

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Электропривод установки разжижения донных отложений

УДК 62-83:622.692.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Синяков Данила Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Данекер В.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника	Тютева П.В.	К.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

Тютева П.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А8К	Синякову Даниле Андреевичу

Тема работы:

Электропривод установки разжижения донных отложений	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	17.12.2021г., № 351-39/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – электропривод установки разжижения донных отложений. Тип механизма – виброструйный активатор для разжижения донных отложений.</p> <p>Требования к электроприводу:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Номинальное напряжение – 220/380 В 2. Частота напряжения сети – 50 Гц 3. Производительность обработки – 5 м³/час
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Обзор технической литературы, содержащий описание оборудования, применяемого для разгрузки вязких нефтепродуктов. Конструирование блока виброобработки, разработка конструкции виброактиватора. Разработка математической модели виброактиватора; Расчёт режимов работы виброактиватора; Выбор элементов силовой схемы подключения виброактиватора; Разработка технологических приёмов применения виброактиватора.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Графики производительности виброструйного активатора; функциональная схема электропривода.</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Маггерам Али оглы

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Данекер В.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Синяков Данила Андреевич		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования бакалавр

Отделение школы (НОЦ) Электроэнергетики и электротехники

Период выполнения осенний / весенний семестр 2020/2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
02.03.2022г.	Общие вопросы проектирования	15
16.03.2022г.	Разработка конструкции виброактиватора	20
05.04.2022г.	Построение математической модели в программной среде MathCAD	20
13.05.2022г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
17.05.2022г.	Социальная ответственность	15
27.05.2022г.	Оформление результатов работы и выводов по работе. Формирование файла дипломной работы	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данекер В.А.	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютеева П.В.	К.Т.Н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А8К	Синяков Данила Андреевич

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности определения отношений между пользователями социальной сети Twitter на основе анализа текста сообщений.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НТИ 4. Расчёт денежного потока 5. 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
Профессор	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Синяков Данила Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа 5А8К		ФИО Синяков Данила Андреевич	
Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение (НОЦ)	Отделение электроэнергетики и электротехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Тема ВКР:

<i>Электропривод установки разжижения донных отложений</i>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения 	<p><u>Объект исследования:</u> электропривод устройства разжижения донных отложений</p> <p><u>Область применения:</u> нефтедобывающая и нефтеперерабатывающие промышленность</p> <p><u>Рабочая зона:</u> полевые условия</p> <p><u>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</u> разжижающее устройство, насос, емкость.</p> <p><u>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</u> переработка нефтяных донных отложений.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации. – ПНД Ф 12.13.1-03 Методические рекомендации. Техника безопасности при работе в аналитических лабораториях. – СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные и опасные производственные факторы: Опасные и вредные производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. повышенный уровень локальной вибрации, 2. повышенный уровень шума, 3. повышенное образование электростатических зарядов, 4. наличие электромагнитных полей промышленных частот (50-60 Гц), 5. недостаточность естественного освещения, <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Согласно ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих, средствами защиты являются:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. источники света и осветительные приборы, 2. защитные заземления, 3. изолирующие устройства и покрытия, 4. звукоизолирующие приборы, 5. устройства автоматического отключения, 6. предохранительные устройства, 7. знаки безопасности 8. Устройства защитного заземления и зануления.
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Влияние на селитебную зону:</u> Установка находится в нежилой зоне и не несет вреда селитебной зоне. - <u>Влияние на гидросферу:</u> бытовые отходы химические вещества, пыль заражают воду и воздействуют на окружающий мир.

	- <u>Влияние на атмосферу</u> : воздействие вредных газов и паров, запыленность.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: - возгорание и пожар, - поражение электрическим током. - испарение вредных газов Наиболее типичная ЧС: - пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Синяков Данила Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 105 страниц, 53 рисунков, 15 таблиц, 3 приложения, 15 источников.

Ключевые слова: ВИБРОАКТИВАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ.

В работе составлена математическая модель, которая позволяет исследовать режимы работы виброактиватора, произведен выбор преобразователя частоты.

С помощью математической модели в Mathcad 14 проведено исследование режимов работы виброактиватора, получены основные параметры.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Содержание

Введение	6
ГЛАВА 1 . АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	6
1.1 Общие сведения о установках разжижения донных отложений нефти	9
1.2 Технология и оборудования ВСМА	11
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИБРОАКТИВАТОРА ДЛЯ ЗАБОРА ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ЗЕМЛЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ.....	23
2.1 Модуль виброобработки	23
2.2 Расчет производительности активации модуля БВО.....	32
2.3 Расчет пружины модуля виброобработки	38
2.4 Определение обмоточных данных катушек электромагнитного привода	39
2.5 Разработка общей схемы подключения БВО	41
ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МОДУЛЯ ВИБРАТОРА.....	44
3.1 Уравнения электрических контуров	44
3.2 Уравнение механического контура	47
3.3 Система уравнения работы виброактиватора	48
3.4 Алгоритм расчёта системы уравнений	48
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТ ВИБРОАКТИВАТОРА.....	50

4.1 Частотная характеристики при изменение питающего напряжение.....	59
ГЛАВА 5 . ТЕХНИЧЕКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОАКТИВАТОРА ДЛЯ ЗАБОРА НЕФТИ ИЗ ЗЕМЛЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ.....	54
5.1 Схема подключение виброактиватора.....	54
ГЛАВА 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	63
ГЛАВА 7. РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»	79
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	58
Список литературы	60

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы

Проблема нейтрализации и утилизации нефтяных отходов в России имеет высокую актуальность, поскольку страна занимает одно из ведущих мест в мире по добыче, транспортировке и переработке нефти.

И отсутствие эффективной системы, способной нейтрализовать потенциальные вредные последствия, может привести к разрушительным последствиям для экосистемы. Проблема усугубляется тем фактом, что в середине прошлого века добыча нефти в России велась без мер безопасности, что дает стране историческое наследие в виде 1000 гектаров загрязненных нефтью земель. [1].

Научное прогнозирование и разработка конкретных предложений по совершенствованию методов борьбы с отложениями грунта в нефтяных резервуарах осуществляется только на основе анализа исторического опыта. Несмотря на большое количество работ по борьбе с нефтяными отложениями, всестороннее и обобщающее исследование не проводилось. Эта работа направлена на полный анализ проблем борьбы с образованием, накоплением и удалением отложений в нефтяных резервуарах, а также на выявление наиболее перспективных методов и технических средств удаления отложений. Анализ существующих технологий и устройств для ликвидации и предотвращения отложений и отложений очень актуален и представляет большой практический интерес для разработки новых и улучшенных систем для более эффективной борьбы с нефтяными отложениями. Целью исследования является изучение и анализ развития технологий и технических средств борьбы с отложениями в нефтяных резервуарах Земли, выявление и совершенствование наиболее эффективного оборудования на предприятиях топливно-энергетического комплекса России.

Объект исследования – разработка системы разжижения донных отложений в земляных резервуарах, построенной на базе частотно-регулируемых электромагнитных виброактиваторов.

Предмет исследования – Разработка конструкции виброактиватора, математическая модель для анализа режимов работы виброактиватора, учитывающего форму активатора, определение резонансной частоты, определяющей максимальную производительность активации.

Целью настоящей работы является выявление устройства виброструйного магнитного воздействия для разгрузки вязких нефтепродуктов из земляных резервуаров, обладающего следующими параметрами:

1. Производительность разжижения должна быть не менее 5 м³/час.
2. Для ускорения процесса разжижения вязких нефтепродуктов, устройство должно иметь зону повышенной активации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать конструкцию виброактиватора;
- разработать математическую модель виброактиватора, провести анализ режимов его работы для различных конструктивных решений;
- разработать схему подключения виброактиватора с использованием преобразователя частоты для создания резонансного режима.
- разработать техническую и технологическую схемы применения спроектированного виброактиватора.

Методы исследования – В работе применены: численные методы решения дифференциальных уравнений математическое модель в программной среде MathCAD14.

Новизна проекта.

1. Выявлено влияние формы и размеров активатора модуля БВО на производительность разжижение нефтепродукта. Установлено, что

преимущества имеет активатор круглой формы, обеспечивающий максимальную производительность до 1,5 м³/час.

3. Разработана конструкция виброактиватора, обеспечивающая заданную производительность, за счет создания локальной зоны высокоинтенсивной активации.

Практическая ценность

1. Разработана математическая модель, позволяющая анализировать режимы работы виброактиватора на стадии проектирования.

2. Разработана конструкция БВО, обеспечивающая заданную производительность.

3. Методика применения виброактиватора для забора нефтепродуктов из земляных резервуаров.

Достоверность полученных результатов подтверждается корректным применением допущений при математическом моделировании, применением известных методов решение систем дифференциальных уравнений.

ГЛАВА 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения о установках разжижения донных отложений нефти

В настоящее время остро стоит вопрос транспортировки и хранения нефтепродуктов в связи с увеличением добычи нефти, увеличением экспорта и внутреннего потребления нефти и нефтепродуктов. Хранение и транспортировка нефти и нефтепродуктов в резервуарах, особенно в резервуарах большого объема, создает и накапливает почвенные отложения, объемы которых часто достигают половины полезного объема резервуара в год. Наличие донных отложений способствует недостаточному использованию объема масляных резервуаров, а также появлению участков, подверженных коррозии, и затрудняет проверку состояния резервуаров. Помимо уменьшения эффективного объема резервуаров, накопление отложений приводит к трудностям в эксплуатации, сложности количественного и качественного учета нефтепродуктов, снижению технико-экономических показателей нефтяных резервуаров и системы в целом. Для повышения эффективности использования емкости масляных резервуаров необходимо поддерживать полезный объем масляных резервуаров.

Рыхлые отложения - это отложения, которые накапливаются в течение короткого времени и накапливаются в суспензии парафина смолы, слабо склеенной с включениями дисперсной среды (масла). Они похожи по своему составу и свойствам на масло, из которого они были сделаны. Уплотненные месторождения представляют собой уплотненные полимерные парафиновые отложения с плотной, компактной структурой, которые подвергаются процессу старения и накапливаются при длительной эксплуатации резервуаров. Они характеризуются повышенным содержанием парафина, асфальто-смолистых веществ, воды и механических примесей по сравнению с маслом, из которого они были образованы. При более длительном накоплении парафиновых отложений наблюдается изменение структуры и переход рыхлого осадка в уплотненный осадок, время эрозии которого в 5-6 раз превышает время взвешивания рыхлого осадка той же высоты. [1]

Существует два возможных метода эрозии, предотвращающих накопление и удаление парафинового осадка - отдельный и комбинированный. Суть отдельного способа заключается в последовательном выполнении заполнения емкости системой, когда нижняя пеллета непосредственно переводится на промывку и в суспензию, и последующем опорожнении емкости через впускной коллектор-13 п патрубков, когда суспензия осадка удаляется (стирается) вместе с маслом. Суть комбинированного способа заключается в одновременном заполнении емкости через систему и опорожнении через приемную и распределительную трубы. Этот процесс может осуществляться как через продукт, попадающий в контейнер снаружи, так и путем циркуляции продукта, хранящегося в контейнере, одновременно перекачивая часть продукта в основную линию. Выбор конкретного метода эрозии (предотвращения накопления) и удаления парафинового шлама зависит от характеристик нефтяной базы или нефтеперерабатывающего завода, в котором используются системы. Отдельный метод следует использовать в тех случаях, когда промежуток времени между заполнением и опорожнением контейнера не превышает 4-6 часов. Максимальное влияние на постоянный объем и качество хранящегося масла достигается при выполнении операций промывки при каждом опорожнении бака. Однако этот метод требует значительных затрат энергии, поэтому его можно рекомендовать только в отдельных случаях.

В настоящее время разработано большое количество методов очистки резервуаров товарной нефти от донных отложений. Выбор того или иного метода зависит от характера отложений, конструктивных особенностей резервуара, рентабельности и т. д. Минимальный и максимальный состав донных отложений резервуаров в процентах показан на рисунке 1.

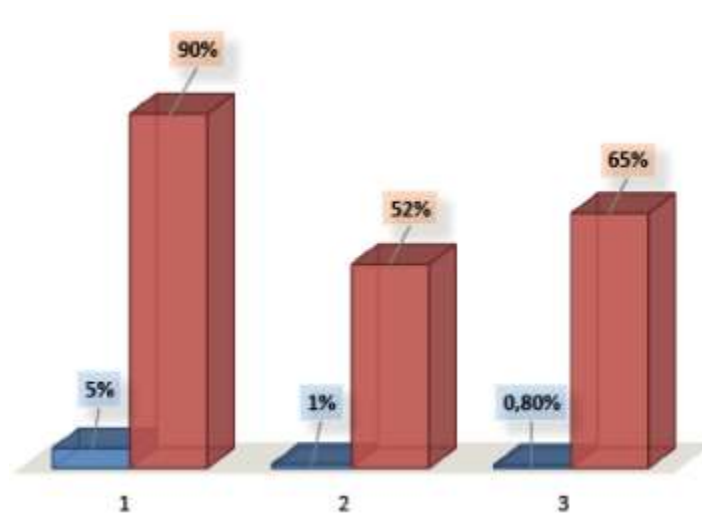


Рис. 1. Состав донных отложений:

1 — углеводороды, 2 — вода, 3 — твердые частицы

1.2 Технология и оборудования ВСМА

Технология и оборудование для магнитной активации (ВСМА) в жидких средах основаны на принципе создания резонансно-колебательных электромеханических преобразователей (РКЭМП). Основой для конструкций различных устройств ВСМА является единый модуль, представляющий собой электромеханическое устройство с широким диапазоном регулирования частоты и напряжения питания. Уникальное сочетание факторов активации в одном устройстве и высоких удельных характеристик достигается за счет оригинальных конструкций отдельных модульных узлов [10].

Использование технологии и оборудования ВСМ гарантирует, что замкнутые потоки жидкости в окружающей среде, в свою очередь, активируют условия для повторного проникновения жидкости в отдельные порции зоны за счет химических свойств высоковязких нефтепродуктов.

Рациональная организация процессов добычи, транспортировки и переработки нефти по наиболее эффективным схемам с максимальным использованием соединений требует знания физико-физико-химических свойств нефти [10].

Высоковязкие масла при температурах ниже температуры кристаллизации парафина обладают такими структурными и механическими свойствами, согласно которым эти масла занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми веществами [10].

В последнее время все чаще используется такой сложный физический эффект, как технология активации магнитного вибрационного луча (ВСМА). Использование таких физических воздействий создает условия для максимального разрушения структуры молекулярных кристаллов парафиновых углеводородов и поддержания этого уровня в течение времени, необходимого для массового обмена [11]. Вибрирующая магнитная активация с определенной энергией может привести к резкому изменению структурных и вязких свойств нефти, разрушая структуры кристаллизации [10].

Наиболее развитым направлением эффективного использования технологии ВСМА является использование высоковязких нефтепродуктов для транспортировки и переработки со значительным снижением вязкости. Результирующий эффект снижения вязкости нефти при обработке устройствами ВСМА наблюдается в широком диапазоне температур [11].

Технология ВСМА - это запатентованный метод многокомпонентного физико-химического воздействия сложных жидких систем, который используется для изменения их реологических свойств и получения необходимых параметров [13]. Вибратор электромагнитной активации ВЭМА-0,3 предназначен для активации (смешивания, разбавления, диспергирования) нефтепродуктов, содержащих парафины, асфальтобетоны и т. Д., И других высоковязких жидкостей с тиксотропными свойствами.

ВЭМА-0,3 может использоваться в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом [10].

По принципу работы ВЭМА-0.3 представляет собой электромеханическое вибрационное устройство. Процесс смешивания и сжижения нефтепродуктов осуществляется за счет воздействия вибраций и затопленных струй, образованных колебаниями рабочих органов вибратора (активаторов). Использование ВЭМА-0,3 связано с необходимостью смешивания и разжижения нефтепродуктов и других смесей, содержащих вещества, повышающие их вязкость или оказывающие структурирующее действие, при температурах в диапазоне от минус 20°C до 40 °C [12].

Технология ВСМА реализуется с помощью модульных устройств ВСМА, распределенных по всему объему обрабатываемой жидкой среды.

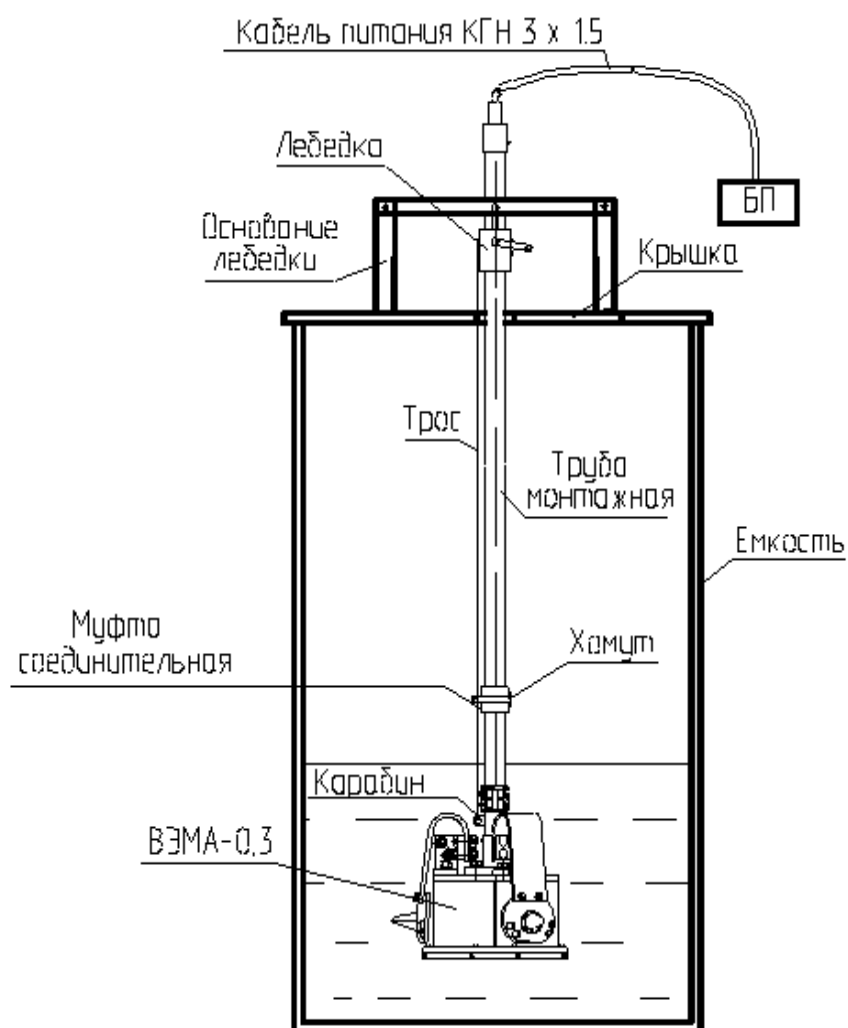


Рисунок 1.2.1 – Установка обработки нефтепродуктов с использованием вибратора ВЭМА-0,3

Многокомпонентное физическое воздействие ВСМА характеризуется предельными значениями параметров:

1. Скорость затопленных струй до 10 м/с
2. Сдвиговая скорость до $15 \cdot 10^{-3}$ с
3. Ускорение рабочего органа до 100 д
4. Перепад давления в зоне активации до 3 атм
5. Магнитная индукция в зоне активации до 1,9 Тл

6. Частота основного воздействия 50 Гц
7. Частота модуляции основного воздействия от 0,1 до 10 Гц

Основными ресурсами для расширения сырьевой базы нефтяной промышленности являются высоковязкие нефтяные месторождения (ВВН). При разработке месторождений ВВН возникают трудности с добычей, доставкой на места переработки и переработкой. Существуют трудности с очисткой резервуаров от отложений грунта и очисткой производственных мощностей от отложений асфальтобетонного парафина [10].

Основные технологические процессы и операции разведки, добычи нефти, транспортировки и переработки углеводородного сырья (нефти) осуществляются с использованием так называемых неньютоновских жидкостей и растворов, обладающих вязкоупругими свойствами. Поэтому типичными представителями таких жидкостей являются сырая нефть, представляющая собой многокомпонентную жидкую смесь, мазут и другие нефтепродукты, состоящие из длинных молекул. Промывочные жидкости, цементные растворы в их первоначальном состоянии, представляющие системы коллоидной суспензии, также относятся к неньютоновским жидкостям [10].

Течение таких жидкостей значительно отличается от чистых ньютоновских жидкостей, как показано на рисунке.1. Нелинейность в зависимости от напряжений тяги τ и скорости сдвига a для неньютоновских жидкостей 2 приводит к более высоким абсолютным значениям показателей вязкости по сравнению с н 1, что более чем очевидно в диапазоне низких скоростей. Эффективная вязкость таких жидкостей на низких скоростях во многом определяется значением d , предельным значением динамического напряжения сдвига. Кроме того, многие неньютоновские жидкости, включая сырую нефть, моющие средства и цементный раствор, способны

образовывать структуру при определенных условиях и, следовательно, терять свою текучесть. Переход таких жидкостей из непроницаемого состояния в текучее происходит при достижении определенных значений мощности. Существенной причиной такого поведения неньютоновских жидкостей является наличие в их составе структурообразующих компонентов, находящихся во взвешенном состоянии. Для сырой нефти в подходящих условиях это кристаллы парафинов и смол, для промывочного раствора и цементного раствора диспергированные частицы глины или цемента и т. д. [10].

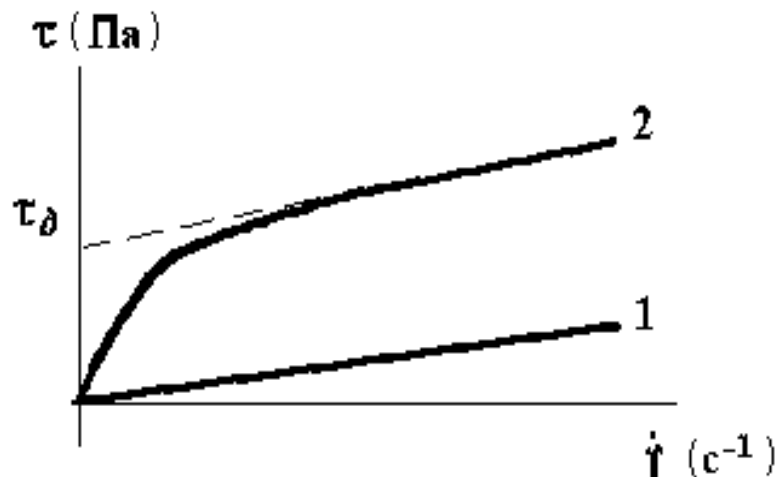


Рисунок 1.2.2 – Зависимости напряжений сдвига τ и скорости сдвига $\dot{\gamma}$ для неньютоновских жидкостей

В не текучем состоянии взаимодействие между этими частицами настолько велико, что возникает довольно прочная и жесткая механическая структура. Свойства таких жидкостей в жидком состоянии во многом определяются размером локально структурированных образований. Чем выше скорость сдвига потока жидкости, тем очевиднее, что эти величины меньше из-за уменьшения взаимодействия и разрушения структурированных образований, а свойства ближе к псевдоньютоновским [10].

Существующие методы снижения или получения необходимых значений эффективной вязкости и статического напряжения сдвига этих жидкостей (тепловых, химических и механических) направлены на регулирование взаимодействия или размера локальных структурированных образований, а в некоторых случаях и их полное устранение. Эти методы частично решают технические проблемы при транспортировке нефти по трубопроводу, обеспечивают эффективное ограждение шлама и навоза, улучшают качество мойки и цементного раствора. Однако при всем при этом эти известные методы излишне энергоемки, дороги и, как правило, имеют ограниченные

и
Для получения сырой нефти уравнение Шведова-Бингема и Х. Мулета удовлетворительно описывает с использованием двух параметров: а пластической вязкости, μ_p и динамического напряжения сдвига. Динамическое тяговое напряжение характеризует прочность масляной конструкции в П условиях непрерывной деформации.

$$\mu_e = \mu_p + \frac{\tau_d}{\gamma} \quad , \quad (1.2.1)$$

з
О где: μ_p - пластическая вязкость, Па•с;

τ_d - динамическое напряжения сдвига, Па;

н γ - скорость сдвига, 1/с;

ы μ_e - эффективная вязкость, Па•с.

Разнообразные воздействия физическими полями существенно изменяют величину динамического напряжения сдвига и в меньшей степени пластическую вязкость [10].

Сегодня запасы нефтяной базы нефтяной промышленности пополняются за счет участия в обороте высоковязких нефтепродуктов.

с

т

в

Свойства нефтепродуктов высокой вязкости, отличающиеся содержанием в их составе парафина, высокой температурой запаса и образованием осадка, создают ряд проблем, связанных с их добычей, хранением и транспортировкой по железной дороге. Технология ВСМА улучшает текучесть в масло воздействует на структуру масла и поддерживает этот уровень в течение длительного времени. [11]

Вибрирующая магнитная активация, действующая с определенной энергией в результате разрушения кристаллизационных структур, может привести к резкому изменению структурных и вязких свойств масла [13].

При участии НИПИморнефтегаз СП «Вьетсовпетро» производилась обработка высокопарафинистых нефтей, на месторождениях «Белый Тигр» и «Дракон». Некоторые результаты этих исследований иллюстрируются на Рисунках 1.2.3-1.2.6 [14].

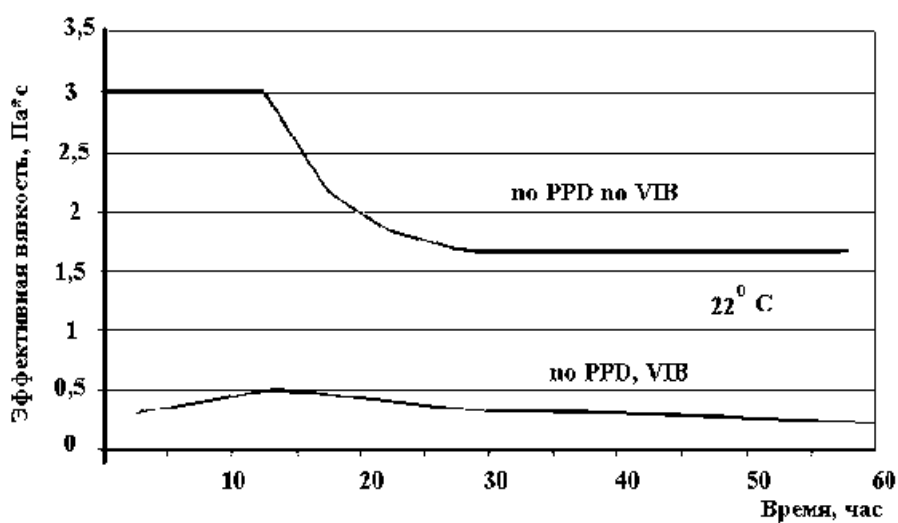


Рисунок 1.2.3-Кривые изменение вязкости нефти месторождения «Дракон» после обработки ВЛ- во времени после предварительного нагрева

Как видно из рисунка 1.2.3 кривые показывают эффективную вязкость вязкости нефти «Дракон» после виброобработки, вязкость нефти, снижается

в три раза обеспечивая существенное изменение как статического напряжения сдвига, так и эффективной вязкости [14].

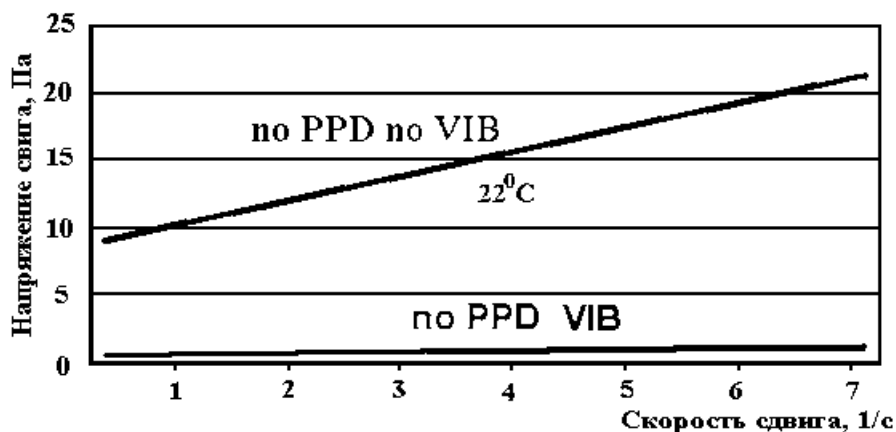


Рисунок 1.2.4-Кривые течение нефти месторождения «Белый Тигр»

Как видно из рисунка 1.2.4 кривые иллюстрирующие течение нефти на месторождении «Белый Тигр» технология ВСМА снижает двадцать раз напряжение сдвига увеличивая, скорость сдвига.



Рисунок 1.2.5- Кинетика пуска трубопровода

Как видно из представленных данных эффективная вязкость одной из проб нефти уменьшается в несколько раз после обработки оборудованием ВСМА. Причём приобретённые свойства сохраняются в течении не менее, чем 55 часов.

Аналогичное положительное изменение свойств масла также наблюдается в отношении напряжения сдвига. Чем выше скорость перемещения масла, обработанного оборудованием ВСМ, по трубопроводу, тем больше уменьшается напряжение сдвига. Разница в показателях может составлять несколько десятков раз.

При изучении свойств нефти было установлено, что они в значительной степени зависят от параметров окружающей среды, минусовая температура воздуха отрицательно влияет на текучесть нефтепродуктов. Это особенно важно для России, поскольку месторождения нефти находятся в основном в Западной Сибири, где зима может длиться до девяти месяцев в году.

При этом обстоятельстве было проведено множество экспериментов, чтобы определить влияние технологии ВСМ на свойства вязкой нефти, обрабатываемых устройствами ВСМ при отрицательных температурах окружающей среды.

В ОАО "Томская нефть" нефть обрабатывали на лабораторном вибраторе ВЛ-1 при температуре масла минус 350°C , прежде чем оно приобрело текучие свойства. Затем время хранения обработанной нефти контролировало свойства жидкости при температуре окружающей среды, равной 0°C . Исходным маслом при этих температурах является сагустевский пласт. После обработки масла ВЛ-1 в течение 4 минут нефть становилось а с жидким с вязкостью до $100 \text{ МПа} \cdot \text{с}$. Обработанное масло сохраняло текучие свойства, приобретенные в результате обработки, в течение 8 часов [14].

В последние годы проводились работы по исследованию влияния технологии ВСМА, на реологические свойства различных нефтей. Ниже приведены на рисунке 1.2.6 и 1.2.7 данные по влиянию технологии ВСМА на динамическую вязкость и температуры застывания парафиносодержащих нефтей некоторых месторождений Западной Сибири [14].

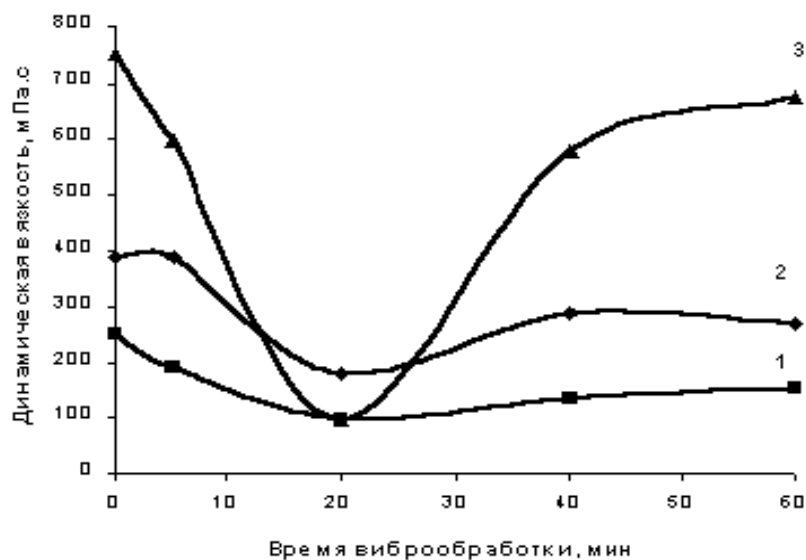


Рисунок 1.2.6.-Влияние времени виброобработки на динамическую
Вязкость парафинистых нефтей

1. Останкинского;
2. Южно-Табаганского;
3. Урманского месторождений

Как видно из рисунка 1.2.6 влияние времени виброобработки, на динамическую вязкость, на месторождениях Останкинского, Южно-Табаганского и Урманского месторождений требуется 20 минут виброобработки, для снижения динамической вязкости парафинистых нефтей.

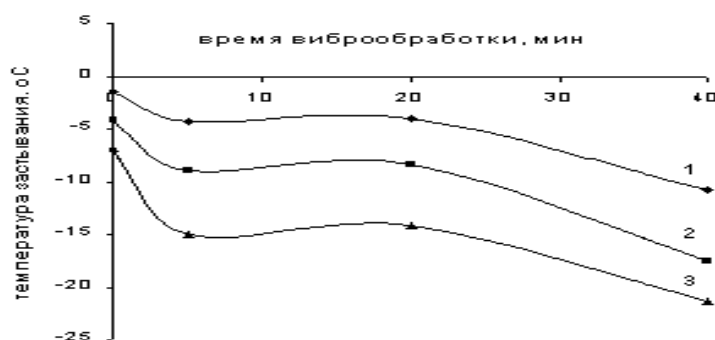


Рисунок 1.2.7- Влияние времени обработки на температуру застывания

парафинистых нефтей

1. Южно-Табаганского;
2. Останинского;
3. Урманского месторождений

Использование устройств ВСМА положительно влияет на изменение динамической вязкости этих масел. Примечательно, что существует определенный оптимум для продолжительности обработки. Для исследуемых масел оптимальной является обработка в течение 20 минут, которая сопровождается многократным снижением вязкости по отношению к исходному маслу.

Кроме того, было обнаружено, что температура затвердевания была значительно снижена при обработке нефти ВСМА. Температура затвердевания после обработки вязкой нефти приборами ВСМА снижается на 10-15°C.

Проведены работы по применению технологии ВСМА для переработки высоковязких масел на Соттинской нефтяной базе ОАО "Саханефтепродукт". Объем обработанной сырой нефти составлял 75 м³, температура нефти составляла минус 20°C. В исходном состоянии масло имеет однородную, не жидкую структуру, такую как солидол. Обработка проводилась с помощью устройства ВЭМА-0.3 в течение двух часов. В результате нефть приобрела текучие свойства, которые поддерживались в течение трех дней при суточных колебаниях температуры окружающей среды от минус 30 °С до минус 20 °С [14].

Производилась обработка не текучей высоковязкой нефти на базе ОАО «Томскнефтегазгеология» при температуре минус 11°C, в емкости объемом 20 м³ с двумя вибраторами типа ВЭМА-0,3 при температуре окружающей среды минус 18С. После 8 часов работы объем разжиженной нефти составило

до 10 м³. Разжиженная нефть сохраняла свои текучие свойства в течение не менее 6 часов [14].

При работе с существующими образцами оборудования ВСМА при переработке высоковязких нефтепродуктов иногда возникает проблема обеспечения начальной стадии - создания определенного количества жидкой фракции, которая вызывает дальнейшее сжижение. Это условие может быть реализовано путем создания локальных зон с высокой интенсивностью магнитного вибрационного луча, которые обеспечивают быстрое сжижение.

Поэтому параметры оборудования и технологии ВСМ позволяют нам найти высокоэффективное техническое решение, обеспечивающее решение проблемы выбора вязких нефтепродуктов из земных резервуаров.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИБРОКТИВАТОРА ДЛЯ ЗАБОРА ВЯЗКИХ НЕФТЕПРОДУКТОВ ИЗ ЗЕМЛЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

2.1 Модуль виброобработки

Из опыта разработки оборудования ВСМА следует, что при разработке устройства для сжижения нефтепродуктов в земных резервуарах лучше всего подходит модульный подход, способный оптимально решать поставленные задачи: обеспечить требуемую производительность при определенных

габаритах. Кроме того, достигается высокая производительность и надежность.

Модуль виброобработки (БВО) является основной частью виброактиватора для разжижение высоковязкого нефтепродукта и осуществляет непосредственное виброструйное магнитное воздействие на нефтепродукт. МВО состоит из:

- 1 – корпус;
- 2 – электромагнит;
- 3 – активатор;
- 4 – кронштейн;
- 5 – рычаг;
- 6 – упругость (пружина);
- 7 – устройство ввода;
- 8 – регулирующий винт;
- 9 – стена МВО.

Корпус МВО 1 предназначен для размещения электромагнита 2 в объеме, изолированном от воздействия рабочей среды, и, следовательно, должен быть герметичным. Пространство корпуса, не занятое электромагнитом, заполнено компаундом, чтобы обеспечить лучшее рассеивание тепла от обмоток и магнитной цепи.

Электромагнит 2 предназначен для создания разрушающей силы в вибрационной системе. Электромагнит жестко соединен с корпусом, поэтому в этой конструкции активатор 3, который является якорем электромагнита, выполняет колебания. Сердечник электромагнита выполнен из листов электротехнической стали П-образной формы, набранных в пакет. Одинаковые катушки находятся на обоих стержнях сердечника. Активатор

состоит из цельной заготовки. Активатор может быть выполнен в круглой или квадратной форме. В корпусе активатора выполнено специальное трапецевидное отверстие для образования затопленных струй. Активатор 3 прикреплен к длинному плечу рычага 5. Крепление подвижных элементов МВО к корпусу осуществляется с помощью кронштейна 4.

Возвращающую силу колебательной системы МВО формирует упругостью 6, представляющей цилиндрические пружины.

Регулировочный винт 8 используется для регулировки начального зазора между активатором и стенкой корпуса МВО.

МВО работает в режиме резонансных колебаний, что позволяет оказывать максимальное сложное магнитно-колебательное воздействие на вязкий нефтепродукт в резервуаре при минимальном потреблении энергии. Это связано с тем, что амплитуда колебаний активатора в резонансе максимальна. Резонансный режим обеспечивается соответствующей комбинацией вибрационной массы и жесткости. Исходными данными для определения жесткости пружины являются масса активатора.

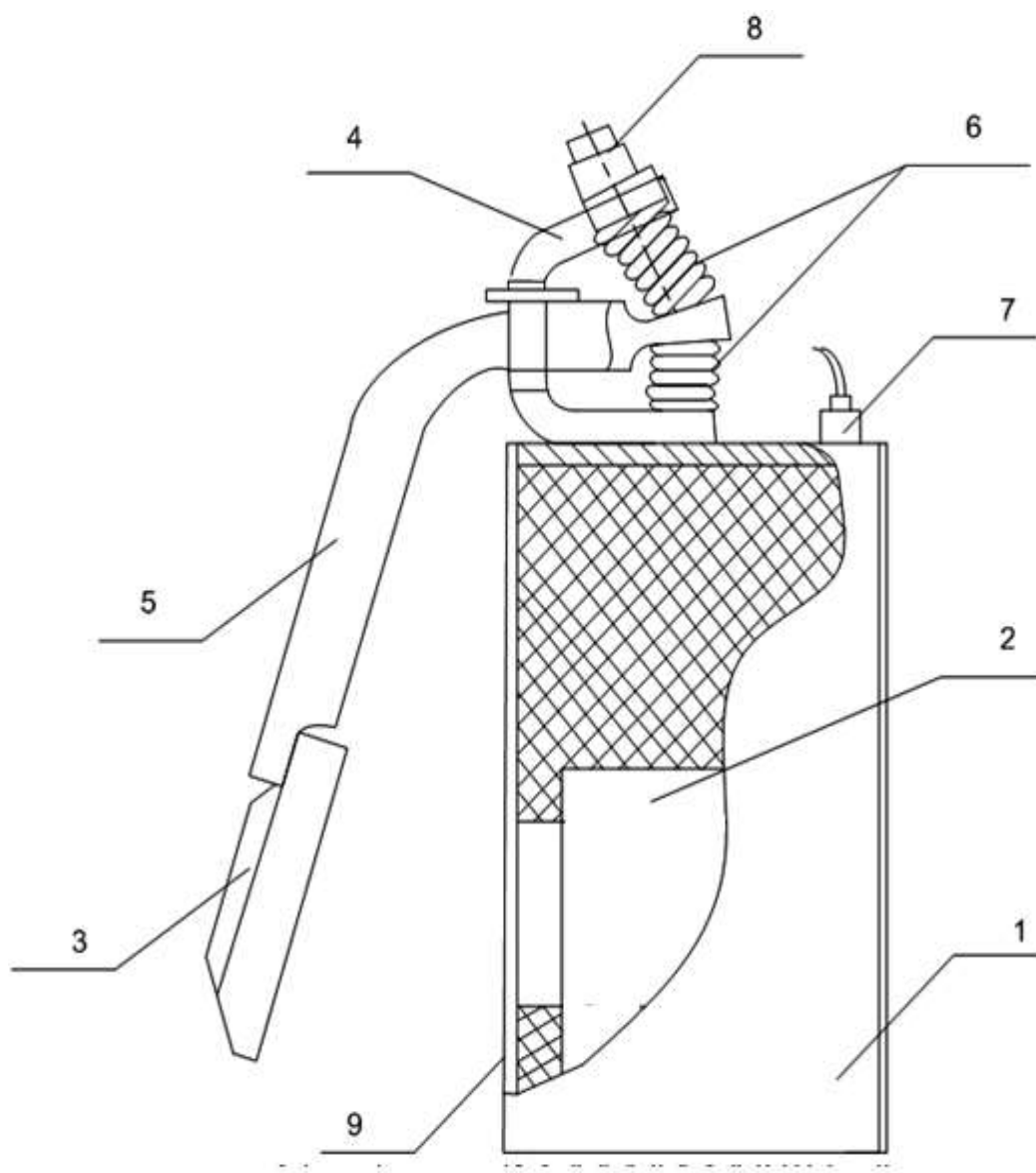


Рисунок 2.1 –Конструкция модуля виброобработки

При работе БВО на воздухе можно предположить, что этот режим соответствует колебаниям активатора на его собственной частоте, так как потерь практически нет. В этом случае, когда частота колебаний и масса активатора известны, вы можете рассчитать жесткость. В результате измерений для некоторых вариантов ЭДС было обнаружено, что частота собственных колебаний находится в пределах 70 Гц при весе активатора 400 граммов.

Собственная частота устройства, которое будет сконструировано, составляет 70 Гц в соответствии с условиями задачи. Масса активатора определяется на основе выбранных им геометрических размеров.

Определение массы активатора необходимо для проектирования и расчета пружинной подвески вибрационной системы устройства VSMA. Расчет массы активатора является предварительным, и при его реализации можно сделать несколько предположений, чтобы упростить процесс расчета. Поскольку активатор изготовлен из магнитопроводящей стали, плотность материала активатора $\rho = 7800 \text{ кг / м}^3$. Объем активатора, занимаемый стальной частью, можно представить в виде набора деталей, которые являются цилиндрическими и коническими. Упрощенная схема компонентов активатора, представленного на рис.2.1.2 может быть представлена следующим образом:

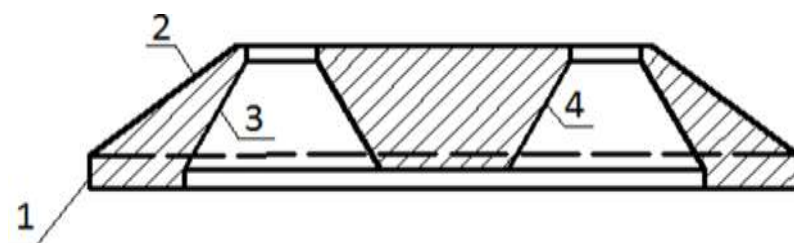


Рис. 2.1.2 К определению массы активатора

где:

1 – цилиндр основания активатора

2 – усеченный конус, образованный наружной формой активатора

3 – усеченный конус, образованный внешней образующей полости внутри активатора

4 – усеченный конус, образованный внутренней образующей полости внутри активатора

$r = 0,045 \text{ м}$ - радиус активатора

Тогда для определения объёма материала активатора можно поступить следующим образом:

$$V_{\text{общ}} = V1 + V2 - V3 + V4,$$

где:

V1 - объём цилиндра основания активатора;

V2 - объём усечённого конуса, образованного наружной формой

V3 - объём усечённый конус, образованного внешней образующей полости внутри активатора;

V4 - объём усечённый конус, образованного внутренней образующей полости внутри активатора.

Объёмы указанных частей активатора рассчитываются следующим образом:

цилиндрическая часть:

$$V_1 = \pi H R_{\text{осн}}^2$$

где:

$R_{\text{осн. акт.}}$ – радиус основания активатора.

$$V_1 = 3,14 \cdot 6 \cdot 45^2 = 38170 \text{ мм}^3$$

конусные части

$$V_{2(3,4)} = \frac{1}{3} \pi H (R_{o1}^2 + R_{o1} \cdot R_{o2} + R_{o2}^2)$$

где:

$R_{\text{осн.1}}$ – радиус нижнего основания усечённого конуса

$R_{\text{оч.2}}$ – радиус верхнего основания усечённого конуса

$$V_2 = \frac{1}{3} 3,14 \cdot 19 \cdot (45^2 + 45 \cdot 23 + 23^2) = 71409 \text{ мм}^3$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi \cdot 25 \cdot (31^2 + 31 \cdot 22 + 22^2) = 55685 \text{ мм}^2$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi \cdot 23 \cdot (14^2 + 14 \cdot 5 + 5^2) = 6527 \text{ мм}^2$$

$$V_{\text{общ}} = 38170 + 71409 - 55685 + 6527 = 47367 \text{ мм}^3 ;$$

$$m = \rho * V_{\text{общ}} = 7800 * 0,000047367 = 0,369 \text{ кг.}$$

Объём материала активатора, рассчитанный по приведённым формулам, составляет 47,4 см³, а расчётная масса активатора составляет 0,369 кг.

Для приведённых значений жёсткость рассчитывается

$$q = \omega_0^2 * m = 408,407 \cdot 0,4 = 6,672 \cdot 10^4 \text{ Н/м} , \quad (2.1)$$

где: $\omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f_0 = 2 \cdot 3,14 \cdot 65 = 408,407 \text{ рад/с}$ – угловая частота собственных колебаний механической части ЭМП;

m – масса подвижных элементов ЭМП (активатора).

Формирование затопленных струй во время работы БВО происходит следующим образом. Когда на БВО подается напряжение, ток проходит через обмотки магнитной цепи, создавая электромагнитное притяжение активатора к полюсам стержней магнитной цепи. В то же время активатор движется к стене Британских Виргинских островов. Жидкость, которая находится в пространстве между основанием активатора и стенкой БВО, проталкивается через отверстие в активаторе, образуя пульсирующую, затопленную струю жидкости. В этом случае пружина сжимается и накапливает кинетическую

энергию. Когда напряжение снимается с обмоток, электромагнитное притяжение становится равным нулю, и благодаря кинетической энергии, накопленной в пружине, активатор начинает двигаться в противоположном направлении - от стенки БВО. Когда обмотки питаются с переменной частотой и используется диод, активатор производит гармонические колебания с частотой, соответствующей частоте напряжения питания.

Поскольку сопротивление движению активатора изменяется, при работе ЭМП, в разных жидкостях, необходимо отрегулировать частоту напряжения питания, чтобы обеспечить резонансный режим. Регулировка частоты напряжения питания может осуществляться с помощью преобразователя частоты.

Важным моментом при настройке работы БВО является обеспечение того, чтобы активатор колебался в пределах введенного начального зазора между активатором и стенкой БВО. Если амплитуда колебаний активатора недостаточна, количество жидкости, образующей поток, не соответствует максимально возможному. Если амплитуда колебаний активатора больше установленного пускового зазора, активатор будет стучать по стенке БВО, что может привести к разрушению активатора и нарушению герметичности корпуса.

Имеющиеся технологическая оснастка, которая была изготовлена при производстве промышленного образца вибратора типа ВЭМА-0,3, позволяет её использовать для разработки БВО устройства для забора вязких нефтепродуктов из земляных резервуаров. Разработанный БВО имеет габаритные и конструктивные размеры, приведены на рисунке 2.2 и в таблице 2.1.

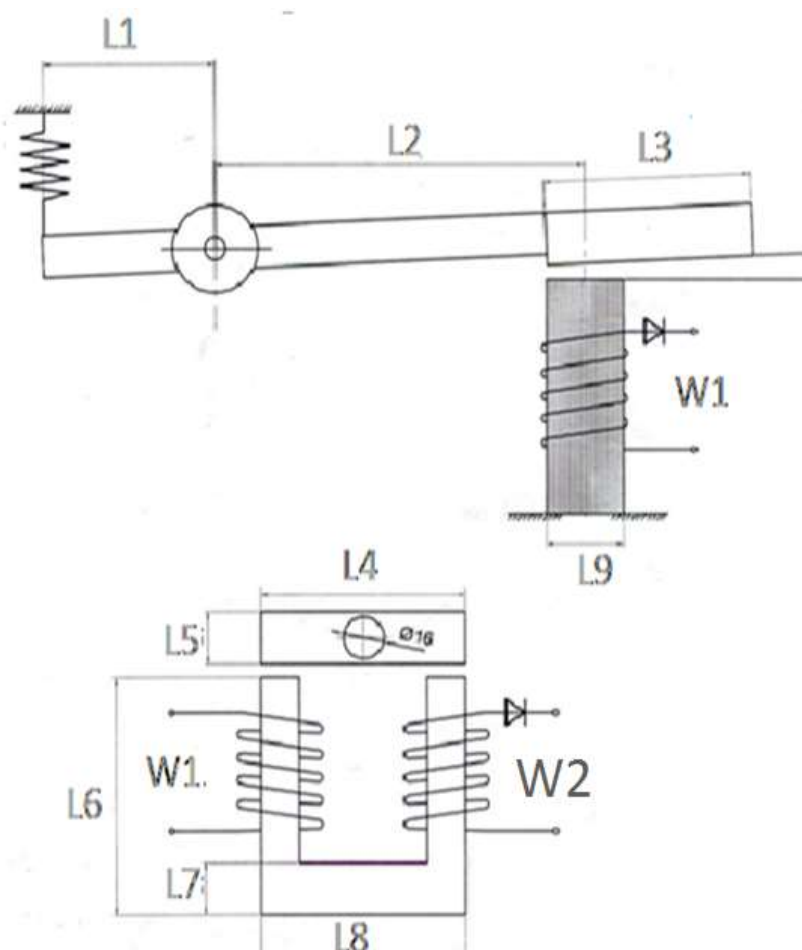


Рисунок 2.1 – Расчётная схема единичного модуля виброобработки

Электромагнит жёстко связан с корпусом, поэтому в данной конструкции колебания совершает активатор, являющийся якорем электромагнита, геометрические параметры якоря, а также активатора идентичны по этому указываем в таблице 2.1 параметры для одного элемента якоря.

Таблица 2.1 – Основные размеры БВО

Параметр	Обозначение	Величина
Диаметр активатора, м	D_1	0,090
Высота (толщина) активатора, м	H_1	0,018
Высота стержня индуктора магнитопровода, м	H_2	0,10
Длина спинки индуктора магнитопровода, м	B_2	0,085
Ширина индуктора магнитопровода (полюса), м	B_1	0,030
Ширина стержня индуктора (полюса), м	B_3	0,015
Толщина спинки индуктора магнитопровода, м	H_3	0,021
Величина начального воздушного зазора, м	X_0	0,004
Частота собственных колебаний системы, Гц	f_0	70
Резонансная частота в жидкости, Гц	$f_{рж}$	56

2.2 Расчет производительности активации модуля БВО

Объем пространства активации жидкости определяется величиной и амплитудой колебаний активатора, что показано на рисунке - 2.2.1. При каждом движении активатора к стенке ЭМП объем жидкости в пространстве активации проходит через специальные отверстия в активаторе, образуя затопленную струю. Затопленные лучи образуются из-за разницы гидравлического сопротивления, когда активатор движется в прямом и обратном направлениях, из-за трапециевидного зазора в активаторе.

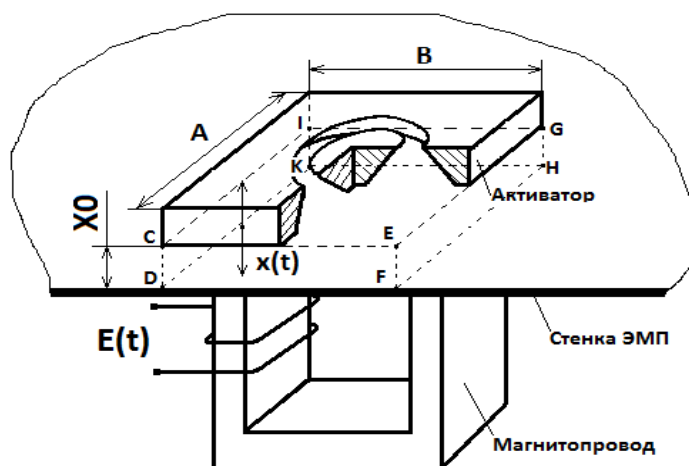


Рисунок 2.2 - Принцип активации жидкости резонансным ЭМП

Объём жидкости, формирующийся затопленными струями и проходящий через щель в активаторе Q с размерностью $м^3/с$, в этом случае можно определить как

$$Q = S_{\text{захв}} \cdot x \cdot f, \quad (2.2)$$

где: $S_{\text{захв}}$ – площадь захвата, являющаяся частью площади основания активатора;

f – частота колебаний активатора.

$S_{\text{захв}}$ - площадь захвата рассчитывается по формуле

$$S_{\text{захв}} = k \cdot S_{\text{осн}}, \quad (2.3)$$

где: $S_{\text{осн}}$ – площадь основания активатора $S_{\text{осн}} = A \cdot B$;

k – коэффициент захвата.

Коэффициент k учитывает тот факт, что не вся жидкость в объеме пространства активации участвует в образовании затопленных струй. Часть жидкости находится на периферии базового активатора, когда активатор перемещается по стенке ЭМП движется в направлении, противоположном потоку жидкости, поэтому коэффициент k меньше единицы и определяется

отношением площади основания конуса, в котором находится сопло активатора, к площади основания активатора.

Выполнение оборудования ВСМА с N числом активаторов, что решается конструктивно достаточно просто, приводит к увеличению суммарного объёма, проходящего через щели в активаторах, Q_N , который определяется как

$$Q_N = Q \cdot N, \quad (2.4)$$

Было обнаружено, что процесс образования затопленных струй усиливается за счет создания возрастающего избыточного давления в зоне активации по мере приближения активатора к стенке ЭМП. Результаты эксперимента позволили нам получить картину между общим объемом жидкости, перекачиваемой активатором, и амплитудой колебаний активатора.

$$Q_{Nx} = Q_N \cdot \left(\frac{x}{X_0}\right)^2, \quad (2.4)$$

где: x – амплитуда колебаний активатора ЭМП;

X_0 – начальный зазор между активатором и стенкой ЭМП.

Изменение свойств вязких нефтепродуктов под действием виброструйного магнитного воздействия происходит в результате неоднократного прохождения данной жидкости через зону активации. Экспериментами установлено, что для устойчивого изменения свойств вязких нефтепродуктов необходимо обеспечить не менее десяти циклов прохождения жидкости через зону активации, тогда производительность активации можно определить как Q_{Ax} , равную $0,1Q_{Nx}$.

График изменения относительной производительности активации в зависимости от относительной амплитуды колебаний активатора приведён на

рисунке 2.3. Очевидно, что максимальная производительность активации достигается в случае, когда амплитуда колебаний x активатора ЭМП равна максимально допустимой и совпадает с начальным зазором X_0 , при которой относительная амплитуда $\Delta x = x/X_0 = 1,0$.

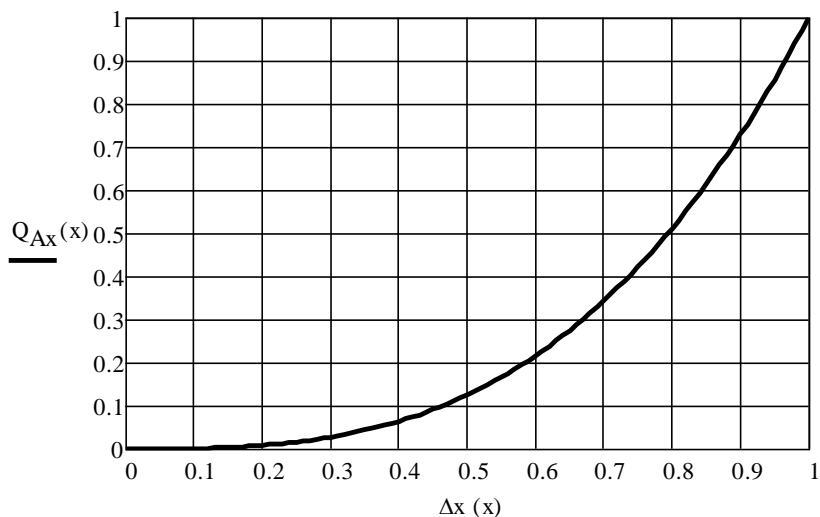


Рисунок 2.3 - Зависимость объёма активации от амплитуды колебаний

Амплитуда колебаний активатора, которую можно определить из общего уравнения движения МВО, зависит от возмущающей силы и механического сопротивления движению активатора.

Механическое сопротивление при колебаниях активатора в жидкости не является величиной постоянной, а зависит от скорости колебаний активатора. Чем выше скорость колебаний активатора, тем выше вероятность появления турбулентности, сопровождаемой возрастанием механического сопротивления движению активатора. Значение механического сопротивления колебаниям активатора в жидкости при ламинарном процессе обозначим R_{m0} . Для вязких нефтепродуктов R_{m0}

соответствует сопротивлению установившегося разжиженного состояния, значения которого для исследованных нефтепродуктов изменяется от 80 кг/с и выше.

Определённое влияние на турбулентность течения жидкости вблизи колеблющегося активатора имеет форма его основания. Указанное обстоятельство ведёт к увеличению значения R_{m0} , которое можно учесть коэффициентом формы активатора λ_{ϕ} . Наименьшее значение $\lambda_{\phi}=1,3$, как было установлено в результате экспериментов, соответствует активатору круглой формы.

Отмеченные закономерности изменений сопротивления представим в виде:

$$R_m(v) = R_{m0} \cdot \lambda_{\phi} \cdot e^{\frac{v}{V}}$$

где:

v – скорость колебаний активатора в жидкости;

R_{m0} – сопротивление движению активатора при ламинарном процессе;

λ_{ϕ} – коэффициент формы;

V – скорость активатора, при которой проявляется влияние турбулентности.

Площадь захвата для круглой формы $S_{захв}$ рассчитывается по формуле:

$$S_{захв} = k \cdot S_{осн} = 1 \cdot 0.0064 = 0.0064$$

где: $S_{осн} = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 0.045^2 = 0.0064$ - площадь основания формы активатора,

$r = 0,045 \text{ м}$ - радиус активатора.

Расход жидкости, формирующийся затопленными струями активаторов Q_{Nx} с размерностью $\text{м}^3/\text{ч}$, в этом случае при максимальной амплитуде колебаний и начальном зазоре между стенкой и активатором $X_0 = 4 \text{ мм}$ (предварительно задаётся в задании) можно определить как:

$$Q = x \cdot \left(\frac{x}{x_0} \right)^2 \cdot S_{завс} \cdot f \cdot 3600 = 0.004 \cdot \left(\frac{0.004}{0.004} \right)^2 \cdot 0.0064 \cdot 56 \cdot 3600 = 5.2 \text{ м}^3 / \text{час}$$

Производительность активации (обработки) различных жидкостей по данным многочисленных исследований зависит от количества циклов обработки порций жидкости, находящихся в зоне активации. Таких циклов должно быть не менее 10. В таком случае производительность виброактиватора будет определяться выражением:

$$S_{акт} = \frac{Q_{Nx}}{10} = \frac{5.2}{10} = 0.52$$

По данному значению производительности активации, учитывая требование обеспечения производительности всего устройства не менее $5 \text{ м}^3/\text{час}$, можно определить необходимое количество МВО.

$$N = Q / Q_n$$
$$N = 5 / 0.52 = 10$$

Расчёты показывают, что для обеспечения заданной в работе производительности устройства необходимо использовать не менее 10 МВО.

2.3 Расчет пружины модуля виброобработки

Объём материала активатора, рассчитанный по приведённым формулам, составляет 47,4 см³, а расчётная масса активатора составляет 0,369 кг.

Для приведённых значений жёсткость рассчитывается

$$q = \omega_o^2 \cdot m$$

где: $\omega_o = 2\pi f_o$ – угловая частота собственных колебаний;

механической части ЭМП;

m – масса подвижных элементов ЭМП (активатора);

$$\omega_o = 2 * 3,14 * 70 = 439,8 \text{ Гц}$$

$$q = 439,8^2 * 0,369 = 71373 \text{ Н/м}$$

По известным методикам [17] рассчитываем основные размеры пружины с жёсткостью не менее $C = 71,4 \text{ Н/мм}$. На рисунке 2.1.3 представлен чертеж пружины

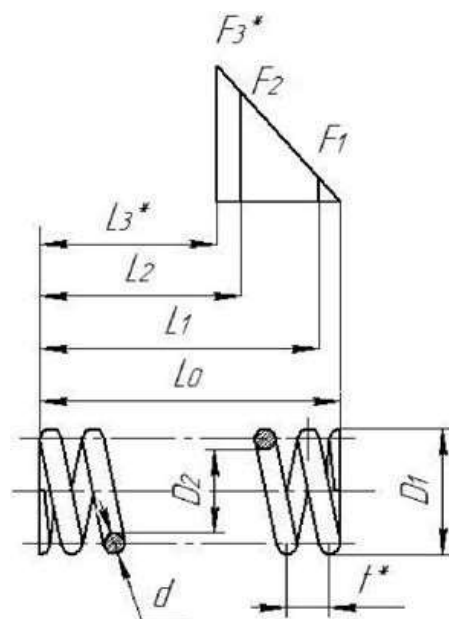


Рисунок 2.1.3 Чертеж пружины.

В ходе выбора пружины, получили параметры, представленные в таблице 2.1.[2]

Таблица 2.1.1 – параметры пружины

Материал	Проволока по ГОСТ 9389
Диаметр проволоки (прутка) d	4.1 мм
Наружный диаметр $D1$	25 мм
Длина пружины без нагрузки $L0$	30 мм
Рабочее число витков n	4
Контрольная (предварительная) длина $L1$	28 мм
Контрольная (рабочая) длина $L2$	3 мм
Внутренний диаметр $D2$	16.8 мм
Полное число витков $n1$	6
Длина при соприкосновении витков $L3$	25.5 мм
Предварительная нагрузка $F1$	259 Н
Рабочая нагрузка $F2$	3492 Н
Максимальная нагрузка $F3$	565 Н
Жёсткость пружины c	76 Н/мм
Шаг t	5.9 мм
Ход пружины при предварительном сжатии $S1$	2 мм
Максимальный рабочий ход пружины $S2$	27 мм
Ход пружины до соприкосновения витков $S3$	7,45 мм
Масса пружины m	0.041 кг

2.4 Определение обмоточных данных катушек электромагнитного привода

Обмоточные данные МВО: количество витков в обмотке и диаметр обмоточного провода, рассчитываются, исходя из определённых выше размеров магнитопровода. Обмотка размещается в окне магнитопровода.

Полное сечение окна магнитопровода равно:

$$S_{\text{окна}} = (B_2 - 2 \cdot B_3) \cdot (H_2 - H_3) = (0.085 - 2 \cdot 0.015) \cdot (0.10 - 0.021) = 0.0043 \text{ м}^2 \quad (2.2.1)$$

По справочным данным выбираем обмоточный провод с диаметром

1.04 мм. Исходя из площади окна магнитопровода и диаметра обмоточного провода, можно подсчитать какое количество витков обмотки можно разместить в окне магнитопровода:

$$N_0 = \frac{S_{\text{окна}}}{\pi \cdot R^2} \cdot k_3 = \frac{0.0043}{\pi \cdot 0.00052^2} \cdot 0.6 = 3038 \quad (2.2.2)$$

где N_0 – количество витков обмотки;

R – радиус обмоточного провода, м;

k_3 – коэффициент заполнения, 0,6-0,7.

Из технологических соображений рекомендуется выполнять две обмотки, тогда количество витков одной обмотки будет равно $N=1519$.

Произведём расчет активного сопротивления катушек. Находится средняя длина одного витка:

$$l_{\text{cp}} = \frac{2(B_1 + B_3 + 4 \cdot B) + 2(B_1 + B_3)}{2}$$

где: B является толщиной катушки.

$$B = \frac{B_2 - 2 \cdot B_3 - 0.002}{2} = \frac{0.085 - 2 \cdot 0.015 - 0.002}{2} = 0.0265 \text{ м}$$

$$l_{\text{cp}} = \frac{2(0.030 + 0.015 + 4 \cdot 0.0265) + 2(0.030 + 0.015)}{2} = 0.196 \text{ м}$$

Находим сопротивление катушки:

$$R_k = \rho \frac{l_{\text{cp}} \cdot N}{S}$$

где:

ρ - удельное сопротивление меди $\rho = 0.0175 \text{ ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$

S – площадь сечения обмоточного провода, $S = 0.71 \text{ мм}^2$.

$$R_k = 0,0175 \frac{0,196 \cdot 1519}{0,71} = 7,3 \text{ Ом}$$

2.5 Разработка общей схемы подключения БВО

Промышленная энергосистема позволяет осуществить подключение БВО на трехфазную сеть. На рисунке 2.9.1 представлена схема подключения БВО.

Полный ток БВО будет равным:

$$I_{\text{полный}} = I_{\text{max}} \cdot n$$

где:

I_{max} - максимальный ток, протекающий в катушках;

n - общее число модулей МВО в системе, берем кратное трем $n = 3 \times 4$

В настоящее время получение, передача и распределение электроэнергии производится в подавляющем большинстве посредством трехфазной системы и поэтому использование трёхфазной схемы подключения БВО является предпочтительным.

Трёхфазная схема питания обеспечивает одинаковую нагрузку во всех трех фазах, устраняя перекос фазы. Снижение токовых номиналов вводной защиты аппаратуры и сечения вводного кабеля.

Трёхфазная схема питания БВО иллюстрируются на рисунке 2.9.1

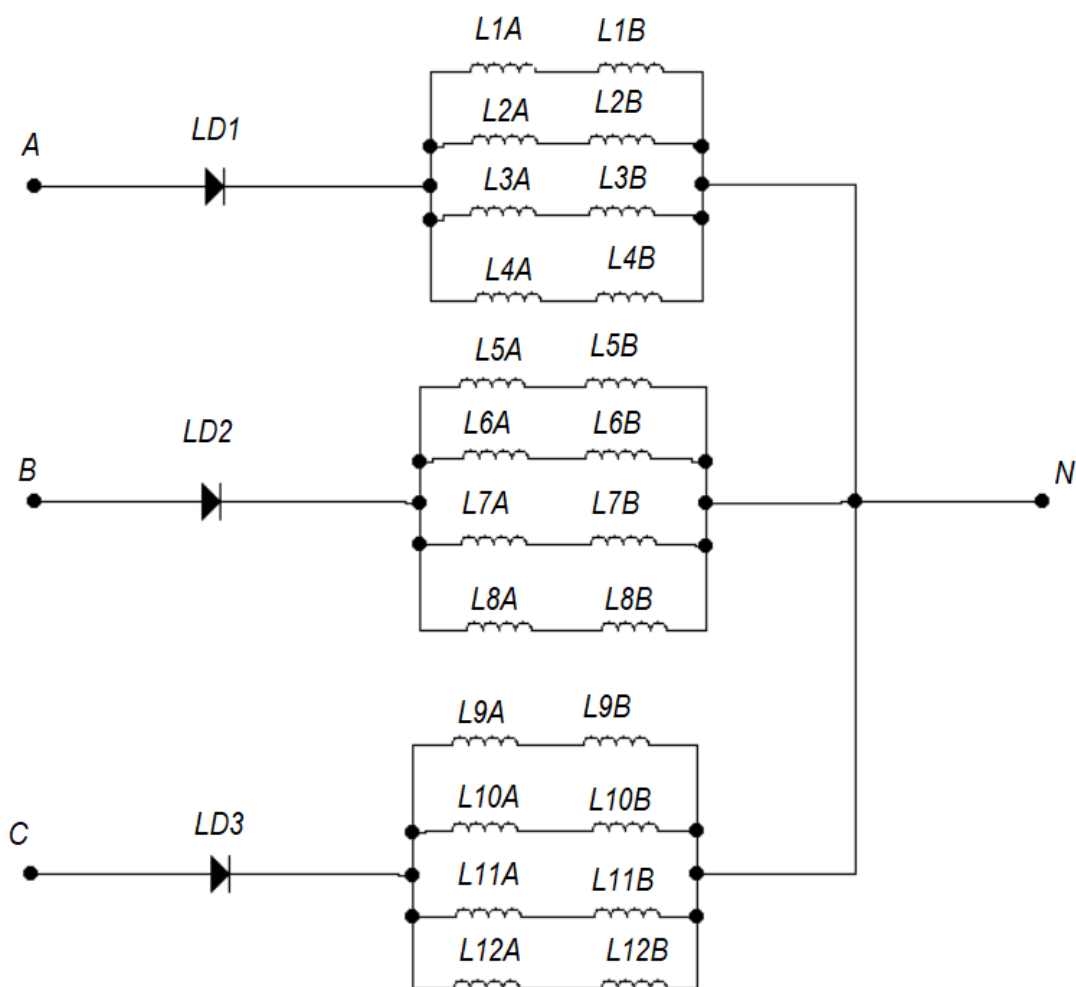


Рисунок 2.9.1 – Трехфазная фазная схема подключение виброактиватора

- VD1-VD3 – диоды;
- L1A – L12A, L1B – L12B – катушки индуктивности БВО.

Важным моментом при разработке схемы питания БВО является наличие диода. Включение в схему питания диода позволяет создать колебания активаторов БВО на частоте 50 Гц с максимальной амплитудой с достаточно удалённой зоной действия.

Фазные токи БВО будет равны фазным током $I_{\phi 1}$, $I_{\phi 2}$ и $I_{\phi 3}$.

Полный ток фазы, А

$$I_{\phi A} = I_{\max} \cdot n$$

Полный ток фазы, В

$$I_{\phi B} = I_{\max} \cdot n$$

Полный ток фазы, С

$$I_{\phi C} = I_{\max} \cdot n$$

Принимая во внимание, что принцип работы модулей МВО является резонансно-колебательным, а сам МВО является электромеханическим устройством, представляется возможным и необходимым проведение математического моделирования МВО для определения его рабочих параметров. К таким параметрам относятся:

- напряжение питания
- частота напряжения
- ток обмоток электромагнита.

Кроме этого следует иметь ввиду, что результаты анализа расчётов по математической модели МВО позволят определить оптимальные значения указанных параметров, обеспечивающих максимальную производительность системы предотвращения образования и борьбы с донными отложениями.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА.

3.1 Уравнения электрических контуров.

Разработанное устройство для переработки вязких нефтепродуктов в качестве источника питания предполагает использование промышленной сети с напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Из-за опыта работы с такими устройствами рекомендуется работать с устройством на резонансной частоте 50 Гц. Чтобы обеспечить такой режим работы при использовании промышленного переменного тока, необходимо создать разрушающую вибрационную силу с частотой 50 Гц. Логическим решением этой проблемы является использование диода в цепи устройства.

Разрабатываемое устройство полностью погружено в обрабатываемую жидкую среду. Поэтому конструктивно должно быть предусмотрено герметичное расположение элементов электропривода, защищающее их от воздействия жидкой агрессивной среды. Следовательно, элементы электропривода размещены в герметичном корпусе, отделенном от обрабатываемой жидкой среды стенкой из прочного немагнитного проводящего материала. Этот материал представляет собой лист из нержавеющей стали. Расположение нержавеющей стали в зазоре магнитной цепи электромагнитного привода определяет наличие замкнутой цепи под каждым полюсом электромагнита.

Таким образом, в дополнение к основной электрической цепи, состоящей из двух катушек и диода, устройство имеет две цепи короткого замыкания. Эти катушки клетки полностью идентичны, поэтому их можно рассматривать как единое целое в схемах замены.

С учетом приведенных выше данных конструктивная схема электрической части устройства может быть представлена так, как показано на рисунке. 3.1.

Когда напряжение подается на цепь, образуется однополярное напряжение и, соответственно, по цепи катушки течет униполярный ток, образуя электромагнитное притяжение якоря (активатора) на полюсах электромагнита. Частота электромагнитного притяжения в этом случае имеет частоту 50 Гц. На этой частоте якорь (активатор) притягивается к полюсам электромагнита в течение рассматриваемых периодов времени. Когда диод заблокирован, ток в цепи становится равным нулю, и активатор движется в противоположном направлении от полюсов под действием силы уменьшения, создаваемой пружиной. Таким образом, при постоянном питании цепи активатор совершает колебательные движения.

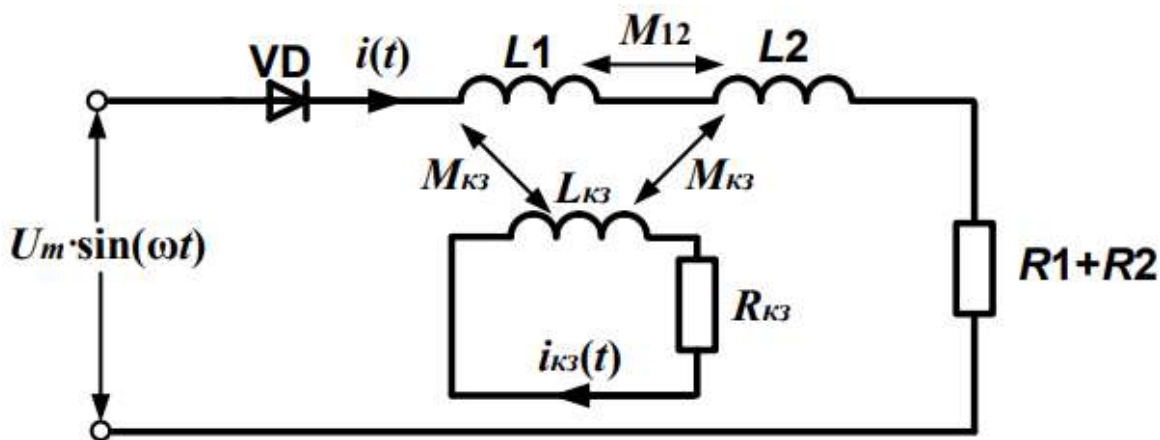


Рис. 3.1.1 Схема замещения электрической части устройства.

На схеме L_1, L_2 – индуктивности катушек; R_1, R_2 – активные сопротивления катушек; M_{12} – взаимная индуктивность между катушками; L_{k3}, R_{k3} – индуктивность и активное сопротивление короткозамкнутого контура соответственно; M_{k3} – взаимная индуктивность между короткозамкнутым контуром и основными катушками.

Рассчитаем значения параметров электрической схемы замещения для начальных условий работы устройства.

Активное сопротивление к.з. контура, Ом

$$R_{кз} = \rho_{кз} \frac{l_{кз}}{S_{кз}} = 3,281 \cdot 10^{-5} \text{ Ом}$$

Рассчитаем значений индуктивности основного контура L1,L2, для начального зазора:

$$L_K = L_1 = L_2 = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W^2}{\frac{2 \cdot l_{маг} + X_0 \cdot \mu_{ст.10}}{\delta}} = 0.17 \text{ Гн}$$

где: S – площадь поперечного сечения сердечника определяется формулой

$$S = 12 \cdot 18 = 3.6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$l_{маг}$ – длина магнитопровода вычисляем:

$$l_{маг} = (15 - 162) \cdot 2 + 17 = 0,341 \text{ м}$$

Взаимоиндуктивность катушек при начальном зазоре:

$$M_{12} = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_1 \cdot W_2}{\frac{2 \cdot l_{маг} + X_0 \cdot \mu_{ст.10}}{\delta}} = 0,085 \text{ Гн}$$

Взаимоиндуктивность между катушкой и короткозамкнутым витком при

начальном зазоре:

$$M_{кз1кз2} = M_{кз2кз1} = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{кз} \cdot W_{кз}}{\frac{2 \cdot l_{маг} + X_0 \cdot \mu_{ст.10}}{\delta}} = 1,364 \cdot 10^{-5} \text{ Гн}$$

3.2 Уравнение механического контура

Дифференциальное уравнение, описывающее колебания, для механической части электромеханического преобразователя при линейных перемещениях якоря:

$$m \cdot \frac{d^2x}{dt^2} + R \cdot \frac{dx}{dt} + q \cdot x = F(t)$$

где: m – масса якоря;

R – коэффициент демпфирования (механическое сопротивление);

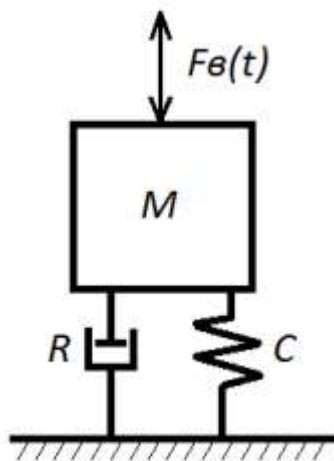


Рис. 3.2.1 Расчётная механическая схема МВО

M – масса колеблющихся элементов, C – жёсткость пружинного подвеса, R – сопротивление механических потерь, $Fв(t)$ – возмущающая сила.

3.3 Система уравнения работы виброактиватора

Система уравнения работы виброактиватора, приведенная ниже, составлена из уравнений электрических контуров виброактиватора и уравнений механического контура. Преобразуем данные уравнения 3.22, 3.23, 3.26 и 3.27 в удобный вид для их решения численным методом:

$$\frac{di_k}{dt} = \frac{Um - 2i_k \cdot \left(R_k + L_k \cdot y + M_{12} \cdot y - 4 \frac{M_{1k32}}{L_{k3}} \cdot M_{1k31} \cdot y \right) - 4 \cdot i_{k3} \left(M_{1k31} \cdot y - \frac{M_{1k32} \cdot R_{k3}}{L_{k3}} \right)}{2 \cdot L_k + M_{12}},$$

$$\frac{di_{k3}}{dt} = \frac{i_{k3} \cdot \left(R_{k3} - 4 \frac{M_{k31k32}}{L_k + M_{k31k32}} \cdot M_{k31k32} \cdot y \right) - \frac{M_{k31k32}}{L_k + M_{k31k32}} \cdot Um - 2 \cdot i_k \cdot \left[M_{12} \cdot y - \frac{M_{k31k32}}{L_k} \cdot (R_{k3} + L_k \cdot y + M_{12} \cdot y) \right]}{L_{k3}},$$

$$\frac{dy}{dt} = \frac{F(t) - R \cdot y - q \cdot x}{m},$$

$$y = \frac{dx}{dt},$$

3.4 Алгоритм расчёта системы уравнений

Система уравнений, состоящая из основного контура, короткозамкнутого контура, уравнения механического контура и скорости амплитуды, не может быть решена аналитическими методами, поэтому для расчёта режимов работы виброактиватора выше приведенные системы уравнений рассчитаем численными методами Рунге-Кутты четвертого порядка, составим алгоритм расчета системы.

Система расчета состоит из итерационного определения четырех коэффициентов K, M, S, C:

$$K(t, l, l_k, x, y) := \frac{k1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k3(t, l, l_k, x, y) + k4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$M(t, l, l_k, x, y) := \frac{m1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m3(t, l, l_k, x, y) + m4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$S(t, l, l_k, x, y) := \frac{s1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s3(t, l, l_k, x, y) + s4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

$$C(t, l, l_k, x, y) := \frac{c1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c3(t, l, l_k, x, y) + c4(t, l, l_k, x, y)}{6}$$

Алгоритм расчетов будем, производит, учитывая соответствующие коэффициентами, во времени. Матрица для алгоритма расчета выглядит

$$\begin{pmatrix} t_{i+1} \\ l_{i+1} \\ l_{k_{i+1}} \\ y_{i+1} \\ x_{i+1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} t_i + h \\ \text{if} \left(l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq 0, l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i), 0 \right) \\ l_{k_i} + M(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ y_i + S(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ \text{if} \left(x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq X_0, X_0, x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \right) \end{pmatrix}$$

Первый ряд матрицы задаёт время расчёта с определённым шагом t_i+h . Второй ряд матрицы, рассчитывает ток I_i в основном контуре, учитывает наличие диода, третий ряд учитывает ток I_{k_i} в короткозамкнутом витке, четвертый ряд учитывает скорость движения активатора, пятый ряд учитывает смещение активатора относительно средней точки.

Листинг алгоритма расчета приведен в приложение Б.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТ ВИБРОАКТИВАТОРА

4.1 Частотные характеристики при изменении частоты питающего напряжения

Соблюдая условие не превышения допустимой плотности тока в проводнике катушек, необходимо при уменьшении частоты снижать и величину питающего напряжения, соблюдая постоянство соотношения

амплитуды и частоты питающего напряжения $U/f=\text{const}$.

Произведем расчет частотных характеристик на математической модели для нефти. Расчёт будем производить с постоянным начальным зазором $X_0=0,006$ мм, собственной частотой системы $f_0=67$ Гц, и изменениями следующих параметров работы виброактиватора и жидкости:

U – амплитуда питающего напряжения, В;

f – частота питающего напряжения, Гц;

R_{m0} – механическое сопротивление, кг/с;

Построим характеристики зависимости основных параметров МВО в зависимости от времени:

Анализ режимов работы устройства производится путём ввода в алгоритм расчёта ВСЕХ данных, определённых в задании и рассчитанных в предыдущих разделах.

Перечень постоянных данных необходимых для ввода в алгоритм расчёта:

$\mu_{ст}$ – относительная магнитная проницаемость стали

μ_0 - магнитная постоянная

f_0 - собственная частота колебательной системы

Перечень переменных данных вводимых в алгоритм расчёта:

M – число итераций расчётов в периоде (задано - 50, можно менять для повышения точности расчётов).

N - число периодов расчёта (необходимо чтобы устройство вышло на установившийся режим работы – постоянные амплитуды колебаний и токов. Задано – 50.)

δ_0 - начальный воздушный зазор

Производим расчёты при изменении входной частоты f напряжения питания. Данная переменная определена в первом блоке алгоритма. Диапазон изменения f от 30 до 70 Гц. Интервал изменения частоты $\Delta f = 5$ Гц. При каждом

значении вводимой частоты фиксируются значения: I_d , Δx . Составляется таблица. При этом механическое сопротивление массы составляет 500 кг/с.

Выбираем начальный воздушный зазор 0,007. Резонансная частота составляет 56 Гц, а частота питающего напряжения 55 Гц.

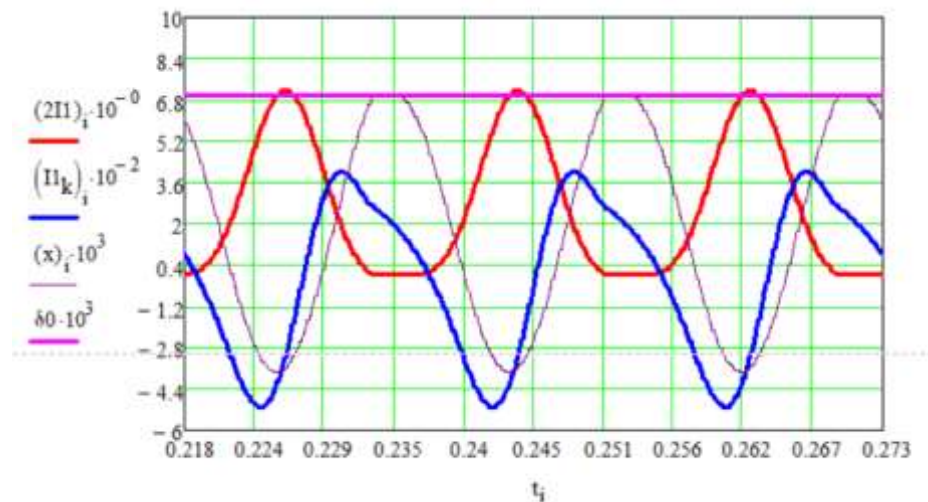


Рисунок 4.1 – График производительности при частоте близкой к резонансной.

На рисунке 4.1 представлен график производительности МВО при работе в жидкой нефти. На нём изображены кривые:

- изменение тока МВО с течением времени (красная линия)
- изменение тока короткозамкнутого витка магнитопровода (синяя линия)
- изменение зазора во времени (тонкая линия)
- постоянство начального зазора (фиолетовая линия)

По графику можно определить действующие значения величин и амплитудные. Изменяя частоту питающего напряжения, изменяются параметры, данные которых заносим в таблицу 4.1. По результатам измерений строим зависимость производительности от питающего напряжения.

По такому же алгоритму производим расчёты для загустевшей нефти (когда в ней образовалось достаточное количество донных отложений). При этом механическое сопротивление массы составляет 1200 кг/с. Выбираем начальный воздушный зазор 0,007. Резонансная частота составляет 56 Гц, а частота питающего напряжения 55 Гц.

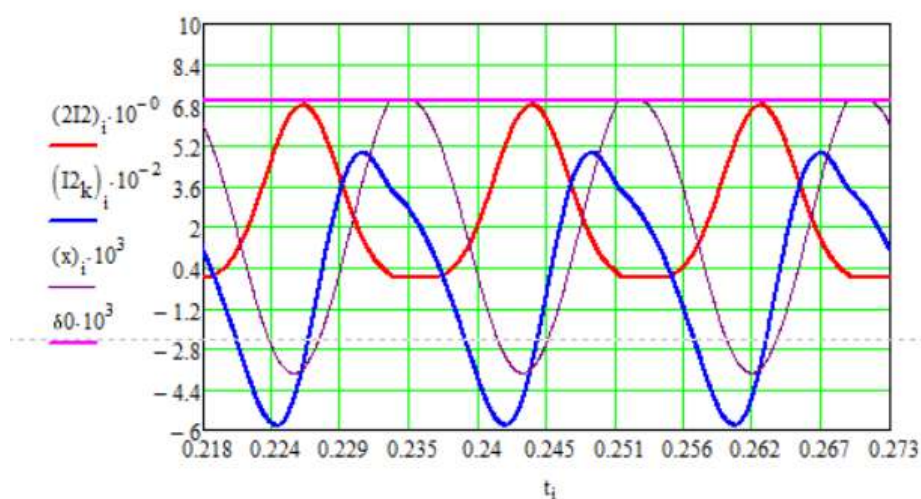


Рисунок 4.3 – График производительности при частоте близкой к резонансной.

На рисунке 4.3 представлен график производительности МВО при работе в загустевшей нефти. На нём изображены кривые:

- изменение тока МВО с течением времени (красная линия)
- изменение тока короткозамкнутого витка магнитопровода (синяя линия)
- изменение зазора во времени (тонкая линия)
- постоянство начального зазора (фиолетовая линия)

По графику можно определить действующие значения величин и амплитудные. Изменяя частоту питающего напряжения, изменяются параметры, данные которых заносим в таблицу 4.2. По результатам измерений строим зависимость производительности от питающего напряжения.

Глава 5 . ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОАКТИВАТОРА ДЛЯ ЗАБОРА НЕФТИ ИЗ ЗЕМЛЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ

5.1 Схема подключение виброактиватора

Основными элементами схемы подключение виброактиватора являются сам виброактиватор, преобразователь частоты и блок питания, который должен включать в себя диод, автоматический выключатель. Общая схема подключение виброактиватора к электрической сети приведена на рисунке 5.1

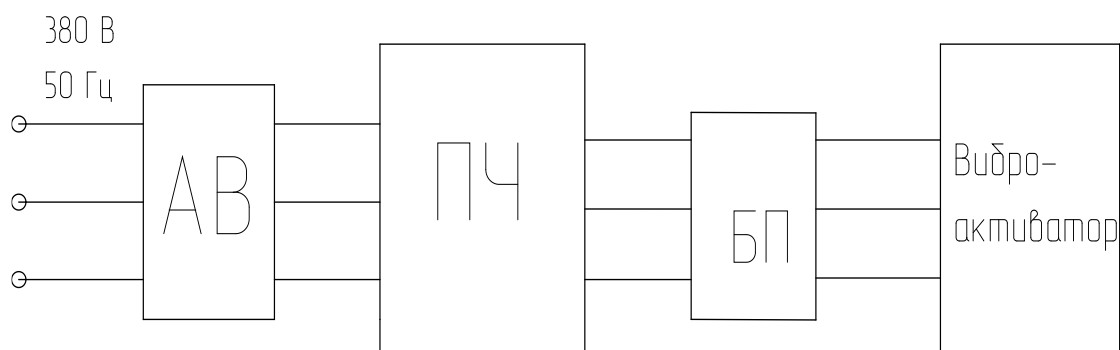


Рисунок 5.1 - Общая схема подключение виброактиватор

Выбор частотного преобразователя и автоматического выключателя осуществляется по данным, полученным в результате расчёта режимов работы виброактиватора на математической модели. Исходными данными для этого являются величина тока, напряжение, подаваемое на обмотки виброактиватора и частота напряжения.

Номинальный фазный ток виброактиватора равен 12А.

Диапазон напряжений, который необходимо обеспечить для регулирования режимов работы виброактиватора, составляет от 100 до 240 В.

Для обеспечения резонансного режима работы обработки виброактиватором различных нефтей необходимо менять частоту питающего напряжения в диапазоне от 30 до 55Гц.

По справочным данным выбираем частотный преобразователь марки Mitsubishi FR-E740 – 170 – EC Данный преобразователь позволяет равномерно и экономичное регулирования производительности путем изменения частоты. Внешний вид и характеристики частотного преобразователя приведены в рисунке 5.1 и таблице 5.1



Рисунок 5.2 – Внешний вид преобразователя частоты Mitsubishi FR-
E740 – 170 – ЕС

Таблица 5.1 - Характеристики частотного преобразователя

Наименование параметра	Величина
Номинальная выходная мощность ПЧ, кВт	7.5
Номинальный ток нагрузки, А	17
Номинальное напряжение на входе, В	380 – 480 (+10%-15%)
Диапазон регулирования напряжения, В	От 0 В до напряжение питания
Частота питающей сети, Гц	50/60 ± 5%
Диапазон регулирования частоты, Гц	0,2-400
Кратность тока перегрузки	1,5 I _{НОМ}

Для обеспечения работы виброактиватора на частоте 50 Гц выбираем диод марки Д232 Характеристики диода приведены ниже:

$$U_{об.мах} = 400 \text{ В.}$$

$$- I_{пр.мах} = 15 \text{ А.}$$

- диапазон рабочих температур $-60\dots+130\text{ C}^\circ$

- гарантийная наработка не менее – 10000 ч.

В схеме подключения виброактиватора, как и любого электротехнического устройства, должен быть предусмотрен автоматический выключатель. Исходя их параметров работы виброактиватора для его подключения к промышленной сети выбираем автоматический выключатель типа Legrand LR. Характеристики данного выключателя приведены в таблице 5.2

Таблица 5.2 Характеристики выключателя

Количество полюсов	3P
Номинальный ток:	40А
Рассеиваемая мощность	4Вт
Отключающая способность:	6кА
Номинальное напряжение	240/415В

Учитывая, что виброактиватор в определённой степени является переносным, он должен быть оборудован кабелем, позволяющим манипулировать устройством в пределах зоны разгрузки. Длина кабеля в этом случае определяется конкретными условиями применения виброактиватора. По условиям применения взрывозащищённого электрооборудования выбираем длину кабеля, равную 40 метров. Марка кабеля, которая рекомендована для применения в указанных условиях, соответствует КГН $4\times 4\text{ мм}^2$.

Выбираем кабель марки КГН (4х4) с $I_{\text{доп}} = 50\text{ А}$. Кабель силовой гибкий с медными многопроволочными жилами с резиновой изоляцией в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение.

Технические характеристики виброактиватора приведены в таблице 5.3

U напряжение питания, В	80 - 300	
Частота питающего напряжение, Гц	30 - 55	
Номинальный ток фазы I _н , А	12	
Производительность виброактиватора, м ³ /час	5	
Габаритные размеры	высота, м	1,5
	диаметр, м	0,5
Вес, кг	180.0	

ГЛАВА 6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В настоящее время перспективность технического проектирования определяется не столько масштабом проекта, оценить который на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для выполнения технологического проекта и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы будущего проекта.

Пусконаладочные работы при монтаже электроприводов и их установке являются завершающей стадией процесса строительно – монтажных работ. Высокий уровень механизации и автоматизации производства, повышенные требования к электроприводу и к продукции увеличивают объем наладочных работ и выделяют их в самостоятельный вид деятельности. От качества проведения пусконаладочных работ зависит бесперебойность работы, безопасность и экономичность обслуживания электрооборудования. Таким образом, целью данного раздела является обоснование целесообразности выпускной квалификационной работы, которая отвечает современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности выполнения технического проекта;
- планирование технико-конструкторских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей) эффективности проекта.

6.1. SWOT-анализ по разработке проекта электропривода установки вибромагнитной обработки донных отложений нефти

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексный анализ технического проекта. SWOT-анализ применяют для изучения внешней и внутренней среды проекта [6].

Применительно к проекту по разработке электропривода установки вибромагнитной обработки донных отложений нефти, SWOT-анализ позволит оценить сильные и слабые аспекты проекта, а также его возможности и угрозы. Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, которая помогает выявить соответствия слабых и сильных сторон проекта, а также их возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT будем использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

СЛ – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 1. На основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения: «2» – сильное соответствие; «0» – слабое соответствие.

Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 2 и 3.

Таблица 1 - Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	<p>С1. Простота подключения к энергосистеме</p> <p>С2. Надежность системы при аварийных ситуациях</p> <p>С3. Хорошие энергетические показатели</p> <p>С4. Квалифицированный персонал</p> <p>С5. Повышенная безопасность при эксплуатации</p> <p>С6. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя</p> <p>С.7 Повышение химической стойкости элементов деталей электропривода</p>	<p>СЛ1. Высокий уровень вибрации при работе</p> <p>СЛ2. Большая стоимость оборудования</p> <p>СЛ3. Большой уровень шума при работе</p> <p>СЛ4. Большие начальные затраты</p>
Возможности:		
В1. Дополнительное резервное питание электропривода ВСМА	V1C1	
В2. Повышение стоимости конкурентных систем	V2C2	V2СЛ1
Угрозы:		
У1. Исчезновение питания электропривода ВСМА		
У2. Некачественные элементы конструкции	У2С7	
У3. Введения дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции		У3СЛ1
У4. Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства		

Таблица 2 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта							
		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	В1	2	1	0	0	2	1	0
	В2	0	2	1	0	1	1	0
	Слабые стороны проекта							
		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4			
	В1	0	1	0	1			
	В2	2	1	0	1			

Таблица 3 – Интерактивная матрица угроз

Угрозы	Сильные стороны проекта							
		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	У1	1	1	0	1	1	1	0
	У2	0	1	1	0	1	0	2
	У3	0	0	1	1	1	0	1
	У4	0	0	0	0	0	0	0
	Слабые стороны проекта							
		СЛ1	СЛ2	СЛ3	СЛ4			
	У1	0	1	0	1			
	У2	1	1	0	1			
У3	2	0	1	0				
У4	0	1	0	1				

В1С1 – Так как при необходимости резервного питания его легко обеспечить, потому что данное устройство легко подключается к энергосистеме.

В2С2 – При условии, что конкурентные системы будут повышать стоимость своего оборудования для обеспечения надёжности, данное устройство

обеспечивает надёжность системы при аварийных ситуациях при такой же стоимости.

V2СЛ1- При работе устройства наблюдается повышенная вибрация, которой может быть у конкурентных устройств, но с более высокой ценой.

У2С7 – При некачественных материалах и комплектующих для устройства, последнее может быть негерметично, и соответственно внутрь может попасть нефть. Для предотвращения этого необходимо тщательно подбирать материалы и поставщиков.

У3СЛ1- При работе устройства создаются большие вибрации, при введении новых стандартов на вибрации необходимо реконструировать устройство для устранения вибрации, или найти необходимые средства защиты от вибрации.

6.2. Разработка графика проведения работ технического проекта

Для выполнения проектных и пуско-наладочных работ формируется рабочая группа, в состав которой входят:

1. Руководитель;
2. Бакалавр-проектировщик;

Необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения технического проекта и ПНР, провести распределение исполнителей по видам работ.

6.2.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников выполнения проекта.

Трудоемкость выполнения технического проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Методика оценки приведена в [6].

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

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.

Результаты расчетов приведены в таблице 4.

6.2.2. Разработка последовательного комплекса работ проекта

В качестве графика инженерных работ можно использовать диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ[6].

В приведенной ниже таблице 4 номерам этапов работы соответствуют следующие виды выполняемых работ:

№ 1 – разработка технического задания (ТЗ) – включает в себя изучение первичной информации об объекте, требования к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

№ 2 – сбор и изучение литературы – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, касающихся различных сторон технического проекта;

№ 3 – сбор исходных данных – электрические схемы соединения; параметры двигателя и др. нагрузки;

№ 4 – подготовка данных для ввода в базу комплекса – составление схем замещения, расчет параметров схем замещения;

№ 5 – отладка базы данных и проведение тестовых расчетов – заключается в выявлении имеющихся в программе ошибок. Цель отладки состоит в выявлении и устранении причин ошибок;

№ 6 – выбор оборудования – выбрать приводной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором для шаровой барабанной мельницы, частотный преобразователь, а также пусковую аппаратуру;

№ 7 – расчёт и проверка модели ВСМА – построение естественных механических и электромеханических характеристик в среде MATHCAD, построение переходных процессов в среде MATLAB;

№ 8 – расчёт и проверка модели ВСМА-ПЧ – Расчет и построение семейства механических $\omega(M_{ЭМ})$ и электромеханических $\omega(I_1)$ характеристик асинхронного двигателя при изменении частоты в среде MATHCAD;

№ 9 – оформление пояснительной записки – включает в себя: сведения о проекте, основание для разработки, цели, назначение и область использования системы, технические и организационные мероприятия, окончательная проверка руководителем, устранение недочетов дипломником;

№ 10 – сдача проекта – подготовка к защите и защита проекта.

По результатам расчетов строится диаграмма Ганта, приведенная в таблице 5.

Таблица 4 – Календарная продолжительность работ

№ этапа работы	Вид работ	Исполнители	Минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, t_{\min} , чел.-дн.	Максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i-ой работы, t_{\max} , чел.-дн.	Ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, $t_{ож}$, чел.-дн.	Продолжительность одной работы, T_p , раб.дн.
1	Составление ТЗ	Руководитель	1	1	1	1
2	Сбор и изучение литературы	Дипломник	9	11	9,8	10
3	Сбор исходных данных	Дипломник	4	6	4,8	5
4	Подготовка данных для ввода в базу	Дипломник	4	6	4,8	5
5	Отладка данных и проведение расчетов	Дипломник	9	11	9,6	10
6	Выбор оборудования	Дипломник	8	12	9,6	10
		Руководитель	1	1	1	1
7	Расчёт и проверка модели ВСМА	Дипломник	8	12	9,6	10
		Руководитель	1	1	1	1
8	Расчёт и проверка модели ВСМА-ПЧ	Дипломник	8	12	9,6	10
		Руководитель	1	1	1	1
9	Оформление пояснительной записки Сдача проекта	Дипломник	8	12	9,6	10
		Дипломник	1	1	1	1
10	Оформление пояснительной записки	Руководитель	1	1	1	1

	Оформление пояснительной записки Сдача проекта	Д	1												
10	Оформление пояснительной записки	Р	1												

* « Д » – дипломник, « Р » – руководитель

Исходя из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы:
руководитель 5 дней, дипломник 71 день.

6.3. Составление сметы технического проекта

6.4. Составление сметы технического проекта

При планировании сметы технического проекта (ТП) должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением [6].

В процессе формирования сметы ТП используется группировка затрат по следующим статьям:

- материальные затраты ТП;
- затраты на специальное оборудование;
- полная заработная плата исполнителей разработки ТП;
- отчисления во внебюджетные фонды;
- накладные расходы.

Материальные затраты в данном техническом проекте не рассчитываются, так как соединительные провода, шлейфы и т.д. укомплектованы вместе с оборудованием.

6.4.1. Расчет затрат на специальное оборудование

Стоимость специального оборудования приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Стоимость специального оборудования

Наименование оборудования	Количество, шт.	Цена, тыс.ру б.
Виброструйный магнитный активатор	12	120
Преобразователь частоты Mitsubishi FR-E740 – 170 – EC	1	63
Комплекующие		
Силовой пускатель (контроллер) W212	1	1,7
Итого		1504,7

Первоначальная стоимость оборудования рассчитывается по формуле:

$$C_{OB} = Ц \cdot k$$

где Ц – сумма затрат на специальное оборудование; k – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы равный 1,20.

$$C_{OB} = 1504.7 \cdot 1.2 = 1805.64$$

6.4.2. Расчёт полной заработной платы

Расчет полной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$З_{зп} = З_{дн} \cdot З_{доп}$$

где Зосн – основная заработная плата;

Здоп – дополнительная заработная плата, руб.

Основная заработная плата (Зосн) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p$$

где Зосн – основная заработная плата одного работника;

Здн – среднедневная заработная плата работника, руб.

Тр – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн. (таблица 5).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{тс} + З_{допл} + З_{р.к.}}{F_d}$$

где Зтс – заработная плата по окладу, руб.;

Здопл – доплаты и надбавки (коэффициент премии), руб.(50%);

Зр.к. – районная доплата, руб.(30%);

Fд – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе, 22 при 5-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Значения расчётов основной заработной платы приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Основная заработная плата исполнителей

Работники	Заработная плата по окладу руб.	Доплаты и надбавки, руб. (коэффициент премии)	Районная доплата, руб. (30%)	Зарплата , руб.	Средняя заработная плата в день, руб.	Продолжительность работ, раб. дн.	Основная заработная плата, руб.
Руководитель	31000	15500	9300	55800	2536	5	12680
Дипломник	9340	–	2802	12142	551	71	39120
Итого Зосн, руб.							51800

Расчет дополнительной заработной платы осуществляется следующим образом:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы;

$Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника.

Значения расчётов дополнительной и полной заработной платы приведены в таблице 8.

Таблица 8. – Дополнительная и полная заработная плата

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,15	12680	1902	14582
Дипломник	0,12	61500	7380	68880
Итого		74180	9282	83462

6.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

$k_{внеб} = 30,2\%$ в условиях ТПУ.

Отчисления во внебюджетные фонды составят:

$$Z_{внеб} = 0,302 \cdot 83462 = 25,2 \text{ тыс. руб.}$$

6.4.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Величину накладных расходов принимаем в размере 16% от общей суммы затрат.

6.3.5 Формирование сметы технического проекта

Рассчитанная выше величина затрат технического проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции. Определение затрат на технический проект приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Смета технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб	Структура затрат, %
1. Материальные затраты ТП	-	-

2. Затраты на специальное оборудование	1805,64	83,2
3. Затраты по полной заработной плате исполнителей темы	83,5	3,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	25,2	1,2
5. Накладные расходы	255,76	11,8
Итого	2169,7	100,0

6.5. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности [14] проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию и ПНР электропривода шаровой барабанной мельницы рассмотрены следующие критерии:

- надежность - это длительный эксплуатационный ресурс (в частности, в условиях электросетей, не гарантирующих стабильного напряжения), достигается дополнительным резервным питанием электропривода ШБМ, это позволяет обеспечить бесперебойную работу оборудования и технологического процесса в целом;
- энергосбережение – это экономия электрической энергии. Она достигается за счет использования частотного преобразователя;

- материалоемкость – это показатель расхода энергии для работы в номинальном режиме, достигается снижением затрат на сырье, а также на иные расходы связанные с производством;

- помехоустойчивость – это способность сигнала противостоять действию помех (т.е. сохранять содержащуюся в нём информацию, несмотря на действие помех), достигается за счет классификации всех электроприемников по степени их помехоустойчивости;

- удобство в эксплуатации; - рост производительности труда пользователя – это показатель, характеризующий результативность труда, осуществляется в проекте благодаря повышению уровня автоматизации, что способствует росту производительности труда, но при этом затраты возрастают.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристики проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Надежность	0,20	5
2. Энергосбережение	0,25	5
3. Материалоемкость	0,15	4
4. Помехоустойчивость	0,10	4
5. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4
6. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	4
Итого:	1,00	

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,10 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 = 4,45$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и энергосбережения позволяют судить о надежности системы.

ГЛАВА 7. РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Объектом исследования данной работы является проектируемый установка разжижения нефтяных донных отложений. Установка состоит из двух частей: наземной и погружной. Наземная часть включает автотрансформатор и станцию управления. Погружная часть состоит из виброструйного активатора, бронированного электрического кабеля, по которому подается питающее напряжение электродвигателю.

Целью настоящего раздела является принятие проектных решений, исключающих несчастные случаи и профессиональные заболевания на производстве, обеспечивающих снижение вредных воздействий на окружающую среду, безопасность в чрезвычайных ситуациях, экономное расходование ресурсов. Исходя из этого мы рассмотрим возможные вопросы охраны труда и техники безопасности.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Нормативно-правовую основу регулирования трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений в нефтегазовой отрасли составляют:

- Конституция Российской Федерации (ст. 37 и др.);
- Общеизвестные принципы и нормы международного права,
- Трудовой кодекс Российской Федерации;
- иные федеральные законы и др.

Правовые нормы трудового законодательства изложены в документе Трудовой кодекс Российской Федерации. Согласно статье 94 данного документа для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;
- при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

Согласно статье 147 оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере.

Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Согласно статье 7, пункту 2 и статье 37, пункту 3 Конституции РФ в Российской Федерации осуществляется охрана труда и здоровья людей, также каждый имеет право на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены. [1]

Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность организации трудового процесса, исключающей монотонность труда, путем ограничения частоты повторения простых трудовых действий и

длительности непрерывного пассивного наблюдения за ходом производственного процесса или его части.

Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать оптимальное распределение функций между человеком и производственным оборудованием с целью обеспечения безопасности, ограничения тяжести и напряженности труда, а также обеспечения высокой эффективности функционирования системы "человек - производственное оборудование".

Стоит также отметить статью 218 «Комитеты (комиссии) по охране труда», согласно которой по инициативе работодателя и (или) по инициативе работников либо их представительного органа создаются комитеты (комиссии) по охране труда. В их состав на паритетной основе входят представители работодателя и представители выборного органа первичной профсоюзной организации или иного представительного органа работников. Типовое положение о комитете (комиссии) по охране труда утверждается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. При этом, комитет (комиссия) по охране труда организует совместные действия работодателя и работников по обеспечению требований охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний, а также организует проведение проверок условий и охраны труда на рабочих местах и информирование работников о результатах указанных проверок, сбор предложений к разделу коллективного договора (соглашения) об охране труда.

7.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность – это Производственная безопасность – это система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Проанализировали вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проведении исследований в лаборатории и результаты свели в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 Вредные и опасные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003 - 2015)	Нормативные документы
Превышение уровня шума.	ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
Недостаточная освещенность рабочей зоны	ГОСТ 12.1.012–2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования».
Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.1.038 – 82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов»
Поражение электрическим током	ГОСТ 12.1.002-84 «Система стандартов безопасности труда. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах».
Электромагнитные поля промышленных частот (50-60 Гц)	

7.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

7.3.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Свет влияет на физиологическое состояние человека, правильно организованное освещение стимулирует протекание процессов высшей нервной деятельности и повышает работоспособность. При недостаточном

освещении человек работает менее продуктивно, быстро устает, растет вероятность ошибочных действий, что может привести к травматизму.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет длительную работу, вызывает повышенное утомление и способствует развитию близорукости. Слишком низкие уровни освещенности вызывают апатию, сонливость, а в некоторых случаях способствуют развитию чувства тревоги. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме и ослаблением его реактивности. К таким же последствиям приводит длительное пребывание в световой среде с ограниченным спектральным составом света и монотонным режимом освещения. [4]

7.3.2 Повышенный уровень шума

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды. Основные производственные процессы, сопровождающиеся шумом — это работа электропривода.

Говоря о действии шума на организм, следует иметь в виду, что он оказывает как местное, так и общее воздействие. При этом учащается пульс, дыхание, повышается артериальное давление, изменяются двигательная и секреторная функции желудка и других органов. [5]

Источником шума является насос, перекачивающий разжиженные донные отложения.

Нормируемыми показателями шума на рабочих местах являются:

а) эквивалентный уровень звука A за рабочую смену (нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах, за исключением рабочих мест

отдельных отраслей экономики, является 80 дБА). При этом предельно-допустимые эквивалентные уровни звука на рабочих местах имеют зависимость от категории напряженности и тяжести трудового процесса (от 50 до 80 дБА);

б) максимальные уровни звука А (с временной коррекцией S (медленно) не должны превышать 110 дБА и с временной коррекцией J (импульс) – 125 дБА соответственно);

в) пиковый уровень звука С (не должен превышать 137 дБС).

7.3.3 Повышенный уровень вибрации

Одним из наиболее опасных для человеческого организма производственных факторов является вибрация. Под вибрацией понимается колебание твёрдых тел. Источник вибрации – разжижающее устройство. Вибрация может быть общей и постоянной.

Большое негативное воздействие этот фактор оказывает на отделы центральной нервной системы, желудочно-кишечного тракта и вестибулярного аппарата человека. Длительное воздействие вибрации на организм приводит к развитию профессиональных заболеваний, основным из которых является – виброболезнь, сопровождающаяся головокружением, онемением нижних конечностей и потерей ориентации в пространстве. [6]

Нормы по ограничению общих вибраций (пола, оснований машин, сидений и т.п.) устанавливают предельно допустимые значения V_D и V_L в октавных полосах частот со среднегеометрическими значениями 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63 Гц, а нормы по ограничению локальной вибрации – в октавных полосах

со среднегеометрическими частотами 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000 Гц. Общая вибрация с частотой менее 1 Гц нормируется по величине смещения x в зависимости от значения основной частоты колебаний. Указанные нормативы соответствуют непрерывному воздействию вибрации в течение рабочего дня.

7.3.4 Поражение электрическим током

Эксплуатация установки разжижения нефтяных донных отложений характеризуется с наличием высокого напряжения в силовом кабеле. Причем станция управления и установка разжижения нефтяных донных отложений находятся на расстоянии друг от друга и часть кабеля проходит по поверхности, что увеличивает зону поражения электротоком, а, следовательно, и вероятность несчастного случая.

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, механическое, электролитическое, биологическое действие. К электротравмам относят электрический удар, при котором происходит сокращение различных мышц, что приводит к судорогам, нарушению сердечной деятельности и остановке дыхания. Как известно, организм человека состоит из большого количества солей и жидкости, что является хорошим проводником электричества, поэтому действие электрического тока на организм человека может быть летальным. [7]

Последствия, которые возникнут в результате действия электрического тока на человека, зависят от многих факторов, а именно:

- от величины и рода протекающего тока, переменный ток является более опасным, чем постоянный;

- продолжительности его воздействия, чем больше время действия тока на человека, тем тяжелее последствия;

- пути протекания, самую большую опасность представляет ток, протекающий через головной и спинной мозг, область сердца и органов дыхания(легкие);

- от физического и психологического состояния человека.

Электрический ток, проходя через организм человека может оказывать на него три вида воздействий: термическое, электролитическое, биологическое.

Основными факторами поражения, которые возникают в результате действия электрического тока на человека, являются:

- электрические травмы,

местные повреждения тканей организма в результате действия электрического тока или электрической дуги.

7.3.5 Электромагнитные поля промышленных частот

Источниками электромагнитных полей промышленной частоты (50 Гц) на производстве являются высоковольтные линии электропередач (ЛЭП), измерительные приборы, трансформаторы, устройства автоматики, мониторы, нагревательные электроустройства и др. с высоким напряжением.

Негативное воздействие на организм человека, электромагнитных полей зависит от напряженности, частоты излучения, размера облучаемой поверхности и других факторов. ЭМП могут нарушать функции сердечно-сосудистой системы, ухудшать обмен веществ, изменять состав крови, вызывать повышенную утомляемость, нарушение сна, торможение рефлексов и т.д.

Предельно допустимый уровень напряженности электрического поля (E) не более 25000 В/м. При этом регламентируется время пребывания (T, час) в электрическом поле с различной напряженностью. [11]

7.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

7.4.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для обеспечения рационального освещения необходимо правильно подобрать источники искусственного освещения в сочетании с естественным светом.

К гигиеническим требованиям, отражающим качество производственного освещения, относятся:

- равномерное распределение яркостей в поле зрения и ограничение теней;
- ограничение прямой и отраженной блёскости;
- ограничение или устранение колебаний светового потока.

7.4.2 Повышенный уровень шума

Для защиты от шума и вибрации предусматриваются:

- обеспечение персонала индивидуальными средствами защиты;
- установка звукоизолирующих кабин;
- звукоизолирующие кожухи и экраны;
- виброизолирующие материалы под оборудование (пружины, резины и другие прокладочные материалы).

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) применяются в том случае, если другими способами обеспечить допустимый уровень шума на рабочем месте не удается. Принцип действия СИЗ – защитить наиболее чувствительный канал

воздействия шума на организм человека – ухо. Применение СИЗ позволяет предупредить расстройство не только органов слуха, но и нервной системы от действия чрезмерного раздражителя. СИЗ включают в себя противошумные вкладыши (беруши), наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

7.4.3 Повышенный уровень вибрации

Для виброзащиты применяются средства индивидуальной защиты для рук, ног и тела. В качестве средства защиты для рук применяются рукавицы и перчатки, вкладыши и прокладки по ГОСТ 12.4.002-97 «Система стандартов безопасности труда. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний» [8].

Виброзащитная обувь изготавливается в виде сапог, полусапог, в конструкции низа, которых используется упруго-демпфирующий материал. (ГОСТ 12.4.024-76 "Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная виброзащитная. Общие технические требования").[9]

7.4.4 Поражение электрическим током

Правила устройства электроустановок и Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н “Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок” (вступил в силу 4 августа 2014 года), устанавливает следующие меры защиты.

Для работы с электроустановками ниже 1000 В применяются

1. Основные защитные средства:

- изолирующие и электроизмерительные клещи;
- указатели напряжения;
- диэлектрические перчатки;

- слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.
2. Дополнительные защитные средства:
- диэлектрические боты и ковры;
 - переносные заземления;
 - изолирующие подставки и накладки;
 - оградительные устройства. [8]

К основным техническим средствам защиты от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся:

- отключение электроустановки и электрическая изоляция токоведущих частей;
- ограждение и вывешивание запрещающих, указательных предупреждающих и предписывающих плакатов;
- сигнализация и блокировка;
- зануление, защитное заземление;
- защитное отключение;

7.4.5 Электромагнитные поля промышленных частот

В соответствии с санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» и ГОСТ 12.1.045-84 «ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля (ЕПДУ) на рабочих местах обслуживающего персонала при воздействии 1 ч за смену устанавливается равным 60 кВ/м. При воздействии свыше одного часа величина определяется расчетным методом.

Допустимое время пребывания в электрическом поле может быть реализовано однократно или дробно в течение рабочей смены. В остальное рабочее время напряженность электрического поля не должна превышать 5 кВ/м. [11]

7.5 Экологическая безопасность

Выбросы промышленных предприятий в атмосферу, водоёмы и недра на современном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде районов земного шара, особенно в крупных промышленных центрах, уровень загрязнений существенно превышает допустимые санитарные нормы.

Нефтебазы, а также их объекты, здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками выделения в окружающую природную среду вредных веществ, следует отделять от жилой застройки санитарно-защитной зоной. Размер санитарно-защитной зоны определяется в целом по предприятию на основе расчетов концентрации каждого загрязняющего вещества в составе вредных выбросов в атмосферу от каждого источника выбросов с учетом среднегодовой розы ветров и существующего фоновый уровня загрязнений атмосферного воздуха и при этом концентрация вредных веществ в приземном слое этой зоны не должна превышать предельно допустимых концентраций. Граница санитарно-защитной зоны по территории предприятия устанавливается соответствующими нормативными документами Госкомсанэпиднадзора России. Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не могут рассматриваться как резервная территория для расширения предприятия.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В нашем случае, мы имеем дело с ЧС техногенного характера, к которому относится пожар. Причинами пожара могут стать:

- короткое замыкание и перегрузка в электросетях, старая проводка
- брошенные непотушенные спички, сигареты
- нарушение правил хранения легко воспламеняющихся жидкостей

Обеспечение пожаробезопасности начинается с определения класса взрывоопасной зоны или класса пожароопасной зоны производственного помещения. Согласно классификации производств по пожарной опасности, объект на котором располагается установка разжижения нефтяных донных отложений относится к классу Е, то есть объекты на которых может возникнуть пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением, технологический процесс исключает взрывоопасную зону. Минимальная допустимая степень защиты оболочек электрических машин для данной пожароопасной зоны обозначается IP44.

Для снижения вероятности пожара предусмотрена автоматическая пожарная сигнализация. На случай возникновения пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения.

Также необходимо предусмотреть ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара:

- обеспечить подъезды к зданию;
- обесточивание электрических кабелей;
- наличие пожарных щитов и ящиков с песком в коридорах;
- телефонная связь с пожарной охраной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ по моделированию, конструированию и разработке технологических приёмов применения виброактиватора для забора вязких нефтепродуктов из земляных резервуаров можно сделать следующие выводы:

1. Предложенные методика, расчётные выражения для определения механического сопротивления движению активатора и оценке производительности активации вязких нефтепродуктов позволяют производить расчёты основных показателей работы виброактиватора на стадии проектирования. Производительность активации вязких нефтепродуктов при использовании разработанного виброактиватора может достигать до 1,5 м³/час в расчёте на один модуль.

2. Моделирование режимов работы виброактиватора на основе разработанной математической модели позволили произвести выбор формы активатора, обеспечивающего максимальную производительность активации. Для выбранных параметров электромагнитной системы максимальную производительность обеспечивает активатор круглой формы с диаметром 90 мм.

3. Разработана конструктивная схема многомодульного исполнения виброактиватора для применения при заборе из земляных резервуаров, предложена конструкция единичного модуля виброактиватора, определены рекомендации по регулированию начальных конструктивных установок виброактиватора при обработке вязких нефтепродуктов. Начальный зазор при настройке модулей виброактиватора необходимо выбирать не менее 4 мм.

4. Разработаны основные приёмы применения виброактиватора при заборе вязких нефтепродуктов из земляных резервуаров. При проведении работ необходимо периодически подстраивать частоту и амплитуду питающего напряжения для обеспечения работы виброактиватора в квазирезонансном режиме. Диапазон регулирования частоты может составлять от 30 до 70 Гц, диапазон регулирования амплитуды напряжения может составлять от 140 до 250 В.

6. Предложена трёхфазная электрическая схема подключения виброактиватора, обеспечивающая регулирование частоты и напряжения в заданном диапазоне. Подключение и регулирование указанных параметров обеспечивается применением частотного преобразователя марки Mitsubishi FR-E740 – 170 – EC, диодов марки Д232, автоматического выключателя марки Legrand LR.

Список литературы

1. Транспортировка нефти [электронный ресурс]
<http://www.mirnefti.ru/index.php?id=16>.
2. Подогрев вязких и застывающих нефтепродуктов [электронный ресурс]
http://samoreg.com/published/QP/html/scripts/book.php?DB_KEY=VTEhNzQ0U1M=&BookID=pravila-tekhnicheskoj-ekspluatatsii-neftebaz&PageID=podogrev-vyazkikh-i-zastyvayushchikh-nefteprodukto.
3. Резервуары и технологические оборудование [электронный ресурс]
<http://gazovik-pgo.ru/>
4. Повышение эффективности транспортировки и хранения вязких нефтепродуктов на основе применения электроподогрева. Хасанов.М.Р Уфа 2004г.
5. Разогрев и слив вязких и застывающих продуктов из железнодорожных цистерн [электронный ресурс]
http://www.nmexr.com/prod2_4.htm.
6. Оборудование для новых технологий нефтегазодобычи [электронный ресурс] <http://www.scb-sem.ru/produkcija/equipmentforoil.html>.
- 8) Технология и оборудование виброструйной магнитной активации многокомпонентных жидких составов ОАО «СКБ Сибэлектромотор», г. Томск.
9. В.А. Данекер, С. В. Рикконен, А.И. Теплов, Исследование динамики вибрирующего конфузора в ньютоновской жидкости. Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Изд. Томского университета, т №2, 2002г.
10. В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.И. Теплов, Особенности электромагнитного расчета вибратора струйного погружного ВСП-0,25.

Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Изд. Томского университета, т №2, 2002г.

11. В. П. Выговской, В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.И. Теплов, Энергетика гидромеханического разрушения структуры высокопарафинистых нефтей, Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Изд. Томского университета, т №2, 2002г.

12. И.В. Прозорова, Ю.В. Лоскутова, Н.В. Юдина, С.В. Рикконен, В.А. Данекер, Изменение реологических свойств нефтей под воздействием виброструйной магнитной активации. Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Изд. Томского университета, т №2, 2002г.

13. С.П. Гузеев, В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.К. Хорьков, Виброструйный перемешиватель и разжижитель жидкостей и суспензий, Патент № 2128547, Бюл. № 10, 1999 г.

14. С.П. Гузеев, В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.И. Теплов, А.К. Хорьков, Способ вибрационной струйной магнитной декомпрессионной акустической активации растворов, Патент № 2203862, Бюл. № 13, 2003 г.

15. В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.К. Хорьков, Резонансно-колебательные электромеханические преобразователи для обработки жидких систем. Химия нефти и газа. Материалы IV международной конференции. В 2-х томах.- Томск: «SST», 2000.-Т1-608с.