.С., Рудакова Л.В., Дьяков М.С. Исследования физико-химических свойств и термической деструкции отходов нефтеперерабатывающих предприятий // Научные исследования и инновации. 2010. Т. 4.
2. Красногорская Н. Н., Магид А. Б., Трифонова Н. А. Утилизация нефтяных шламов // Нефтегазовое дело. – 2004. – Т. 2. – С. 217-222.
3. Геррманн Х., Шнековые машины в технологии. ФРГ, 1972. Пер. с нем. под ред. Л. М. Фридмана. Л., «Химия», 1975.
4. А.О. Спиваковский, В.К.Дьячков. Транспортируемые машины, М., 1983.
5. Проектирование наклонно-винтовых конвейеров для промышленного применения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.powderbulksolids.com/mechanical-conveying/designing-inclined-screw-conveyors-industrial-applications>, свободный. [дата обращения: 27.01.2021].
6. Г. С. Сулейн., В. Н. Иванец., Шнековый дозатор., Патент № 1064144.
7. Карнадуд Е. Н., Федосенков Б. А., Федосенков Д. Б., Токарев С. В., Барабошкин О. В., Котляров Р. В., Шнековый дозатор сыпучих материалов., Патент №131365.
8. Марон, Ф. П. Справочник по расчетам механизмов подъемно-транспортных машин / Ф. П. Марон, А. В. Кузьмин. – Минск: Научная литература, 1983.
9. Н. Т. Сурашов, М. И. Гудович, Л. Д. Мукиева. Расчет винтовых конвейеров. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине «Подъемно-транспортные машины» для специальности 5В071300 «Транспорт, транспортная техника и технологии». – Алматы: КазНТУ им. К. И. Сатпаева, 2014. – С. 1–32.

10. Григорьев А. М., Винтовые конвейеры., М., Машиностроение., 1972, 184 стр.
11. Рогинский, Г. А. Дозирование сыпучих материалов / Г. А. Рогинский. – М: Химия, 1978.
12. А.С. Кантаев, И.Д. Брус., Исследование процесса дозирования порошкообразных материалов., Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики, 2014, - С. 1-24.
13. ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ АИР132М4 (АДМ132М4) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.esbk.ru/products_info/ed/101_ed_as_obprom/elektrodrigatel_air_132m4.html, свободный. [дата обращения: 19.02.2021].
14. П. Г. Гузенков., Детали машин. – М: Высшая школа, 1986.
15. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т. 1., – М: Машиностроение, 2001.
16. ПАО «Славнефть-ЯНОС»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yanos.slavneft.ru/about/contacts/>, свободный. [дата обращения: 05.03.2021].
17. ООО «Ферганский НПЗ»[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://fnpz.uz/index.php/ru>, свободный. [дата обращения: 05.03.2021].
18. ПАО «Газпром нефть»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazprom-neft.ru/>, свободный. [дата обращения: 05.03.2021].
19. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ(ред. от 01.05.2021). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683, свободный, [дата обращения: 5.05.2021].
20. ГОСТ 12.0.002-14 «ССБТ. Основные понятия. Термины и определения».

21. ГОСТ 12.1.005-88«Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».
22. СанПиН 2.2.4.548-96«Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
23. СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
24. СНиП 23 – 05 – 95. «Естественное и искусственное освещение».
25. Лампа люминесцентная Osram T8 G13 18 Вт свет холодный белый 765. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://leroymerlin.ru/product/lampa-lyuminescentnaya-osram-t8-g13-18-vt-svet-holodnyy-belyy-765-12215543/?utm_source=gdeslon&sub=95774&utm_medium=partner&partners=12345&gclid=EAIaIQobChMI64K6mbCB8QIV8AWiAx18dwMqEAAYASAAEgLBYPD_BwE, свободный, [дата обращения: 12.05.2021].
26. ГОСТ 12.1.019 – 2017 ССБТ. «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».
- ГОСТ 12.1.004 – 91 ССБТ. «Пожарная безопасность».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

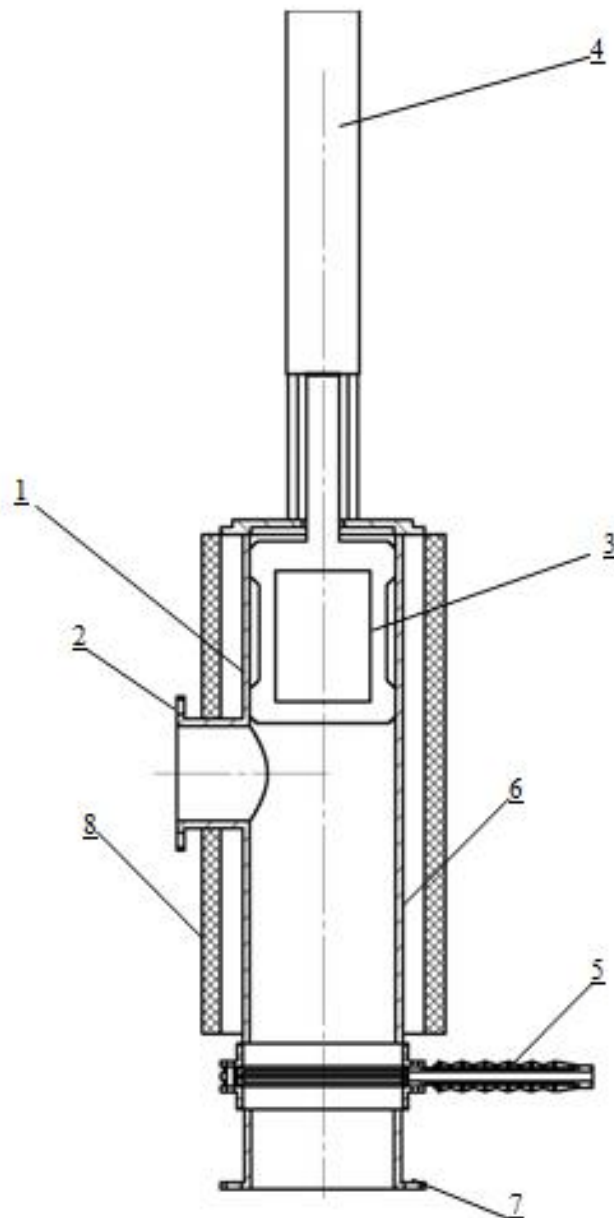


Рисунок 1 – Компоновочная схема шнекового дозатора вертикального типа
1 – Корпус; 2 – Патрубок подачи; 3 – Механизм дозирования; 4 – Привод; 5 –
Шиберный механизм; 6 – Рубашка обогрева; 7 – Патрубок выгрузки; 8 –
Теплоизоляция

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Техническое задание

1 Требования к составу изделия

1.1 Изделие должно включать составные части, перечисленные в таблице 1.

Таблица 1 – Состав изделия

№ поз.	Наименование	Кол.	Примечание
1	Корпус	1	
2	Патрубок подачи	1	
3	Система дозирования	1	
4	Привод	1	
5	Шиберный механизм	1	
6	Рубашка обогрева	1	
7	Патрубок выгрузки	1	
8	Теплоизоляция	1	

1.2 Состав изделия допускается уточнять на любом этапе изготовления.

1.3 Общий вид изделия (см. Приложение А) может быть изменен, исходя из общих решений по компоновке технологической линии

2 Требования по назначению

2.1 Узел дозирования (далее – изделие) предназначен для:

- дозирования очищенных нефтешламов (далее – сырье);
- подачи нефтешламов в реактор термолиза.

2.2 Патрубок подачи предназначен для подачи нефтешлама в узел дозирования.

2.3 Система дозирования предназначена для формирования объемной порции сырья.

2.4 Привод предназначен для приведение в действие системы дозирования.

2.5 Шиберный механизм предназначен для прекращения подачи сырья в реактор термолиза.

2.6 Рубашка обогрева предназначена для сообщения тепловой энергии сырью в системе дозирования.

2.7 Патрубок вывода предназначен для подачи сырья в реактор термолиза.

2.8 Теплоизоляция предназначена для уменьшения отдачи тепла в окружающую среду и создания необходимого температурного режима.

3 Требования к техническим характеристикам изделия

3.1 Технические характеристики изделия должны соответствовать таблице 2.

Таблица 2 - Технические характеристики изделия

Наименование характеристики, ед. изм.	Значение характеристики
Производительность по исходному сырью, кг/час	до 1000
Вязкость исходного сырья, сСт	не более +1000
Температура вспышки исходного сырья, °С	не ниже 45
Плотность исходного сырья, кг/м ³	800-1400
Содержание углеводов в исходном сырье, масс. %	10-80
Температура входящего продукта, °С	до 90
Максимальный размер посторонних включений, мм	не более 30

4 Требования к электропитанию изделия

4.1 Электропитание изделия должно осуществляться от сети переменного тока со следующими характеристиками:

- четырехпроводная линия (три провода фаз, один защитный провод с заземлением, выполняющим функцию нейтрали);
- номинальное напряжение между фазными проводниками: 380В;
- номинальное напряжение между нулевым проводником и любым фазным проводником: 220В;
- частота переменного тока: 50 Гц.

4.2 Характеристики изделия, указанные в п. 3 настоящего технического задания, должны сохранять свои значения при медленных отклонениях напряжения сети электропитания от плюс 10 % до минус 10 % от номинального значения при частоте переменного тока (50 ± 1) Гц.

4.3 Требования по защите от статического электричества - в соответствии с РД39-22-113-78.

5 Требования по живучести и стойкости к внешним воздействиям

5.1 При эксплуатации изделие и его составные части должны быть устойчивы к следующим воздействующим факторам:

- температура окружающего воздуха: от плюс 5°C до плюс 30°C;
- относительная влажность окружающего воздуха: до 90 % при температуре окружающего воздуха плюс 20 °C;

5.2 При хранении либо транспортировании в упакованном (и/или законсервированном) виде изделие и его составные части должны быть прочными к следующим воздействующим факторам:

- температура окружающей среды от минус 40°C до плюс 50°C;
- относительная влажность окружающего воздуха: до 95 % при температуре окружающего воздуха плюс 20 °C.

5.3 Условия эксплуатации, хранения и транспортирования изделия допускается уточнять по согласованию между Заказчиком и Исполнителем на этапе разработки технической документации.

6 Требования к надежности

6.1 Требования устанавливаются в соответствии с гарантийными обязательствами Изготовителя.

6.2 Состав и значение показателей надежности изделия уточняются в ходе разработки технической документации на изделие.

6.3 Под отказом следует понимать состояние изделия, приводящее к несоответствию его характеристик указанным в п. 3 настоящего технического задания.

7 Требования к эксплуатации, удобству технического обслуживания и ремонта

7.1 Изделие должно быть ремонтпригодным в течение всего срока службы изделия. Ремонт изделия должен проводиться на объекте или в специализированных мастерских.

7.2 Виды и периодичность технического обслуживания изделия должны осуществляться в соответствии с требованиями, указанными в эксплуатационной документации.

7.3 К эксплуатации, обслуживанию и ремонту изделие допускается только специально обученный персонал.

7.4 Обучение персонала Заказчика эксплуатации, обслуживанию и ремонту изделия организуется в соответствии с основанием для изготовления.

7.5 Состав комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей может уточняться Изготовителем и согласовывается с Исполнителем и Заказчиком на этапе разработки технической документации на изделие.

8 Требования транспортабельности

8.1 Изделие может транспортироваться любым видом транспорта. Независимо от вида используемого транспорта, изделие не должно быть повреждено.

9 Требования безопасности

9.1 Изделие должно быть безопасным при использовании по назначению.

10 Требования к сырью, материалам и комплектующим изделия

10.1 Выбор и применение покупных комплектующих изделий, материалов и сырья производится Изготовителем на этапе разработки технической документации исходя из требований реализации технических характеристик.

11 Требования к консервации, упаковке и маркировке

11.1 Консервация, упаковка и маркировка изделия и его составных частей определяется Изготовителем на этапе разработки технической документации.

11.2 Маркировка изделия и его составных частей должна быть устойчивой в течение всего срока службы изделия, и не должна смываться жидкостями, используемыми при эксплуатации изделия.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Функция

```
function f=mass3(t,n)
m1=66.3;%Масса 1, кг
m2=27.55;%Масса 2, кг
m3=50.47;%Масса 3, кг
h1=8194.1;%Кoeffициент демпфирования, Н*с/м
h2=18277.3;%Кoeffициент демпфирования, Н*с/м
h3=3365.2;%Кoeffициент демпфирования, Н*с/м
c1=438596491;%Жесткость вала, Н/м
c2=79644399794;%Жесткость деталей (прижим, втулка) 2, Н/м
c3=1185770750;%Жесткость крепления, Н/м
Fext=5583.3;
%n(1)=x1, n(2)=V1, n(3)=x2, n(4)=V2, n(5)=x3, n(6)=V3
f=[n(2);
    (Fext-c1*(n(1)-n(3))-h1*(n(2)-n(4)))/m1;
    n(4);
    (c1*(n(1)-n(3))+h1*(n(2)-n(4))-c2*(n(3)-n(5))-h2*(n(4)-n(6)))/m2;
    n(6);
    (c2*(n(3)-n(5))+h2*(n(4)-n(6))-c3*n(5)-h3*n(6))/m3];
f01=(sqrt(c1/m1)/(2*pi))
f02=(sqrt((c1+c2)/m2)/(2*pi))
f03=(sqrt((c2+c3)/m3)/(2*pi))
end
```

Программа

```
clear;
clc;
close all;
[t,n]=ode45(@mass3,[0,5],[0,0,0,0,0,0]); %Дифференцируем
x1=n(:,1);
V1=n(:,2);
x2=n(:,3);
V2=n(:,4);
x3=n(:,5);
V3=n(:,6);
%Dля тела 1
subplot(2,3,1) %Создадим верхнее окно с графиком
plot(t,x1,'b'); %Построим график, b-голубой цвет
grid on; %Добавим сетку
title('Перемещение тела 1'); %Добавим название графику
```

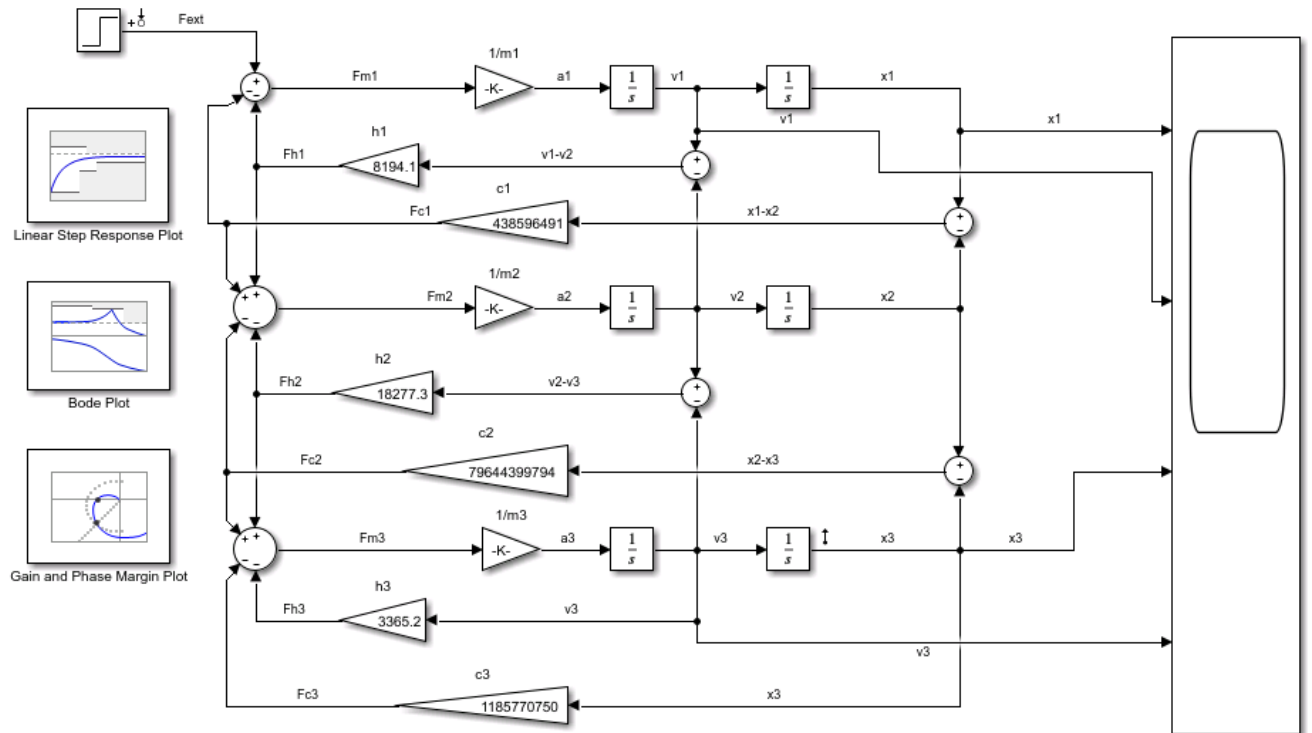
```

xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Расстояние, м'); %Подписываем ось y
subplot(2,3,4) %Создадим нижнее окно с графиком
plot(t,V1,'r'); %Построим график, r-красный цвет
gridon; %Добавим сетку
title('Скорость тела 1'); %Добавим название графику
xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Скорость, м/с'); %Подписываем ось y
%Dля тела 2
subplot(2,3,2) %Создадим верхнее окно с графиком
plot(t,x2,'b'); %Построим график, b-голубой цвет
gridon; %Добавим сетку
title('Перемещение тела 2'); %Добавим название графику
xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Расстояние, м'); %Подписываем ось y
subplot(2,3,5) %Создадим нижнее окно с графиком
plot(t,V2,'r'); %Построим график, r-красный цвет
gridon; %Добавим сетку
title('Скорость тела 2'); %Добавим название графику
xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Скорость, м/с'); %Подписываем ось y
%Dля тела 3
subplot(2,3,3) %Создадим верхнее окно с графиком
plot(t,x3,'b'); %Построим график, b-голубой цвет
gridon; %Добавим сетку
title('Перемещение тела 3'); %Добавим название графику
xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Расстояние, м'); %Подписываем ось y
subplot(2,3,6) %Создадим нижнее окно с графиком
plot(t,V3,'r'); %Построим график, r-красный цвет
gridon; %Добавим сетку
title('Скорость тела 3'); %Добавим название графику
xlabel('Время, с'); %Подписываем ось x
ylabel('Скорость, м/с'); %Подписываем ось y

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Схема в Simulink



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

The analysis of the oil sludge parameters influence on the characteristics of the screw feeder

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ91	Алиев Азизбек Абдулазиз угли		

Консультант школы отделения (НОЦ) _____ (ШБИП ОИЯ) _____ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ	Миронова Вероника Евгеньевна	к.ф.н.		

3 CALCULATION AND ANALYTICS

The main content of the work

The object of research is the screw feeder for oil sludge.

The calculation method was chosen as the research method. This method includes theoretical research, which allows you to accurately evaluate and analyze the data obtained.

Mathematical research is carried out using various software products and analysis of the data obtained.

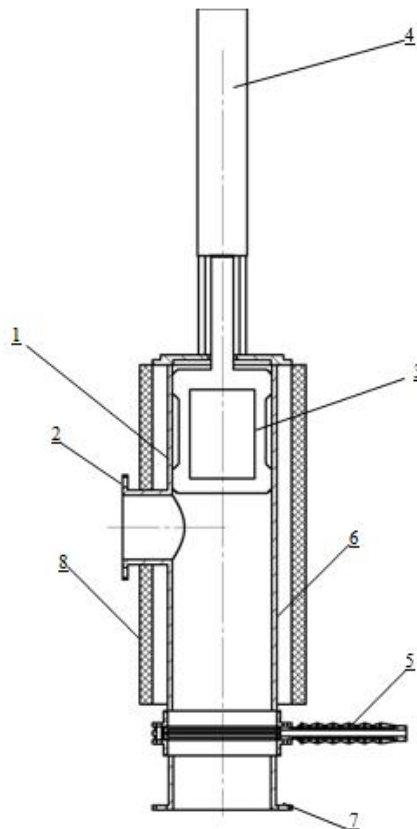


Figure 1 - General view of the screw feeder

1 - Shell; 2 - Supply branch pipe; 3 - Dosing system; 4 - Drive; 5 - gate mechanism; 6 - Heating jacket; 7 - unloading branch pipe; 8 - Thermal insulation

Oil sludge through the inlet pipe (1) enters the lower part of the housing (2) of the dosing unit. Oil sludge, as the body is filled, flows to the bypass valve connected to the loading unit. A feed screw (3) is installed in the housing, which, rotating at a frequency of 47 rpm, moves the material to the outlet pipe (4). The outlet pipe is

designed to remove oil sludge from the dosing unit to the reactor. Gate valves (6) are installed on the inlet, outlet and bypass branch pipes. Through the open gate valve of the inlet pipe, the oil sludge enters the body of the dosing unit. In this case, the gate valve of the bypass branch pipe must be open. The dosing unit is filled with oil sludge, the excess oil sludge is sent back to the loading unit. After that, the gate valves of the inlet and bypass branch pipes are closed, the gate valve of the outlet branch pipe is opened and the drive (7) of the feed screw is turned on. The rotation of the feed screw (auger) is provided by a drive consisting of a geared motor mounted on the feed screw shaft. To reduce heat losses to the environment, the dosing unit is equipped with thermal insulation (8).

3.1 DETERMINATION OF THE SCREW DIAMETER

$$D_s = 0,275 \sqrt[3]{\frac{Q}{k_D n_s \psi \rho k_\beta}} \quad (1)$$

where Q – capacity, t/hr;

k_D – screw pitch to screw diameter ratio:

– for abrasive materials $k_D = 0,8$,

– for non-abrasive $k_D = 1,0$;

n_s – screw rotation speed, rpm;

ψ – gutter filling factor (table 2);

ρ – material density, t/m³;

k_β – coefficient of capacity reduction depending on the angle of inclination of the dispenser (table 3).

Taking into account the unevenness of the feed, the calculated capacity:

$$Q_c = 1 \cdot 1,2 = 1,2 \quad (2)$$

According to GOST 2037 - 82 we preliminarily take the speed of rotation of the screw $n_s = 47,5$

$$D_s = 0,275 \sqrt[3]{\frac{1,2}{0,8 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 \cdot 1}} = 0,155 \text{ m};$$

The outer diameter of the screw must be consistent with the data in the table.

1[1].

Table 1 - Diameter and pitch of the screw of the screw feeder

Diameter, mm		100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
Pitch, mm	For bulk materials	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
	For viscous materials	80	100	125	160	200	250	320	400	500	650

Accept: diameter $D_s = 160$ mm;

The performance of the screw feeder is influenced by the coefficient of friction of the material against the surface of the screw f_s the ratio of the pitch of the screw to its diameter $\varepsilon = \frac{S}{D_s}$, screw type, etc. It was found that with an increase in the coefficient of friction f_s productivity decreases.

A direct proportional relationship is established between the pitch S and the diameter D_s of the screw.

$$S = \varepsilon \cdot D_s \text{ or } \varepsilon = \frac{S}{D_s} \quad (3)$$

The value of ε fluctuates within $\varepsilon = 0.6 \div 1.2$ and is assigned taking into account the type of transported material.

In design practice, a large screw pitch is recommended for horizontal conveyors or when moving light bulk materials. In these cases, take $\varepsilon = 0.751$.

For inclined conveyors or when metering heavy (viscous) materials, for materials that strongly abrade the surface, for a more uniform movement of the material, the pitch of the screw is chosen less and is usually taken $\varepsilon = 0.5 \div 0.7$.

The gutter filling factor is the ratio of the cross-sectional area of the material flow F_{nom} to the area of the end projection of the screw $f_s \psi = \frac{F_{nom}}{F_s}$.

Too much filling increases the friction between the material and the screw. This also increases the risk of screw clogging and material blockages. Taking these

and other factors into account, the value of ψ is taken in the range of $0.125 \div 0.4$, depending on the type of material being moved.

Table 2 - Values of the coefficient of productivity reduction depending on the angle of inclination

β^*	0	5	10	15	20
k_β	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

For vertical batchers, the coefficient k_β is taken as 1.

A mathematical check of the screw diameter can be performed according to the ratio:

$$D_s \geq (4 \div 6) \alpha_{\max}, \text{ m}$$

where α_{\max} – maximum size of foreign inclusions.

$$160 \text{ mm} \geq 180 \text{ mm}$$

The condition for the operability of the screw diameter is not met, since the maximum size of foreign inclusions in the oil sludge is not more than 30 mm.

3.2 PERFORMANCE CALCULATION

Checking the performance of the screw dispenser is carried out according to the following formula:

$$Q = 1,5 \pi \cdot D_s^2 \cdot S \cdot n_s \cdot \psi \cdot \rho, \text{ t/hr} \quad (4)$$

where S – screw pitch, m;

D_s – screw diameter, m;

n_s – screw speed, rpm;

ρ – material density, t/m³;

ψ – gutter fill factor (Table 2).

$$Q = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,160^2 \cdot 0,125 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 = 0,12 \text{ t/hr}$$

Table 2 - Values of the chute fill factor and the load resistance coefficient

Cargo group	A	ψ	ω
Light non-abrasive	65	0,4	1,2
Light low-abrasive	50	0,32	1,6
Heavy low-abrasive	45	0,25	2,5

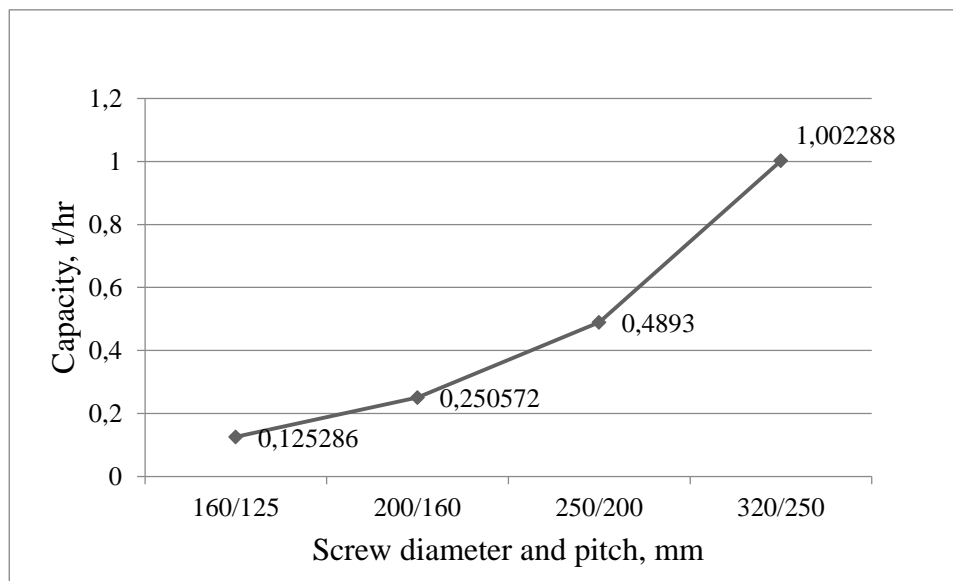
Heavy abrasive	30	0,125	4,0
----------------	----	-------	-----

When checking the actual performance according to formula (4), the dispenser also does not provide the desired result. In this regard, we will use the method used by A.M. Grigoriev.

The screw diameter is selected based on the existing design of screw dispensers from Table 1.

We accept the screw diameter of 320 mm, the pitch of 250 mm.

$$Q = 1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,320^2 \cdot 0,250 \cdot 47,5 \cdot 0,125 \cdot 1,4 = 1,002288 \text{ t/hr}$$



Graph 1 - Productivity of the screw dispenser at the specified parameters

The speed of the screw has a significant impact on the operation of the screw. With an increase in the speed of rotation, the speed of moving the material on the conveyor increases and the productivity of the screw increases.

When designing a screw, the speed of rotation of the screw is assigned depending on the type of transported material and its properties, the diameter and pitch of the screw, the accepted filling factor of the screw. In general, the greater the permissible speed of the screw, the lower the bulk density and abrasive properties of the transported material and the smaller the diameter of the screw.

For the normal operation of the screw, it is necessary that the condition is met:

$$n_s \leq n_{\max}$$

where n_s – accepted operating speed of the screw;

n_{\max} – the maximum permissible speed of the screw, determined by approximate ratios.

for small non-abrasive:

$$n_{\max} = \frac{60}{\sqrt{D_s}} \quad (5)$$

$$n_{\max} = \frac{60}{\sqrt{D_s}} = \frac{60}{\sqrt{0,320}} = 106,08 \text{ rpm}$$

for heavy non-abrasive materials:

$$n_{\max} = \frac{45}{\sqrt{D_s}} \quad (6)$$

$$n_{\max} = \frac{45}{\sqrt{D_s}} = \frac{45}{\sqrt{0,320}} = 79,56 \text{ rpm}$$

for heavy abrasive materials:

$$n_{\max} = \frac{30}{\sqrt{D_s}} \quad (7)$$

$$n_{\max} = \frac{30}{\sqrt{D_s}} = \frac{30}{\sqrt{0,320}} = 53,04 \text{ rpm}$$

where D_s – screw diameter, m.

The condition of the working capacity of the screw at the speed of rotation is fulfilled:

$$n_s = 47,5 \leq n_{\max} = 53,04 \text{ rpm}$$

3.3 DETERMINATION OF THE SCREW SHAFT DIAMETER

The next step is to calculate the diameter of the screw shaft according to the formula (8):

$$d = 35 + 0,1 \cdot D_s \quad (8)$$

where D_s – screw diameter of the screw dispenser, mm.

Substituting the original data into the formula (8), we get:

$$d = 35 + 0,1 \cdot 320 = 67 \text{ mm}$$

According to GOST 10704-91, we will take a similar-sized straight-seam electric-welded steel pipe – 70 × 8.

According to the above GOST 10704-91, the pipe has an outer diameter of $d = 70$ mm, the wall thickness of the pipe $s = 8$ mm.

3.4 DETERMINING THE PARAMETERS OF THE SCREW TURN

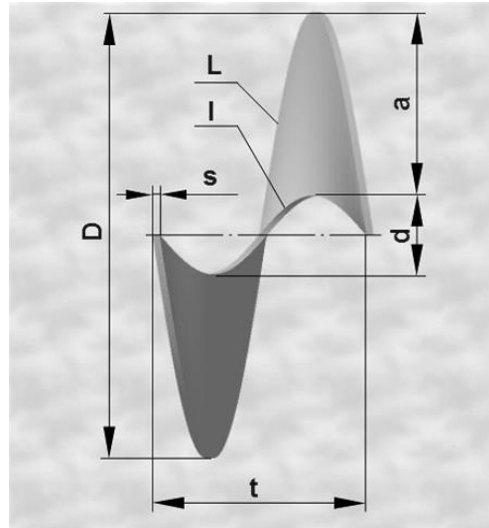


Figure 2 – Screw turn

Consider the turn of the screw:

The length of the outer helix of the screw, turn according to the Pythagorean theorem:

$$L = \sqrt{(\pi \cdot D_s)^2 + t^2} \quad (9)$$

$$L = \sqrt{(3,14 \cdot 320)^2 + 250^2} = 1035,928 \text{ mm}$$

Similarly, the length of the inner helix of the screw turn:

$$l = \sqrt{(\pi \cdot d_s)^2 + t^2} \quad (10)$$

$$l = \sqrt{(3,14 \cdot 70)^2 + 250^2} = 332,958 \text{ mm}$$

Screw turn height:

$$a = \frac{D_s - d_s}{2} \quad (11)$$

$$a = \frac{320 - 70}{2} = 125 \text{ mm}$$

Consider the sweep of the screw turn.

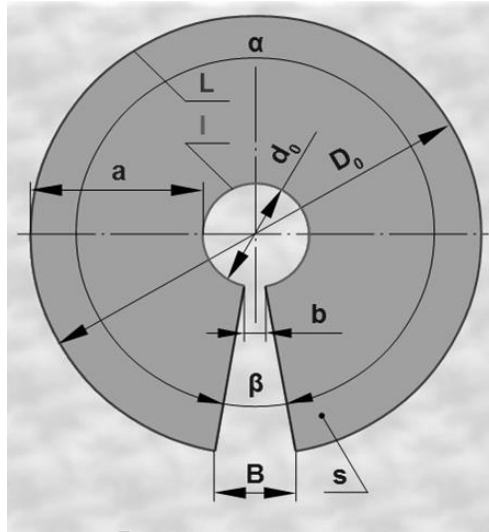


Figure 3 – Sweep of the screw turn

The following three formulas reflect the relationship between the spatial loop and the flat scan. (The angles in the calculations are in radians).

The length of the outer arc of the workpiece must be equal to the length of the outer helix of the turn:

$$L = \frac{\alpha \cdot D_0}{2} \quad (12)$$

The length of the inner arc of the workpiece must be equal to the length of the inner helix of the screw turn:

$$l = \frac{\alpha \cdot d_0}{2} \quad (13)$$

The width of the annular sector of the workpiece must be equal to the height of the screw turn:

$$a = \frac{D_0 - d_0}{2} \quad (14)$$

Subtract equation (13) from expression (12), replace part of the expression with dependence (14), and express the angle of the annular body of the scan:

$$L - l = \alpha \frac{D_0 - d_0}{2} = \alpha \cdot a$$

$$\alpha = \frac{L - l}{a} \quad (15)$$

$$\alpha = \frac{1035,928 - 332,958}{125} = 5,62 \text{ rad.}$$

Knowing the angle α from expressions (16) and (17), we find the scan diameters:

$$D_0 = \frac{2 \cdot L}{\alpha} \quad (16)$$

$$D_0 = \frac{2 \cdot 1035,928}{5,62} = 368,4 \text{ mm}$$

$$d_0 = \frac{2 \cdot l}{\alpha} \quad (17)$$

$$d_0 = \frac{2 \cdot 332,95}{5,62} = 118,4 \text{ mm}$$

The angle of the cutout in the scan:

$$\beta = 2 \cdot \pi - \alpha \quad (18)$$

$$\beta = 2 \cdot 3,14 - 5,62 = 0,66 \text{ rad.}$$

The size of the cutouts according to the outer and inner diameters of the scan:

$$B = D_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (19)$$

$$B = 368,4 \cdot \sin\left(\frac{0,66}{2}\right) = 119,281 \text{ mm}$$

$$b = d_0 \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \quad (20)$$

$$b = 118,4 \cdot \sin\left(\frac{0,66}{2}\right) = 38,33 \text{ mm}$$

In conclusion, for reference, we calculate the mass of the workpiece of the screw turn:

$$G = \frac{s_w \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_0^2 - d_0^2)}{(2 \cdot \pi) \cdot \alpha \cdot \rho_m} \quad (21)$$

where s_w – thickness of the screw turn blank sheet, mm;

ρ_m – the density of the workpiece material, g/mm³.

$$G = \frac{6 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot (1035,92^2 - 118,4^2)}{(2 \cdot 3,14) \cdot 5,62 \cdot 0,0078} = 4003,993 \text{ g}$$

3.5 DETERMINING THE SPEED OF THE TRANSPORTED MATERIAL

$$V = \frac{S n_s}{60} \quad (22)$$

where S – the same as in formula (7)

$$V = \frac{0,250 \cdot 47,5}{60} = 0,1979 \text{ m/s}$$

Axial speed of cargo movement:

$$v = D_s \cdot n_s \quad (23)$$
$$v = 0,320 \cdot 47,5 = 15,2 \text{ m/min} = 0,2533 \text{ m/sec}$$

3.6 DETERMINATION OF THE SHELL DIAMETER

Taking into account the calculated screw diameter $D_s = 320$ mm, we take the diameter of the shell in which the screw will be located. The nominal gap between the screw and the chute for pasty materials should be 3-5 mm:

$$D_{sh} = (3 \div 5) + D_s \quad (24)$$

Substituting the original data into the formula, we get:

$$D_{sh} = 5 + 320 = 325 \text{ mm}$$

3.7 CHECKING THE TANGENTIAL STRESSES ON THE SCREW SHAFT

According to the catalog, we choose an AIR132M4 electric motor with a power of $P_{el}=11$ kW, the rated speed of the $n=1500$ rpm.

$$M_2 = M_1 \cdot u \cdot \eta = 72,4 \cdot 31,6 \cdot 0,7722 = 1766,7 \text{ Hm}$$

Gear ratio of the gearbox:

$$u = \frac{n_1}{n_2} \quad (25)$$
$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1500}{47,5} = 31,6$$

System efficiency:

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 = 0,995 \cdot 0,995^2 \cdot 0,8 \cdot 0,98 = 0,7722$$

$$\tau = \frac{M_2}{W} \leq [\tau] \quad (26)$$

$$0,2 \cdot d_1^3 \left(1 - \frac{d_1}{d}\right) \tag{27}$$

$$0,2 \cdot 0,07^3 \left(1 - \frac{0,054}{0,07}\right) = 1,5 \cdot 10^{-5}$$

$$\omega_e = \frac{\pi \cdot n_e}{30} = \frac{3,14 \cdot 47,5}{30} = 4,97 \text{ rad} / \text{c} \tag{28}$$

To determine whether the shaft will withstand the loads caused by the impact of torque, a static simulation study was proposed in accordance with the stress assessment criteria with Von Misses.

The figure shows the simulation results obtained in the SolidWorks software:

Static analysis nodal stress on the shaft

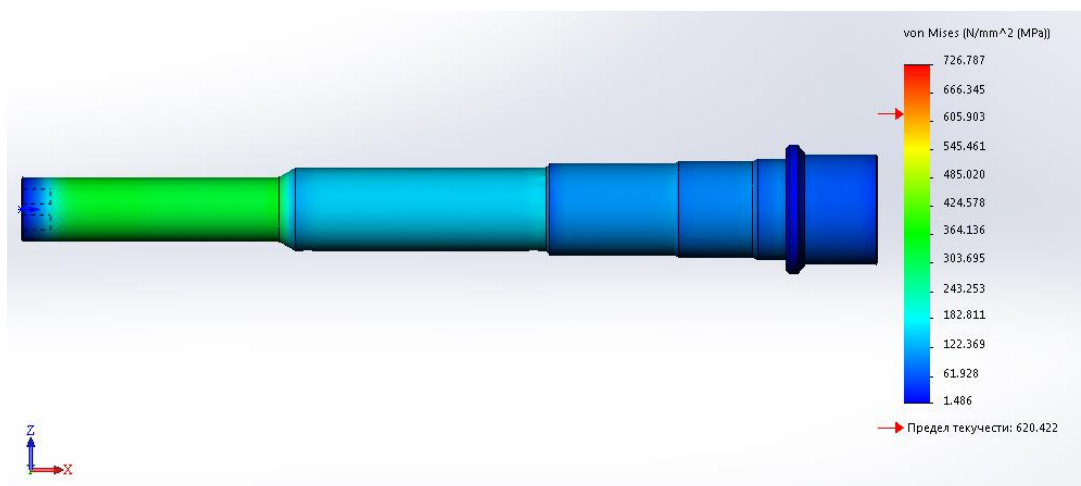


Figure 4 – Stress analysis results

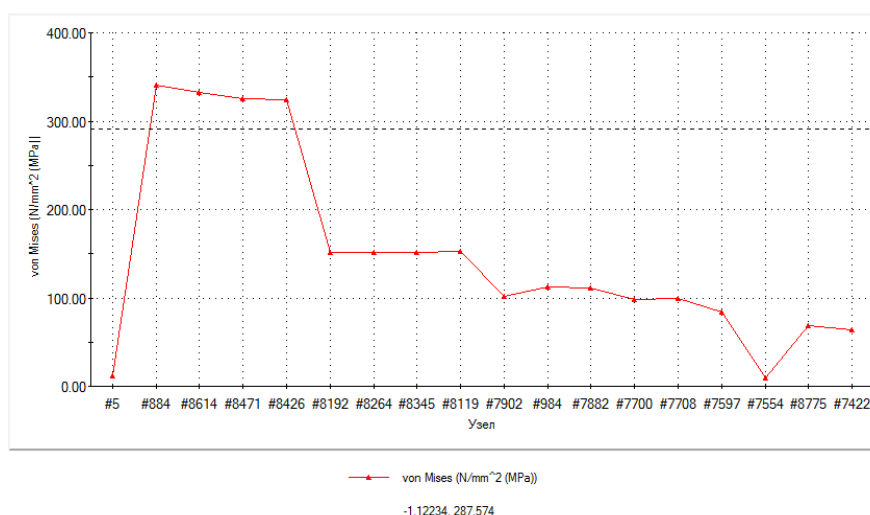


Figure 5 – Stress analysis plot

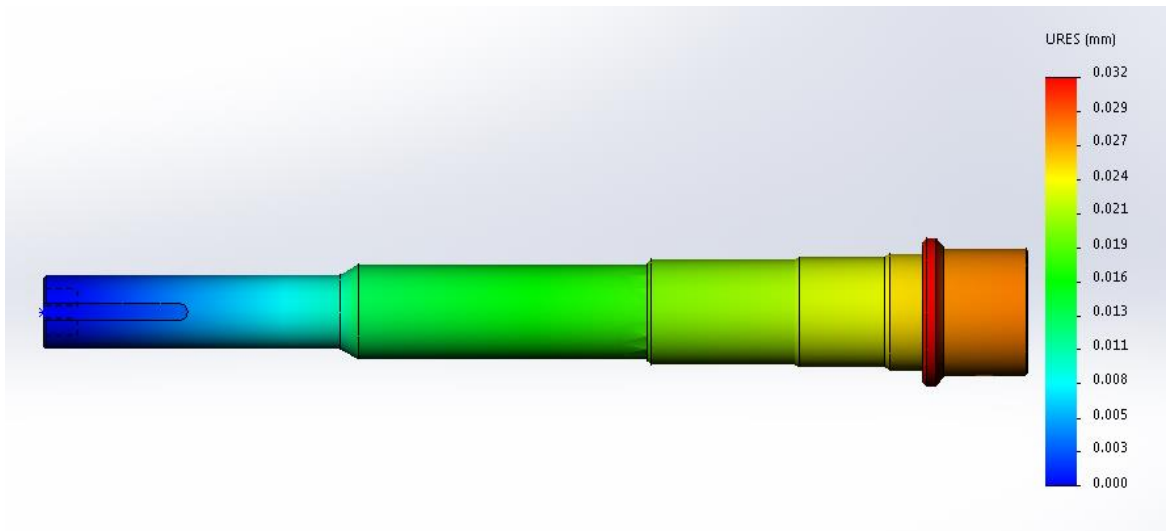


Figure 6 – Results of the movement analysis

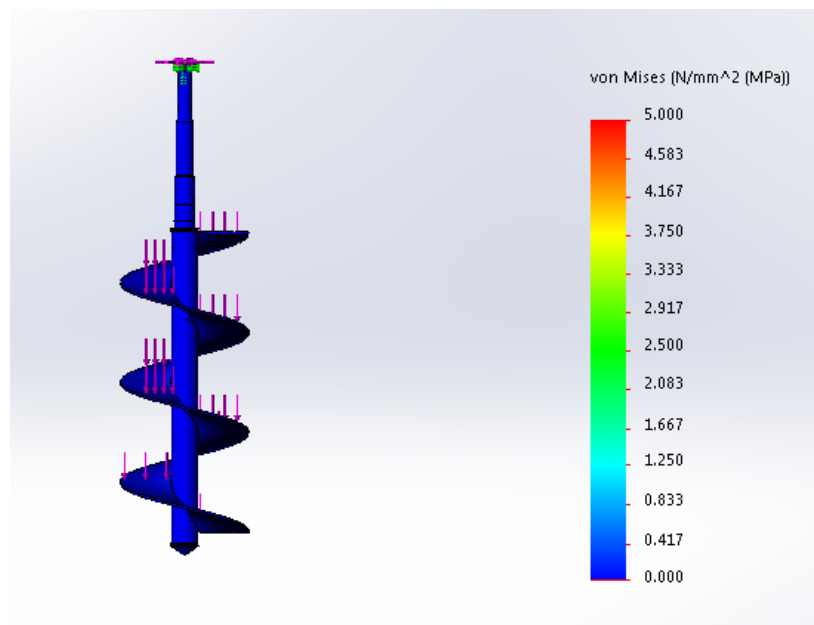


Figure 7 – Results of the voltage analysis

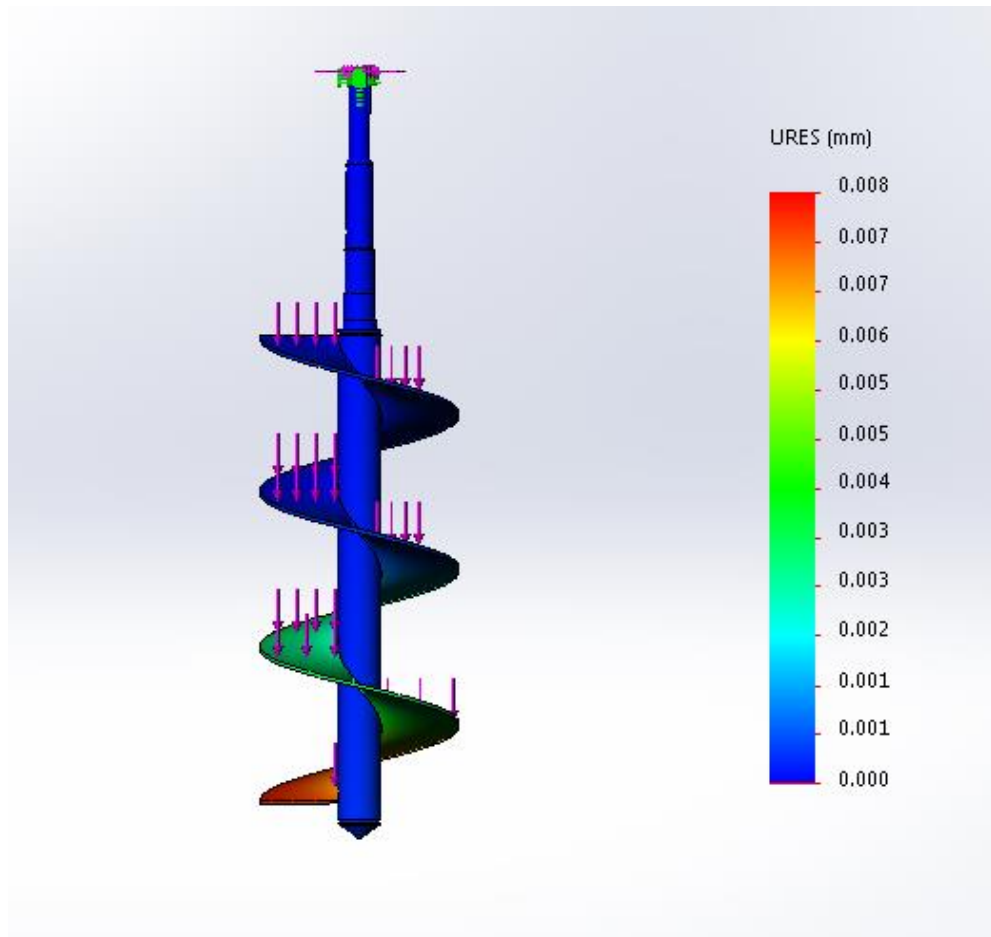


Figure 8 – Results of the movement analysis

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

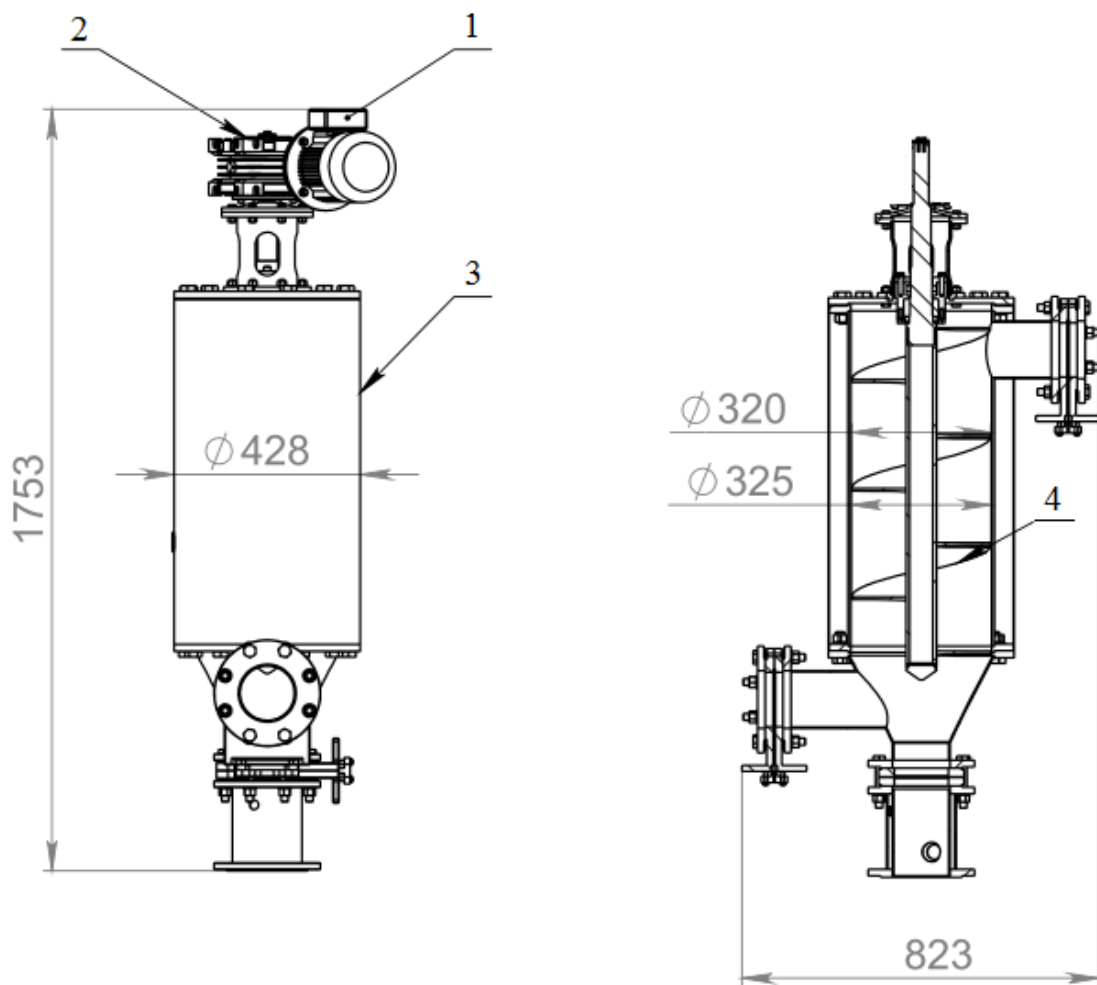


Рисунок 1 – Общий вид шнекового дозатора

1 – Электродвигатель; 2 – Редуктор; 3 – Корпус; 4 – Шнек.