

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

---

Энергетический институт

Направление 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электропривода и электрооборудования (ЭПЭО)

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Электромагнитный электропривод установки для обессоливания нефти</b> УДК 62-837:665.62

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5Б	Фермебаев А.Р.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данекер В.А.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав.кафедрой ЭПЭО доцент	Дементьев Ю.Н.	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП  
13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Универсальные компетенции</b>	
P1	<i>Совершенствовать</i> и развивать свой <i>интеллектуальный</i> и <i>общекультурный</i> уровень, добиваться <i>нравственного</i> и <i>физического</i> совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками</i> как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	<i>Использовать</i> на практике <i>навыки и умения</i> в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	<i>Использовать</i> представление о методологических основах <i>научного познания и творчества</i> , роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением <i>современных информационных технологий</i> , синтезировать и критически резюмировать информацию.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания</i> в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и <i>решать инновационные задачи</i> инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять <i>инженерные проекты</i> с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные <i>инженерные исследования</i> в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы</i> электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

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

---

Институт – ЭНИН  
Направление подготовки – 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра – Электропривод и электрооборудование

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Дементьев Ю.Н.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

**Магистерской диссертации**

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

Студенту:

Группа	ФИО
5ГМ5Б	Фермебаев Алмас Рахатулы

Тема работы:

Электромагнитный электропривод установки для обессоливания нефти	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(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.).*

1. Номинальное напряжение сети - 220В
2. Частота напряжения сети - 50 Гц
3. Диаметр активатора - 110 мм
4. Производительность - 52 м<sup>3</sup>/час
5. Количество витков обмотки -1500
6. Требования взрывозащиты ГОСТ Р 51330.0

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Обзор технической литературы, содержащий описание оборудования, применяемого для обессоливания нефти;</li> <li>2. Конструирование установки АВОН – 1 и блоков виброобработки.</li> <li>3. Разработка математической модели</li> <li>4. Оптимизация резонансного режима работы установки АВОН-1 для различных значений коэффициента затухания колебательного контура</li> <li>5. Разработка практических рекомендаций для оптимизации работы установки АВОН-1.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Данная работа содержит таблицы и графики</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
<i>Основной общий и специальный разделы ВКР</i>	<i>Научный руководитель Данекер В.А.</i>
<i>Экономическая часть ВКР</i>	<i>Кузьмина Н.Г.</i>
<i>Раздел экология и техника безопасности</i>	<i>Дашковский А.Г.</i>
<i>Раздел на иностранном языке</i>	<i>Баластов А.В.</i>

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

*Основная и специальная части, «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», «Социальная ответственность» – русский язык*

*На иностранном языке выполнены следующие разделы диссертации:*

*Литературный обзор*

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Данекер В.А.	к.т.н., с.н.с.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5Б	Фермебаев А.Р.		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ГМ5Б	Фермебаеву Алмасу Рахатулы

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Электроэнергетика и электротехника</b>

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов.</i>	<i>Материальные затраты, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления, накладные расходы.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>В соответствии с Налоговым кодексом РФ ЕСН=30 %</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Планирование комплекса работ (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности работы)</i>	<i>Планирование научно – исследовательских работ</i>
2. <i>Расчет бюджета для научно-технического исследования (определение материальных затрат, подсчет основной заработной платы исполнителей)</i>	1. <i>Смета затрат на проект</i> 2. <i>Смета затрат на оборудование</i>
1. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Анализ полученных результатов</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>График Ганта</i>
------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ст. преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5ГМ5Б	Фермебаев Алмас Рахатулы		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5ГМ5Б	Фермебаеву Алмасу Рахатулы

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и электротехника

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования).</i>	Рабочее место: лаборатория с имеющимися приборами исследования. Предмет исследования – математические модели элементов и устройств электромагнитного электропривода установки для обессоливания нефти.
2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i>	1) ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Технический регламент по социальной ответственности 2) N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" 3) N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда"

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды</i>	<b>Вредные факторы:</b> 1) Шум от работы ПК 2) Освещенность 3) Микроклимат
2. <i>Анализ опасных факторов проектируемой среды</i>	<b>Опасные факторы:</b> Поражение электрическим током;
3. <i>Охрана окружающей среды:</i>	Основным воздействием на окружающую среду будут являться бытовые отходы и отходы возникающие при обслуживании оборудования, которые должны подвергаться утилизации.
4. <i>Безопасность в чрезвычайных ситуациях</i>	Наиболее вероятными ЧС при работе в лаборатории является пожар.
5. <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. Социальное страхование работников.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент	Дашковский А.Г.	к.т.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5ГМ5Б	Фермебаев Алмас Рахатулы		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 117 страниц, 29 рисунков, 16 таблиц, 32 источников.

Ключевые слова: ВИБРОСТРУЙНАЯ МАГНИТНАЯ АКТИВАЦИЯ, БЛОК ВИБРООБРОБОТКИ, АКТИВАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ, ОБЕССОЛИВАНИЕ, НЕФТЬ.

В работе рассматривается оптимизация резонансного режима работы установки обессоливания нефти АВОН-1.

В работе разработана математическая модель, которая позволяет оптимизировать режимы работы активатора. На основе разработанной математической модели проведены исследования резонансных режимов работы для различных значений коэффициента затухания колебательной системы. Предложены практические рекомендации по оптимизации режима работы установки АВОН-1 для обессоливания различных нефтей.

Работа содержит экономическую часть, в которой была рассмотрена задача по планированию научно-исследовательских работ. Так же была рассчитана смета затрат на проект и оборудование, приведен анализ полученных результатов с точки зрения экономики.

Работа содержит раздел социальной ответственности, в которой были исследованы следующие вопросы: вредные факторы, опасные факторы, охрана окружающей среды и защита в чрезвычайных ситуациях.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007.

## **Обозначения и сокращения**

**АВОН** – аппарат виброобработки обессоливания нефти.

**ВСМА** – виброструйная магнитная активация.

**НПЗ** – нефтеперерабатывающий завод.

**ВВН** – высоковязкая нефть.

**РКЭМП** - резонансно-колебательный электромеханический преобразователь.

**БВО**– блок виброструйной обработки.

**БП** – блок питания.

**НДС**–нефтеная дисперсная система.

**АСПО** –асфальтосмолопарафиновые отложения.



## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	11
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	14
1.1 Обзор существующих методов и технологии обессоливания нефти .....	14
1.2 Обессоливание высоковязких нефтей .....	18
1.3 Технология ВСМА.....	20
2 КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ.....	24
2.1 Описание установки АВОН – 1 .....	24
2.2 Устройство и работа АВОН-1 .....	26
2.3 Основные элементы электропривода установки .....	31
2.4 Аппаратура управления и защиты .....	32
2.5 Особенности эксплуатации.....	34
3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ АВОН-1 .....	39
3.1 Электрические контуры .....	39
3.2 Механический контур .....	44
3.3 Система дифференциальных уравнений .....	44
3.4 Алгоритм расчёта системы уравнений .....	45
4 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ АВОН-1 .....	47
4.1 Оптимизация резонансных режимов работы установки АВОН-1 при постоянном механическом сопротивлении $R_{mo}=200$ кг/с .....	47
4.2 Оптимизация производительности активации установки АВОН-1 при изменении резонансной частоты.....	53
затухания $\beta$ (соотношение $R_{mo}$ и $\sum M$ ).....	55
4.3.2 Анализ модели при массе активатора $M_a = 400$ кг, $\beta < 1$ .....	57
регулировании соотношения массы активатора и массы присоединенной жидкости .....	59
4.4.1 Анализ модели при массе активатора $M_a = M_{np}$ , $\beta < 1$ .....	59
4.4.2 Анализ модели при массе активатора $M_a < M_{np}$ , $\beta > 1$ .....	61
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, .....	64
РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	64
5.1 Планирование научно-исследовательских работ .....	64
5.2 Смета затрат на проект.....	67
5.3 Смета затрат на оборудование .....	70
5.4 Анализ полученных результатов .....	71

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	73
6.1 Анализ вредных факторов .....	74
6.2 Анализ опасных факторов .....	78
6.3 Охрана окружающей среды .....	82
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях.....	84
6.5 Социальные гарантии для работника .....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	90
Список публикаций студента.....	91
Список использованной литературы.....	92
Приложение А .....	95

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сырьевая база нефтяной отрасли Российской Федерации по разведанным и предварительно оцененным запасам является одной из крупнейших в мире. Для поддержания и развития отрасли в производственном отношении осуществляются такие общие задачи как поиск, разведка нефтяных месторождений, добыча нефти, ее переработка, транспортировка трубопроводным, автомобильным, железнодорожным и водным транспортом с перевалкой (погрузо-разгрузочными работами), бункеровкой (заправкой), хранением, а также реализацией нефти и нефтепродуктов [1].

Нефть и нефтепродукты обладают свойствами, с одной стороны, ценного и важнейшего товара, а с другой стороны, опасного для человека и окружающей природной среды вещества. В процессе освоения нефтяных месторождений оказывается активное воздействие на окружающую среду в пределах территорий самих месторождений, трасс линейных сооружений (промысловых и магистральных трубопроводов), а также в ближайших населенных пунктах (городах, поселках). При этом в местах загрязнения, происходит долговременное разрушение растительного и почвенного покровов.

Добытая из промысловых скважин нефть содержит попутный газ, песок, ил, кристаллы солей, а также воду, в которой растворены соли, преимущественно хлориды натрия, кальция и магния, реже - карбонаты и сульфаты. Обычно в начальный период эксплуатации месторождения добывается безводная или малообводненная нефть, но по мере добычи ее обводненность увеличивается и достигает до  $(94 \pm 4) \%$ . Очевидно, что такую "грязную" и сырую нефть, содержащую к тому же легколетучие органические (от метана до бутана) и неорганические газовые компоненты, нельзя транспортировать и перерабатывать на нефтеперерабатывающих заводах без ее тщательной промысловой подготовки [2].

Подготовка нефти на промыслах занимает промежуточное положение среди основных процессов, связанных с добычей, сбором и транспортированием товарной нефти потребителю: нефтеперерабатывающим заводам или на экспорт. От того, как подготовлена нефть в районах её добычи, зависят эффективность и надёжность работы магистрального трубопроводного транспорта. Перекачка вместе с нефтью даже 1-2% балласта (в виде эмульгированных глобул воды и частиц механических примесей) способствует более интенсивному коррозионному износу насосного оборудования, снижает пропускную способность трубопроводов и повышает опасность их порывов. Повышенное содержание воды в нефти, поступающих на переработку, ухудшает качество получаемых из неё продуктов, создаёт проблемы (на НПЗ) борьбы с коррозией, закупоркой теплообменной и нефтеперегонной аппаратуры.

При добыче и переработке нефть дважды смешивается с водой, образуя эмульсии: при выходе с большой скоростью из скважины вместе с сопутствующей ей пластовой водой. Поэтому в процессе нефтепереработки существует такой процесс, как обессоливание нефти, т.е. удаление нежелательных примесей, солей. Данный процесс является одним из основополагающих, поскольку присутствие солей является губительным не только для техники, используемой на НПЗ, но и для самого получаемого продукта.

В результате эффективного разрушения образующихся в производственных процессах нефтяных эмульсий улучшаются свойства нефти и нефтепродуктов, и увеличивается срок службы нефтеперерабатывающих установок [3].

Таким образом, технологический процесс обессоливания нефти является важным этапом переработки и поэтому разработка более эффективных способов и соответствующего оборудования является актуальной задачей.

Рассматриваемая в работе технология обработки нефти ВСМА позволяет эффективно решать обозначенную проблему. Эффективность

применения оборудования ВСМА проявляется в сокращении времени обработки соледержащей нефти для получения состава, удовлетворяющего нормативным требованиям.

**Цель работы:** Оптимизация резонансного режима работы установки обессоливания нефти АВОН-1.

**Научная новизна** работы состоит в следующем:

1. Установлено, что максимальная производительность обработки обеспечивается на частоте  $f = 40 \div 50$ . Данное обстоятельство необходимо учитывать при регулировании режимов работы установки АВОН-1.

2. Разработана математическая модель установки АВОН-1, позволяющая при вводе независимых значений массы активатора, присоединенной массы, жёсткости пружинного подвеса и размеров активатора анализировать и оптимизировать режимы работы установки.

**Практическая значимость** работы:

1. Определены оптимальные параметры работы установки АВОН-1:

- диапазон изменения напряжения питания 100 – 160 В;
- диапазон частоты питающего напряжения 20 – 80 Гц.

Оптимизация резонансного режима работы установки обессоливания нефти, позволило увеличить производительность установки на 30%.

2. Проведённый анализ работы установки при изменении резонансной частоты, показал, оптимизация частоты обеспечивает работу установки с производительностью  $44,1 \text{ м}^3 / \text{час}$ . Можно сделать вывод, что при работе на резонансе производительность и амплитуда колебаний имеют различные значения.

Материалы диссертации апробировались на международном молодежном форуме «Интеллектуальные энергосистемы».

# 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Обзор существующих методов и технологии обессоливания нефти

В основных направлениях экономического и социального развития страны, предусматривается обеспечить дальнейшее укрепление и расширение минерально-сырьевой базы страны, повышение эффективности и качества подготовки к освоению разведанных запасов полезных ископаемых.

Выполнение задач, стоящих перед геологоразведочной службой нашей страны, невозможно без дальнейшего развития технологии обессоливания нефти. Процессы очистки нефти от воды и минеральных солей. Глубокое обессоливание нефти обеспечивает снижение коррозии и уменьшение отложений в аппаратуре, улучшение качества нефтяных фракций, в том числе и по содержанию металлов. Нефть, поступающая в колонну атмосферной ректификации, должна содержать воды не более 0,2 % и солей не более 5 мг/л, в то время как в добываемой из скважины нефти содержание воды может быть от 5 до 90 % и минеральных солей до 10-15 кг/т. После промысловой подготовки нефти к транспорту содержание солей в ней снижается до 40-1800 мг/л и воды до 0,2-1,0 %. Уменьшение содержания солей в нефти с 8-14 до 3 мг/л снижает потери от коррозии и позволяет не только увеличить межремонтный период работы установок ректификации нефти и мазута от 1-2 до 3-5 лет, но и продлить межремонтный период работы установок вторичной переработки нефтяных фракций, а также уменьшить расход технологического топлива, реагентов и катализаторов [4].

Вода и нефть взаимно нерастворимы, но при интенсивном перемешивании они образуют водонефтяную дисперсную смесь - эмульсию «вода в нефти», разделение которой в отстойниках не происходит из-за малого диаметра частиц диспергированной воды (от 0,1 до 1000 мкм). Минеральные соли присутствуют растворенными в воде, поэтому при обезвоживании нефти происходит и ее обессоливание. Разрушают водонефтяные эмульсии гидромеханическим, термохимическим и электротермохимическим методами.

Гидромеханический метод отстаивания нефти с целью расслоения пластовой воды и нефти, а также для осаждения мелких частиц диспергированной воды в слое нефти осуществляется в гравитационных отстойниках различной конструкции. Отстойники - это обычно горизонтальные цилиндрические аппараты объемом 100-150 м<sup>3</sup> с большой поверхностью раздела фаз, в которых отстаивание нефти происходит в течение 1-2 ч при температуре 120-140 °С и давлении до 1,5 МПа. Простое отстаивание нефти малоэффективно, но оно входит обязательным элементом во все другие методы обезвоживания.

Термохимический метод использует добавление в нефть деэмульгаторов, которые химически разрушают оболочку мельчайших глобул диспергированной воды. Мелкие глобулы воды объединяются друг с другом, и образовавшиеся глобулы крупного диаметра осаждаются с гораздо большей скоростью. Деэмульгаторы (5-50 г/т нефти) в смесителе добавляют к нефти, которая при температуре 60-100°С направляется в горизонтальный отстойник. Деэмульгаторы чрезвычайно разнообразны, их состав и добавляемое количество подбирают экспериментально для каждой нефти разных месторождений.

Глубокая очистка нефти от воды (до 0,1 %) и солей (до 1-5 мг/л) достигается только электротермохимическим методом с интенсивным осаждением мелких частиц воды в сильном электрическом поле в присутствии больших количеств свежей промывочной пресной воды (5-7 %). Сферические глобулы (капли) воды под действием переменного электрического поля деформируются, вытягиваются, «дрожат», соударяются и, наконец, сливаются в более крупные глобулы. Этому способствуют также и деэмульгаторы, разрывающие оболочки капель воды, и повышенная температура (120-130 °С), понижающая вязкость нефти. Все эти факторы вместе увеличивают скорость осаждения капель диспергированной воды, в которой растворены минеральные соли. Схема установки для обессоливания нефти электротермохимическим способом приведена на рисунке 1.1.

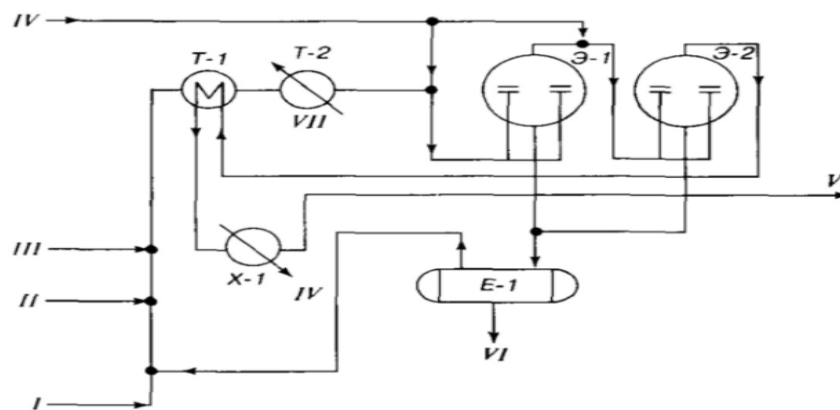


Рисунок 1.1 – Схема установки электрообессоливания нефти

1 – сырая нефть; 2 – деэмульгатор; 3 – щелочь; 4 – свежая и обратная вода; 5 – обессоленная нефть; 6 – вода в канализацию; 7 – пар водяной.

Очистка нефти от воды и солей начинается на нефтяном промысле (подготовка нефти к транспорту) и заканчивается на НПЗ, при этом возможны, три-пять стадий очистки с использованием разных методов обезвоживания. Конечной стадией является электрообезвоживание нефти на НПЗ. Современная технологическая установка обезвоживания и обессоливания нефти с применением электромагнитного электропривода.

Новая концепция перспективного развития нефтяной и нефтегазовой промышленности предполагает повышение эффективности использования добываемых нефтяных продуктов.

Наряду с развитием и совершенствованием традиционных методов воздействия на нефтяные и нефтегазовые системы, все большее применение находят методы, реализуемые на основе различной физической природы: лазерной, магнитной, ультразвуковой, радиационной и т. д. Модернизация традиционных технологий в области варьирования новых параметров и компонентов процесса или среды лишь незначительно повышает показатели существующих процессов. Резкого повышения эффективности производства и качества получаемых продуктов можно добиться путем применения нетрадиционных способов воздействия на процесс. Одним из таких методов



является магнитная обработка нефтяных систем, которая открывает новые возможности в нефтяной и нефтегазоперерабатывающей промышленности.

Новые методы и технологии на базе ВСМА нашли применение также с целью обезвоживания и обессоливания добытой нефти. В добытом нефтяном и нефтегазовом сырье вода, в которой растворены соли, находится частично в капельном и, главным образом, эмульгированном состоянии. Воздействие на промысловые жидкости проводилось переменным магнитным полем различной частоты и напряженности. Как показывают предварительные эксперименты, обработка эмульсии магнитными полями сокращает время отстоя нефти и воды в 2–3 раза, применение малогабаритных аппаратов при таком способе уменьшает металлоемкость установки не менее чем в 2 раза. График эффективности обессоливания нефти при использовании оборудования ВСМА приведен на рисунке 1.2.

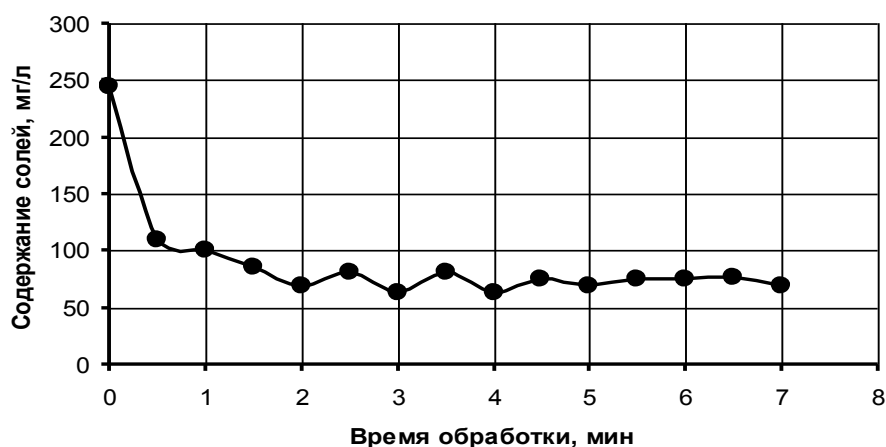


Рисунок 1.2– Обессоливание нефти

Для увеличения активности свойств деэмульгатора предложены способы обработки деэмульгатора магнитным полем. Для воздействия на деэмульгатор используют слабое высокочастотное магнитное поле. Обработке подвергается товарная форма деэмульгатора. Предлагаемый способ позволяет в несколько раз увеличить скорость и глубину разделения водонефтяных эмульсий при неизменной концентрации деэмульгатора либо достичь снижения

концентрации деэмульгатора в 2–3 раза без снижения скорости и глубины обезвоживания [5].

## **1.2 Обессоливание высоковязких нефтей**

Одной из черт современного состояния нефтяной отрасли является сокращение добычи энергетического сырья. Вследствие этого, для ряда развитых стран нехватка нефти и газа осложняет технико-экономический прогресс. Возникла проблема альтернативного сырья, способного частично компенсировать традиционные для целых отраслей промышленности (энергетики, нефтехимии, транспорта). Таким сырьем в ближайшие годы, вероятно, будут тяжелые высоковязкие нефти, извлекаемые из нефтеносных горизонтов и битуминозных песчаников [6].

Рациональная организация процессов добычи нефти, транспортировка и переработка её по наиболее эффективным схемам с максимальным использованием соединений требуют знаний физических и физико-химических свойств нефти.

Важнейшие из ресурсов для расширения сырьевой базы нефтедобывающей промышленности – это месторождения высоковязких нефтей (ВВН). При разработке месторождений ВВН возникают трудности при их добычи, доставке в места переработки и в переработке. Имеются трудности при очистке резервуаров от донных отложений и очистке производственного оборудования от асфальтосмолопарафиновых отложений.

Высоковязкие нефти при температурах ниже температуры кристаллизации парафина обладают такими структурно-механическими свойствами, в соответствии с которыми эти нефти занимают промежуточное положение между жидкостями и твёрдыми телами.

Структурные свойства ВВН обуславливаются высоким содержанием в них нефтяных парафинов, являющихся кристаллическими веществами. В формировании структурной решетки парафина участвуют также содержащиеся в ней асфальтосмолистые вещества. До настоящего времени у исследователей

нет единого взгляда на степень воздействия конкретного компонента нефти на её реологические свойства.

В настоящее время интенсифицировались научные разработки с применением нетрадиционных методов активации нефти, нефтяных остатков и донных отложений. Любое изменение реологических и физико-химических свойств нефтяных дисперсных систем (НДС) сопровождается сообщением в систему энергии посредством теплового, механического, электронного, электромагнитного, акустического, кавитационного, радиационного, химического воздействий. Эволюция структурного и химического состояний и устойчивость НДС зависит от вида или совокупности воздействий и количества энергии сообщённой системе [7].

В последнее время из многочисленных способов изменения реологических свойств НДС находит широкое применение такой вид комплексного физического воздействия, как метод виброструйной магнитной активации. ВСМА создает комплексное воздействие на среду: высокие сдвиговые скорости; акустическое поле; мощное магнитное поле; знакопеременное компрессионное воздействие. Применение таких видов физических воздействий создает условия для достижения предельного уровня разрушения структуры молекулярных кристаллов парафиновых углеводородов и поддержания этого уровня в течение времени, необходимого для осуществления массообменных процессов. Вибрационное воздействие с определенной энергией вследствие разрушения кристаллических структур может привести к сильному изменению структурно-вязкостных свойств нефти и даже изменить групповой и фракционный состав.

К настоящему времени достаточно глубоко изучена зависимость реологических свойств высокопарафинистых нефтей от влияния вибрационных воздействий. Научно-исследовательские работы в области механики полимеров показали, что, варьируя интенсивностью внешних механических воздействий, можно в широком диапазоне управлять реологическими свойствами структурированных систем. Это можно использовать при решении таких

актуальных вопросов трубопроводного транспорта, как откачка высокопарафинистой нефти из нефтехранилищ, пуск нефтепроводов после длительных остановок и уменьшение парафинизации трубопроводов.

Колебательная система, состоящая из вибрирующего конфузора (активатора), упругих элементов и моторной части, погружена в среду, которая является объектом воздействия. Энергия, необходимая для поддержания устойчивых возвратно-колебательных движений активатора, передается в систему магнитным полем. Воздействие осуществляется на частоте собственных колебаний механической системы, зависящей в том числе и от механических свойств среды: плотности, вязкости, статического напряжения сдвига. Высокая эффективность данной технологии определяется интенсивным комплексным воздействием физических полей на среду и резонансным режимом работы системы, даже при относительно невысоких значениях частоты воздействия.

В процессе виброструйной обработки механическое воздействие разрушает надмолекулярную структуру среды (нефти), а мощное импульсное электромагнитное поле сообщает частицам нефти кинетическую и потенциальную энергию и переводит их в возбужденное метастабильное состояние. Высокая сдвиговая скорость протекания нефти через магнитный поток, высокие удельные магнитные параметры магнитной системы позволяют воздействовать на среду с высокими энергиями. Колебательная система настраивается на резонансную частоту, равную промышленной частоте электрической сети 50 Гц.

### **1.3 Технология ВСМА**

Технология ВСМА - это запатентованный способ многокомпонентного физико-химического воздействия на сложные жидкие системы, применяемый для изменения их реологических свойств и получения требуемых параметров. Способ реализуется резонансно-колебательным электромеханическим преобразователем – РКЭМП.

Параметры, количественно характеризующие процессы, происходящие при работе РКЭМП в значимом объеме жидкой среды, и анализ научно-технической информации показал, что данные устройства в значительной степени перспективны для воздействия на различные технологические жидкости, с целью получения требуемых эксплуатационных показателей последних. Это относится, в первую очередь, к массообменным процессам в многокомпонентных жидких системах (перемешивание, смешивание, диспергация и т.п.).

Учитывая, что нефтедобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность характеризуется применением разнообразных технологических жидкостей и многокомпонентных составов, разработка устройств, использующих принципы РКЭМП, для данных отраслей явилась вполне логичным шагом. Основной проблемой практического применения выявленных позитивных эффектов являлось достижение значимого объемного воздействия, обеспечивающего эффективность применения в существующих технологиях.

Начиная с первой половины 90-х годов начались активные работы по созданию промышленных устройств для обработки различных многокомпонентных жидких систем с целью получения требуемых эксплуатационных характеристик. Создание указанных устройств велось в двух направлениях: разработка лабораторных установок и разработка промышленных устройств для серийного применения в соответствующих технологических процессах.

В ОАО НПФ «Геофит» и Томском политехническом университете разработана оригинальная технология – технология виброструйной магнитной активации жидких сред и устройства ВСМА для обработки неньютоновских жидкостей. Активными факторами воздействия на жидкости являются модулированная вибрация, как фактор разрушения, и турбулизованные затопленные струи, как комплексный фактор разрушения и увеличения объема активации с преобладанием последнего.

Основой для конструкций различных устройств ВСМА является единый модуль, представляющий собой электромеханическое устройство с широким диапазоном регулирования частоты и величины питающего напряжения. Уникальное сочетание факторов активации в одном устройстве и высокие удельные характеристики достигаются оригинальными конструкциями отдельных узлов модуля.

Оригинальная конструкция рабочих органов оборудования ВСМА обеспечивает наличие в среде замкнутых потоков жидкости, которые, в свою очередь, создают условия для многократного попадания отдельных порций жидкости в зону активации. Применение оборудования ВСМА для активации природных сапропелей сопровождается, во-первых, диспергирование исходного материала, а, во-вторых, приводит к определенным изменениям его химического состава.

Способ ВСМА технически и коммерчески перспективен для:

- созданиявиброактивационных скважинных снарядов для обработки призабойной зоны пласта, в том числе для увеличения нефтеотдачи;
- создания установок утилизации нефтешлаков;
- создания высокорентабельных установок предварительной обработки нефти для увеличения выхода светлых;
- создания приборов для очистки насосно-компрессорных труб без их демонтажа;
- создания компактных мобильных установок подготовки товарной нефти(обессоливание).

Наиболее разработанным направлением эффективного использования технологии ВСМА является применение РКЭМП для обработки высоковязких нефтей для подготовки их к транспорту путем значительного снижения вязкости. Полученный эффект снижения вязкости нефти при обработке ее устройствами ВСМА наблюдается в широком температурном диапазоне.

Виброструйная магнитная активация с определенной энергией в следствие разрушению кристаллизационных структур может привести к сильному изменению структурно-вязкостных свойств нефти [8].

С точки зрения теории колебаний данная колебательная система состоит из элементов конструкции (якорь, упругий элемент) и элементов нагрузки, которой является жидкая среда. К элементам нагрузки относят: присоединенную массу среды, которая колеблется в фазе с якорем и зависит от плотности жидкости; упругости неньютоновских жидкостей при малых значениях сдвиговых скоростей складываются с упругостями вибратора, изменяя резонансную частоту системы. При больших сдвиговых скоростях структура жидкости, определяющая ее упругость нарушается и эффективная вязкость жидкости снижается.

В основу устройства положен принцип резонанса. Амплитуды и резонансные частоты зависят от плотности и вязкости среды, поэтому и частотные характеристики существенно отличаются. Поэтому задача создания эффективных устройств ВСМА заключается в корректном подборе активных конструктивных элементов вибратора: массы и габаритов активатора, геометрии зоны активации; жесткости подвеса активатора, в совокупности обеспечивающих работу с максимальными амплитудами активатора.

Таким образом, рассмотрев изложенные материалы, можно отметить, что существующие методы для обессоливания нефти недостаточно эффективные. Эффективным методом можно считать применение аппарат виброструйного обессоливания нефти АВОН-1. Для указанной установки рассмотрен и рекомендован режим работы только на частоте 50 Гц. Однако представляет значительный практический интерес произвести оптимизацию резонансного режима работы указанной установки в диапазоне частот от 30 до 70 Гц. При этом необходимо исследовать влияние параметров работы колебательной системы установки АВОН-1, учитываемых численными значениями коэффициента затухания в диапазоне величин  $<1$  до  $>1$ .

## 2 КОНСТРУКЦИЯ УСТАНОВКИ ОБЕССОЛИВАНИЯ НЕФТИ

### 2.1 Описание установки АВОН – 1

Аппарат виброструйного обессоливания нефти АВОН-1 предназначен для применения в технологическом процессе обессоливания нефти в качестве высокоэффективного диспергатора и активатора смеси нефти и слабоминерализованной воды. АВОН-1 выполнен в проточном варианте и подсоединяется к основному трубопроводу с помощью фланцев 200-10 ГОСТ12820. Ввод воды в аппарат осуществляется через патрубки с трубной резьбой G1. АВОН-1 может применяться в макроклиматических районах с умеренным и холодным климатом. АВОН-1 может применяться в соответствии с главой 7.3 ПУЭ и ГОСТ Р. 51330.13 во взрывоопасных зонах внутри и вне помещений, в которых возможно образование взрывоопасных смесей категории ПА групп Т1, Т2 и Т3 по ГОСТ Р. 51330.5, ГОСТ Р 51330.11.

Технические характеристики АВОН-1 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение
1 Напряжение питания $U$ , номинальное, В	220
2 Мощность номинальная активная $P$ , кВт, не более	1
2 Резонансная частота $f_0$ , Гц	50
3 Ток номинальный $I$ , А, не более	15
4 Габаритные размеры, мм, не более	
- длина	2440
- высота	950
- ширина	900
5 Масса, кг, не более	
6 Производительность по нефти, м <sup>3</sup> /час, не более	50
7 Производительность по воде, м <sup>3</sup> /час, не более	2,5
8 Рабочее давление, атм., не более	6,0
9 Температура нефти °С, не более	65



## Состав АВОН-1

В состав АВОН входят:

- корпус - 1 шт.;
- блок виброструйной обработки, БВО - 6 шт.;
- крышка - 6 шт.;
- кабельный гермоввод - 6 шт.

Схема подключения АВОН-1 приведена на рисунке 2.1. В состав схемы подключения входят:

- АВОН-1;
- коробка соединительная КС взрывозащищенного исполнения;
- блок питания, БП.

В состав блока питания БП входят:

- корпус;
- VD, диод типа Д132-80-6;
- QF2, выключатель автоматический типа АП50Б-3МТУЗ, 25 А.

В комплект поставки АВОН-1 входит кабель: шесть отрезков по 10 метров.

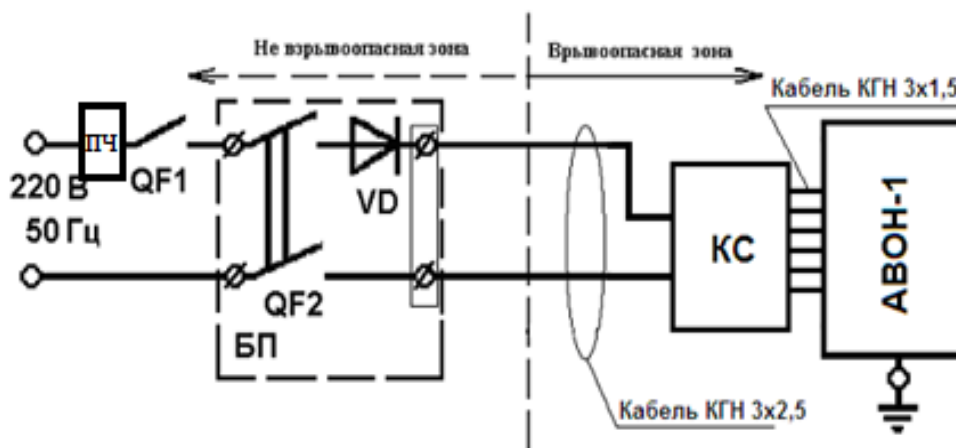


Рисунок 2.1 – Схема подключения АВОН-1 к блоку питания БП

## 2.2 Устройство и работа АВОН-1

По принципу действия АВОН-1 является электромеханическим вибрационным устройством. Процесс смешения нефти и воды осуществляется действием вибрации и затопленных струй, образующихся при колебаниях рабочих органов БВО - активаторов.

Общий вид установки АВОН-1 приведен на рисунке 2.2. Корпус установки выполнен из трубы нефтяного сортамента диаметром 630 мм с двумя конусными переходами на диаметр трубы 219 мм. Подсоединение аппарата АВОН-1 к трубопроводу осуществляется с помощью двух фланцев 200-10 ГОСТ12820. В корпусе АВОН-1 имеются три ввода для подачи внутрь горячей слабоминерализованной воды.



Рисунок 2.2– Установка АВОН-1

Блоки виброструйной обработки БВО в количестве 6 штук являются основными частями аппарата, непосредственно осуществляющими активное перемешивание нефти и воды. Каждый блок БВО представляет собой съемное устройство, состоящее из корпуса, активатора и электромагнитного привода. Блок БВО размещается в специальных вводах, выполненных на фланцах 175-6 ГОСТ12820. Схема блока виброструйной обработки приведена на рисунке 2.3.

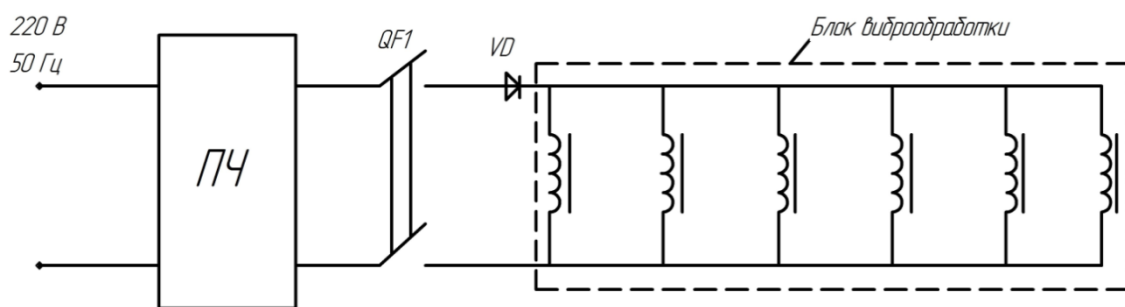


Рисунок 2.3 – Схема блока виброструйной обработки

Крышка предназначена для закрытия БВО. Крышка крепится с помощью болтов М16 (8 шт.).

Гермоввод предназначены для герметичности ввода кабеля электропитания. Герметизация обеспечивается применением резиновых уплотнительных колец.

Блок питания БП, схема которого приведена на рисунке 2.1, состоит из автоматического выключателя QF2 и диода VD, включаемого последовательно в цепь АВОН-1. В качестве составных частей источника питания могут быть использованы и другие аналогичные устройства, имеющие выходные параметры не хуже, чем для указанных. Подача напряжения сети на БП осуществляется с помощью выключателя QF1. Подача напряжения с БП непосредственно на АВОН-1 осуществляется с помощью выключателя QF2. VD1 предназначен для формирования однополярного импульса тока, протекающего по катушкам электромагнитов БВО. БП должен иметь закрытое исполнение и устанавливаться в местах защищенных от попадания на него осадков.

АВОН-1 работает следующим образом.

По основному трубопроводу в АВОН-1 поступает нефть с содержанием солей, превышающим допустимые нормы. Через дополнительные вводы в аппарат подается слабоминерализованная горячая вода. Подача воды осуществляется непосредственно в зону активаторов БВО.

На блок питания БП от сети включением QF1 подается напряжение 220 В, 50 Гц. Включением QF2 с БП на АВОН-1 подается номинальное напряжение,

при этом через VD и катушки электромагнитов протекает ток. Под действием силы электромагнитного притяжения в определенные моменты времени активаторы притягиваются к стенке оболочки корпуса БВО. Нефть и вода, находящиеся под активатором, при этом вытесняются через отверстия специальной формы в активаторах в направлении от БВО, активно при этом смешиваясь и образуя затопленные струи. После активного смешивания смесь нефти и воды поступает на отстаивание.

Технической задачей аппарата является уменьшение материальных затрат за счет активного массообмена обессоливаемой нефти и промывочной воды и смешение этой эмульсии с нефтью в одном узле, при этом достигая улучшения качества обессоливания нефти.

Проведенные исследования с использованием промышленного электромагнитного виброструйного перемешивателя подтвердили эффективность данного способа, а также возможность совмещения операций получения эмульсии промывочной воды в нефти и ее смешения с нефтью, при этом наблюдается уменьшение материальных затрат с учетом энергозатрат и стоимости оборудования на 20%. Предлагаемый способ позволяет повысить качество обессоливания нефти, содержание солей в нефти при этом уменьшается в 2-3 раза по сравнению с известным способом обессоливания [9].

Промышленная энергосистема позволяет осуществить подключение виброактиватора как на однофазную сеть, так и на трехфазную. Учитывая влияние, качество напряжения сети на работу виброактиватора разработаем схему подключения.

В настоящее время получение, передача и распределение электроэнергии производится посредством трехфазной системы. Трехфазная схема питания обеспечивает одинаковую нагрузку во всех трех фазах, устраняя перекос фазы. Снижение токовых номиналов вводной защиты аппаратуры и сечения вводного кабеля.

Таким образом, учитывая 6 БВО, подключаем схемы электропитания с использованием трёхфазной системы, что даёт равномерную нагрузку на

промышленную сеть. Трехфазная схема питания виброактиватора иллюстрируются рисунком 2.4.

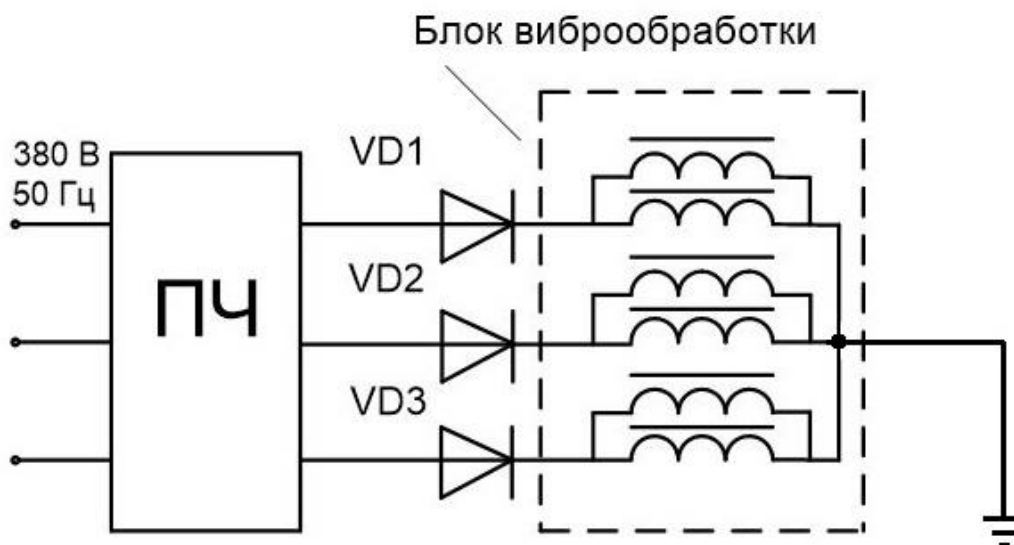


Рисунок 2.4 – Трехфазная схема подключение виброактиватора

В состав АВОН – 1 входит:

1. Корпус
2. Фланцы соединительные
3. Блок виброструйной обработки 6 шт.
4. Система подачи слабоминерализованной воды

На рисунке 2.5 приведен общий вид установки АВОН – 1

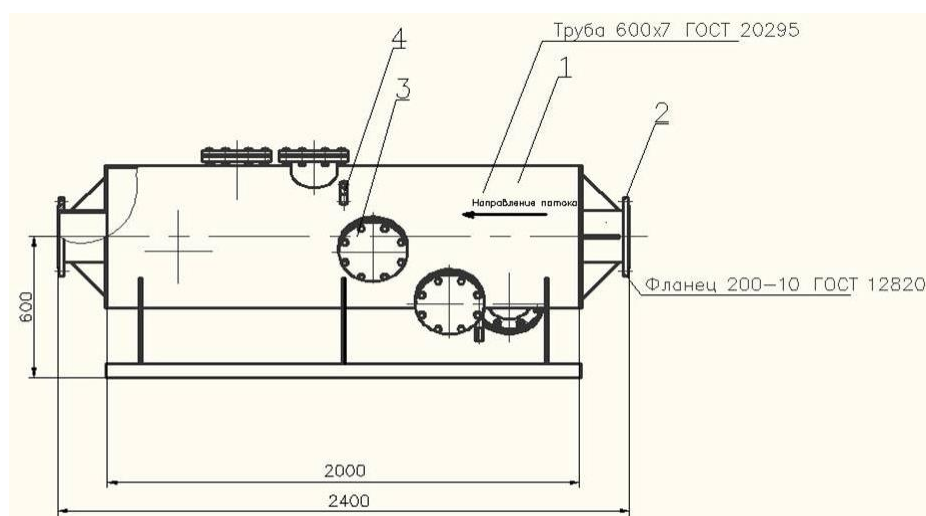


Рисунок 2.5 – Общий вид установки

Корпус выполнен из цельной трубы нефтяного сортамента длиной 2000 мм. Корпус является основным элементом, в котором расположены все отдельные узлы установки.

Подсоединение аппарата к трубопроводу осуществляется с помощью двух фланцев 200 – 10 ГОСТ12820.

В корпусе выполнены вводные устройства для размещения блоков виброструйной обработки (БВО) в количестве 6 штук. Каждая пара этих блоков расположена под углом 120 градусов, для того чтобы обрабатывать весь поток нефти, проходящий по длине установки. Если установить эти блоки по одной линии, то некоторая часть будет обрабатываться с необходимой интенсивностью. Установка выполнена на лапах, для крепления на фундаменте. При работе установка не должна смещаться, и для этого она закреплена на фундаменте соответствующим количеством болтов.

Блок виброобработки (БВО) является основной частью вибратора, осуществляющей непосредственное виброструйное воздействие на нефтепродукт или другую жидкость. На корпусе БВО с помощью регулируемых узлов крепления и пружин на заданном расстоянии от стенки оболочки закреплены активаторы. Активатор выполнен на пружинах при условии в тот момент, когда электродвигательная сила равна нулю, под действием упругой силы активатор вернулся в исходное состояние, за счет этого реализуется колебательный режим.

В случае выхода из строя пружин происходят беспорядочные колебания активаторов с малыми амплитудами, сопровождающиеся резким ухудшением струеобразования. Причинами выхода пружин из строя является нарушение их целостности (образование трещин) и, как следствие, потеря ими необходимых упругих свойств.

Электромагнит, состоящий из П-образного сердечника, набранного из пластин электротехнической стали и намотанной обмоткой с количеством витков равным 1500. Сердечник расположен в силовой части корпуса виброактиватора и залит электроизоляционным компаундом для обеспечения

взрывобезопасности. В корпусе АВОН-1 имеются три ввода для подачи внутрь горячей воды. Через указанные вводы в аппарат подается слабоминерализованная горячая вода. Подача воды осуществляется непосредственно в зону активаторов БВО.

При работе АВОН – 1 основным требованием является обеспечение максимальной амплитуды колебаний, так как при этом будем иметь максимальную производительность и максимальный эксплуатационный эффект. Благодаря этому, могут быть получены максимальные значения основных параметров, таких как скорость затопленных струй, сдвиговая скорость, ускорение рабочего органа, перепад давления в зоне активации, частота основного воздействия.

### **2.3 Основные элементы электропривода установки**

Номинальный фазный ток установки АВОН-1 равен 6,0 А.

Диапазон напряжений, который необходимо обеспечить для регулирования режимов работы активатора, составляет от 100 до 200 В.

Для обеспечения резонансного режима работы обработки активатором различных нефтей необходимо менять частоту питающего напряжения в диапазоне от 25 до 80 Гц.

По справочным данным наиболее подходящим является частотный преобразователь марки MitsubishiFR-E740 – 170 – ЕС Данный преобразователь позволяет равномерно и экономичные регулирования производительности путем изменения частоты. Внешний вид и характеристики частотного преобразователя приведены в рисунке 2.6 и таблице 2.2



Рисунок 2.6– Внешний вид преобразователя частоты  
MitsubishiFR-E740 – 170 – ES

Таблица 2.2– Характеристики частотного преобразователя

Наименование параметра	Величина
Номинальная выходная мощность ПЧ, кВт	7.5
Номинальный ток нагрузки, А	45
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 <sub>ном</sub>

## 2.4 Аппаратура управления и защиты

Управление электромагнитным вибратором активатора осуществляется в ручном режиме. Основным объектом управления является преобразователь частоты. Управление осуществляется по двум каналам регулирования  $U$  и  $f$ . Так как преобразователь частоты имеет много различных защитных функций, то из элементов защиты в установке используется только автоматический выключатель.



В качестве устройства защиты однофазной цепи будем использовать автоматический выключатель QF для защиты электрической схемы от токов короткого замыкания.

Номинальное напряжение частотой 50 Гц, В	230/400
Номинальный ток $I_n$ , А	0,5; 1; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10
Номинальная отключающая способность, А	4 500
Электрическая износостойкость, циклов В-О, не менее	6 000
Механическая износостойкость, циклов В-О, не менее	20 000
Диапазон рабочих температур, °С	-40 ÷ +50

Используя справочную литературу, используем автоматический выключатель типа ВА47-29.

Расчет и выбор типа и сечения кабеля сети высокого напряжения.

В распределительных сетях до 1000 В выбор сечений питающих линий производится по длительно допустимой нагрузке:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{ном}}}{k_{\text{прок}}} = \frac{3}{1} = 3 \text{ А}, \quad (2.1)$$

$$I_{\text{доп}} \geq k_3 \cdot \frac{I_{\text{н.расч.}}}{k_{\text{прок}}} = 1 \cdot \frac{110}{1} = 110 \text{ А}, \quad (2.2)$$

где  $k_3=1$ —коэффициент защиты, для сетей требующей защиты от перегрузки, находящийся в нормальном помещении и имеющих изоляцию из резины или аналогичную по тепловым характеристикам.  $k_{\text{прок}}=1$ —поправочный коэффициент зависящий от количества параллельно прокладываемых кабелей.

Выбираем кабель марки КГН (3х25) с  $I_{\text{доп}} = 115 \text{ А}$  - Кабели силовые гибкие с медными многопроволочными жилами с резиновой изоляцией в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение.

## Выбор диода

Полупроводниковый диод - полупроводниковый прибор с одним p-n-переходом и двумя выводами. Наиболее распространенными являются выпрямительные диоды, принцип работы которых основан на использовании свойства односторонней проводимости p-n-перехода. Выпрямительные диоды предназначены для выпрямления переменного тока. Основные параметры выпрямительных диодов:

-максимально допустимый прямой ток -сотни миллиампер – единицы ампер,

-максимально допустимое обратное напряжение диода – десятки сотни вольт.

Для выбора диода зададимся, что  $I_{пр.мах} = I_n = 3 \text{ А}$ , значение  $U_{об.мах} \geq U_n$ , исходя из этих условия выбираем диод типа Д231 Б с параметрами :

- $U_{об.мах} = 300 \text{ В}$ .

- $I_{пр.мах} = 3 \text{ А}$ .

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

-гарантийная наработка не менее – 10000 ч.

## 2.5 Особенности эксплуатации

Взрывозащита – меры, которые обеспечивают безопасность оборудования для работы во взрывоопасных средах, процессов его производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, а также утилизации. К техническим решениям относят применение оборудования (в первую очередь электрооборудования), не способного вызвать взрыв. Это достигается, например, путём использования оборудования в корпусе, выдерживающем давление взрыва в совокупности со щелями нормируемого размера между соединительными фланцами, либо заполненном средами, в которых возникновение взрыва невозможно (масла, песок), находящемся под повышенным внутренним давлением, в который не может проникнуть внешняя взрывоопасная среда.

Взрывозащищенность АВОН-1 обеспечивается выполнением общих технических требований ГОСТ Р 51330.0 к взрывозащищенному электрооборудованию и требований к специальному виду взрывозащиты по ГОСТ 22782.3 и ГОСТ Р 51330.17, достигаемых путем помещения электрических частей АВОН-1 в стальную взрывонепроницаемую оболочку, обеспечивающую степени защиты IP67, и герметизацией электрических частей с помощью электроизоляционного компаунда ЭПК-4.

Температура нагрева наружной поверхности корпуса АВОН-1 не превышает 125°C, регламентируемой ГОСТ Р. 51330.0.

Фрикционная искробезопасность АВОН-1 обеспечена отсутствием наружных деталей оболочки из легких сплавов. Электростатическая искробезопасность АВОН-1 обеспечена отсутствием деталей оболочки из пластических материалов. АВОН-1 имеет наружное заземление.

Блок питания БП АВОН-1 должен устанавливаться за пределами взрывоопасной зоны. Автоматический выключатель БП обеспечивает защиту АВОН-1 от токовых перегрузок с помощью теплового реле, встроенного в автомат [10].

Герметизация-обеспечение непроницаемости для газов и жидкостей поверхностей и мест соединения деталей. Герметизация поверхностей обеспечивается за счёт покрытия материалами, непроницаемыми для газов и жидкостей. Места соединений герметизируются за счёт применения дополнительных деталей из упругого материала, или заполнения зазоров уплотняющим материалом.

Герметизация важное условие работоспособности многих устройств, аппаратов и приборов, а также условие нормального и комфортного существования и функционирования в зданиях и помещениях. Некоторые производственные процессы, условия проведения многих научных и исследовательских работ требуют повышенной герметизации помещений. Герметизация определяет надежность и долговечность приборов и устройств.

Герметичность АВОН-1 обеспечивается выполнением общих технических требований ГОСТ 25136-82 соединение трубопроводов. Методы испытания на герметичность.

Принцип герметичности, используемый при организации рабочего процесса ряда устройств и установок, является одновременно важным с точки зрения безопасности их эксплуатации.

Эксплуатация АВОН-1 должна проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51330.9, ГОСТ Р 51330.13, ГОСТ Р 51330.16, гл.7.3 ПУЭ, Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности, утвержденные Постановлением Госгортехнадзора России № 24 от 09.03.98 г., межотраслевыми правилами по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001/РД 153-34.0-03.150-00, Общими правилами взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, утвержденными Госгортехнадзором России 06.09.1988 г., Общими правилами промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов, утвержденных Госгортехнадзором России №61-А от 18.02.2002 г. и настоящим Руководством.

АВОН-1 должен подвергаться первичным и регулярным периодическим проверкам.

При периодических осмотрах АВОН-1 непосредственно проверять:

- исправное состояние и степень коррозии корпуса АВОН-1 и оболочки БВО;
- исправное состояние заземления;
- наличие маркировки взрывозащиты;
- наличие и целостность всех предусмотренных конструкцией болтов, крепящих элементы оболочки, кабельного ввода;
- исправное состояние оболочки и органов управления БП;
- исправное состояние наружной оболочки кабеля.

Не реже одного раза в два месяца или через каждые 350 ч работы необходимо производить детальную проверку АВОН-1 по п.2.10 с дополнительным замером сопротивления изоляции АВОН-1. Замер сопротивления изоляции производить при отключенном аппарате мегомметром на напряжение не менее 500В между корпусом АВОН-1 и любой из токоведущих жил БВО. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 мОм [11].

Таким образом, из описания конструкции установки АВОН-1 определяем габаритные размеры, размеры блока виброобработки и активатора, которые необходимы для дальнейших расчетов. Для обеспечения эксплуатационных характеристик активатор блока виброобработки выполняется диаметром 110 мм.

Предыдущими лабораторными и промышленными испытаниями установлено, что работа установки АВОН-1 при работе от промышленной сети обеспечивает:

1. Производительность, не менее м<sup>3</sup>/час - 50
2. Потребляемый ток, А – 15
3. Резонансная частота обработки, Гц - 50

Учитывая, что резонансная частота работы установки определяется соотношением массы колебательной системы и жёсткости пружинного подвеса, представляет интерес влияния резонансной частоты работы установки на производительность активации, а, следовательно, и на процесс обессоливания.

**Цель работы:** Оптимизация резонансного режима работы установки обессоливания нефти АВОН-1, позволяющая увеличить производительность активации.

**Задачи**, решаемые при выполнении работы:

1. Построение математической модели установки АВОН-1, позволяющей вводить независимые значения массы активатора, присоединённой массы, жёсткости пружинного подвеса и размеры активатора.
2. Определить зависимость производительности активации от величины резонансной частоты.
3. Определить зависимость производительности активации от коэффициента затухания  $\beta$  (соотношение  $R_{mo}$  и  $\sum M$ ).
4. Определение зависимости производительности активации от соотношения массы активатора и массы присоединённой жидкости.
5. Разработка практических рекомендаций по настройке работы установки

### 3 МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УСТАНОВКИ АВОН-1

Для построения математической модели установки АВОН-1, были взяты следующие данные, которые указаны в таблице 3.1.

Установка АВОН-1 представляет собой электромеханическую систему, работу которой можно проанализировать с помощью математического моделирования. Основные параметры, которые необходимо учесть в математической модели являются то, что амплитуда колебаний не должна превышать значение начального зазора. Ток катушки не должно превышать значение допустимого тока.

Таблица 3.1– Исходные данные для моделирования

Амплитуда напряжение	$220 \sin(\omega t)$
Количество витков в катушке	$W1=W2=1500$
Активное сопротивление катушки	$R_k = 3,6 \text{ Ом}$
Начальный зазор	$X_0 = 0,002 \text{ м}$
Диаметр активатора	$l5 = 0,11 \text{ м}$
Длина магнитного полюса	$l2 = 0,03 \text{ м}$
Длина якоря	$l3 = 0,08 \text{ м}$
Высота якоря	$l4 = 0,02 \text{ м}$
Высота стержня	$l5 = 0,091 \text{ м}$
Ширина спинки	$l6 = 0,02 \text{ м}$
Длина спинки	$l7 = 0,08 \text{ м}$

#### 3.1 Электрические контуры

Электрическая часть активатора представляет собой главный и два короткозамкнутых (КЗ) контура. КЗ контура образованы пластиной из нержавеющей стали, разделяющей внутреннюю полость вибратора от внешней среды. Основной электрический контур включает в себя два последовательно включенных электромагнита (индуктивности  $L1$  и  $L2$ , активные сопротивления катушек  $R1$  и  $R2$ , и диод  $VD$ ). Энергия распространения колебаний в пространстве, как известно, зависит от частоты возмущений. Причём, чем выше частота, тем меньше радиус распространения энергии колебаний в среде. При подаче на электромагнит частоты промышленной сети 50 Гц, возмущающая

сила будет изменяться с частотой в два раза выше—100 Гц. В этом случае величина коэффициента жесткости, будет достаточно большой.

Технологически изготовить цилиндрическую пружину с высокими значениями коэффициента жёсткости представляется не всегда практически возможным. Использование диода VD позволило обеспечить частоту возмущающей силы 50Гц при частоте питающего напряжения 50 Гц.

Короткозамкнутый контур, создаваемый конструктивными элементами пластин, на схеме замещения представлен индуктивностью  $L_{кз}$  и активным сопротивлением  $R_{кз}$ . Следует отметить, что при наличии двух полюсов электромагнита, схема замещения должна включать в себя два КЗ контура.

Так как КЗ контуры идентичны друг другу, учтем влияние на катушки только одного КЗ контура.

Расчетная схема замещения электрической части активатора представлена на рисунке 3.1.

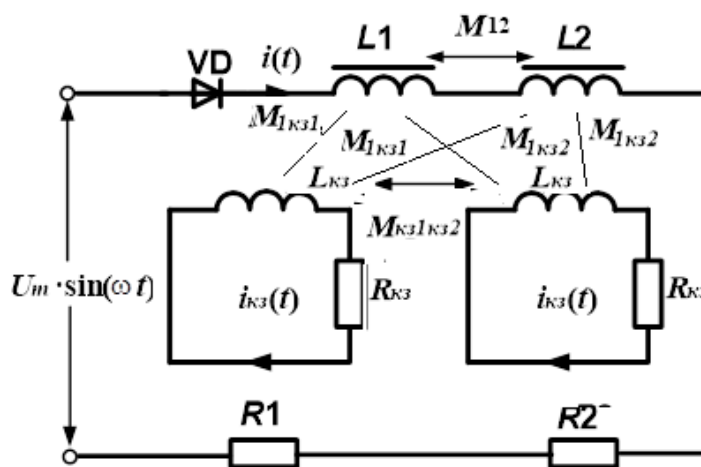


Рисунок 3.1– Схема замещения электрического контура активатора

Рисунок 3.1– включает в себя следующие элементы

- $L_1, L_2$  – индуктивности катушек;
- $R_1, R_2$  – активные сопротивления катушек;
- $M_{12}$  – взаимная индуктивность между катушками;
- $L_{кз}, R_{кз}$  – индуктивность и активное сопротивление короткозамкнутого контура соответственно;



-  $M_{1кз1}$ ,  $M_{1кз2}$  – взаимная индуктивность между короткозамкнутым контуром и катушками;

-  $M_{кз1кз2}$  – взаимоиндуктивность между короткозамкнутыми катушками.

### Расчет параметров электрической части:

Активное сопротивление катушек по заданию:

$$R_1 = R_2 = R_{к}, \quad (3.1)$$

Активное сопротивление КЗ контура:

$$R_{кз} = \rho_{кз} \frac{l_{кз}}{S_{кз}}, \quad (3.2)$$

где:  $\rho_{кз}$  – проводимость материала к.з витка (нержавеющая сталь)

$l_{кз}$  – длина короткозамкнутого витка

$S_{кз}$  – сечение короткозамкнутого витка

Индуктивность катушек:

$$L_1 = L_2 = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W^2}{2 \cdot l_{маг} + x \cdot \mu_{ст.10} \cdot \delta}, \quad (3.3)$$

где:  $W$  – число витков катушки;

$S$  – площадь поперечного сечения сердечника;

$\mu_0$  – магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_{ст.10}$  – относительная магнитная проницаемость стали Ст10;

$x$  – амплитуда колебаний активатор;

$\delta$  – коэффициент рассеивания в зазоре.

$l_{маг}$  – длина магнитного пути.

Индуктивность короткозамкнутого витка:

$$L_{кз} = L_{кз1} = L_{кз2} = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{кз}^2}{2 \cdot l_{маг} + x \cdot \mu_{ст.10} \cdot \delta}, \quad (3.4)$$

где:  $W_{кз} = 1$  – число витков короткозамкнутого контура.

Взаимоиндуктивность между катушкой:

$$M_{12} = \frac{\mu_{\text{ст.10}} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_1 \cdot W_2}{\frac{2 \cdot l_{\text{маг}} + x \cdot \mu_{\text{ст.10}}}{\delta}}, \quad (3.5)$$

Взаимоиндуктивность между катушкой и короткозамкнутым витком:

$$M_{1\text{кз1}} = M_{1\text{кз2}} = \frac{\mu_{\text{ст.10}} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{\text{кз}} \cdot W}{\frac{2 \cdot l_{\text{маг}} + X_0 \cdot \mu_{\text{ст.10}}}{\delta}}, \quad (3.6)$$

Взаимоиндуктивность между короткозамкнутыми витками:

$$M_{\text{кз1кз2}} = M_{\text{кз2кз1}} = \frac{\mu_{\text{ст.10}} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{\text{кз}} \cdot W_{\text{кз}}}{\frac{2 \cdot l_{\text{маг}} + X_0 \cdot \mu_{\text{ст.10}}}{\delta}}, \quad (3.7)$$

Для определение диапазона изменения указанных значения в таблице 3.1 рассчитаем параметры электрического контура для начального зазора.

Активное сопротивление катушек по заданию:

$$R_1 = R_2 = R_{\text{ак}} = 3,6 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

Активное сопротивление КЗ контура принимаем:

$$R_{\text{кз}} = \rho_{\text{кз}} \frac{l_{\text{кз}}}{S_{\text{кз}}} = 0,047 \frac{0,22}{20} = 5,168 \cdot 10^{-3} \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Рассчитаем значений индуктивности основного контура  $L_1, L_2$ , для начального зазора:

$$L_k = L_1 = L_2 = \frac{\mu_{\text{ст.10}} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W^2}{\frac{2 \cdot l_{\text{маг}} + X_0 \cdot \mu_{\text{ст.10}}}{\delta}} = \frac{4000 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1500^2}{\frac{2 \cdot 0,188 + 0,002 \cdot 4000}{1,5}} = 0,914 \text{ Гн} \quad (3.10)$$

где:  $S$  – площадь поперечного сечения сердечника определяется формулой

$$S = l_2 \cdot l_8 = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 450 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \quad (3.11)$$

где:  $l_{\text{маг}}$  – длина магнитопровода вычисляем:

$$l_{\text{маг}} = (l_5 - l_6) \cdot 2 + l_7 = (91 - 20) \cdot 2 + 80 = 0,188 \text{ м} \quad (3.12)$$

Взаимоиндуктивность катушек при начальном зазоре:

$$M_{12} = \frac{\mu_{ст.10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_1 \cdot W_2}{2 \cdot l_{\text{Маг}} + X_0 \cdot \mu_{ст.10}} = \frac{4000 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1500^2}{2 \cdot 0,188 + 0,002 \cdot 4000} = 0,918 \text{ Гн} \quad (3.13)$$

Взаимоиндуктивность между катушкой и короткозамкнутым витком при начальном зазоре:

$$M_{кз1кз2} = M_{кз2кз1} = \frac{\mu_{ст10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{кз} \cdot W_{кз}}{2 \cdot l_{\text{Маг}} \cdot X_0 \cdot \mu_{ст10}} = \frac{4000 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1}{2 \cdot 0,188 + 0,002 \cdot 4000} = 6,017 \cdot 10^{-8} \text{ Гн} \quad (3.14)$$

Взаимоиндуктивность между короткозамкнутыми витками:

$$M_{кз1кз2} = M_{кз2кз1} = \frac{\mu_{ст10} \cdot \mu_0 \cdot S \cdot W_{кз} \cdot W_{кз}}{2 \cdot l_{\text{Маг}} \cdot X_0 \cdot \mu_{ст10}} = \frac{8000 \cdot 1,26 \cdot 10^{-6} \cdot 450 \cdot 10^{-6} \cdot 1 \cdot 1}{2 \cdot 0,188 + 0,014 \cdot 8000} = 3,03 \cdot 10^{-8} \text{ Гн} \quad (3.15)$$

Запишем уравнения по второму закону Кирхгофа для контуров, учитывая согласное включение катушек:

*Уравнение для главного контура:*

$$\begin{aligned} U_m \sin \omega t &= 2i_K \cdot R_K + \frac{d\Psi}{dt} = 2i_K \cdot R_K + \\ &+ \frac{d(2 \cdot i_K \cdot L_K + 2 \cdot i_K \cdot M_{12} + 2 \cdot i_{кз} \cdot M_{кз12})}{dt} = \\ &= 2i_K \cdot R_K + 2 \frac{di_K \cdot L_K}{dt} + 2 \frac{di_K \cdot M_{12}}{dt} + 2 \frac{di_{кз} \cdot M_{кз12}}{dt} = \\ &= 2i_K \cdot R_K + 2(L_K \frac{di_K}{dt} + i_K \frac{dL_K}{dt}) + 2(M_{12} \frac{di_K}{dt} + i_K \frac{dM_{12}}{dt}) + 2(M_{кз12} \frac{di_{кз}}{dt} + i_{кз} \frac{dM_{кз12}}{dt}) = \\ &= 2i_K (R_K + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dL_K}{dt}) + 2 \frac{di_K}{dt} (L_K + M_{12}) + 2M_{кз12} \frac{di_{кз}}{dt} + 2i_{кз} \frac{dM_{кз12}}{dt}; \end{aligned} \quad (3.16)$$

*Уравнение для короткозамкнутого контура:*

$$\begin{aligned} 0 &= i_{кз} \cdot R_{кз} + \frac{d(i_{кз} \cdot L_{кз} + 2 \cdot i_{кз} \cdot M_{кз12} + 2 \cdot i_K \cdot M_{кз12})}{dt} = \\ &= i_{кз} \cdot R_{кз} + \frac{di_{кз} \cdot L_{кз}}{dt} + 2 \frac{di_{кз} \cdot M_{кз12}}{dt} + 2 \frac{di_K \cdot M_{кз12}}{dt} = \\ &= i_{кз} \cdot R_{кз} + i_{кз} \frac{dL_{кз}}{dt} + L_{кз} \frac{di_{кз}}{dt} + 2(i_{кз} \frac{dM_{кз12}}{dt} + M_{кз12} \frac{di_{кз}}{dt}) + 2(i_K \frac{dM_{кз12}}{dt} + M_{кз12} \frac{di_K}{dt}) = \\ &= i_{кз} (R_{кз} + \frac{dL_{кз}}{dt} + 2 \frac{dM_{кз12}}{dt}) + \frac{di_{кз}}{dt} (L_{кз} + 2M_{кз12}) + 2i_K \frac{dM_{кз12}}{dt} + 2M_{кз12} \frac{di_K}{dt}. \end{aligned} \quad (3.17)$$

### 3.2 Механический контур

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

$$m \cdot \frac{d^2 x}{dt^2} + R \cdot \frac{dx}{dt} + q \cdot x = F(t) \quad (3.18)$$

где:  $m$  – масса якоря;

$R$  – Коэффициент демпфирования (механическое сопротивление).

$x$  – амплитуда колебаний рабочего органа блока виброобработки;

$F(t)$  – возмущающая сила.

В реальной действительности свободные колебания происходят в условиях действия сил сопротивления. Диссипативные силы ведут к уменьшению амплитуды колебаний. Колебания, амплитуда которых с течением времени становится меньше в результате потерь энергии, называются затухающими. Формула коэффициента затухания:

$$\beta = \frac{R_{mo}}{2 \cdot \Sigma M} \quad (3.19)$$

где:  $R_{mo}$  – механическое сопротивление,  $\Sigma M$  – суммарная масса

### 3.3 Система дифференциальных уравнений

Система уравнений магнитной системы (3.20), приведенная ниже, состоит из уравнений электрических контуров и уравнения механического контура.

Преобразуем данную систему в удобный вид для ее решения численным методом:

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{di_K}{dt} = \frac{U_m \sin \omega t - 2i_K (R_K + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dL_K}{dt}) - 2M_{K312} \frac{di_{K3}}{dt} - 2i_{K3} \frac{dM_{K312}}{dt}}{2(L_K + M_{12})}; \\
 \frac{di_{K3}}{dt} = \frac{-i_{K3} (R_{K3} + \frac{dL_{K3}}{dt} + 2 \frac{dM_{K312}}{dt}) - 2i_K \frac{dM_{K312}}{dt} - 2M_{K312} \frac{di_K}{dt}}{(L_{K3} + 2M_{K312})}; \\
 \frac{dy}{dt} = \frac{F(t) - R_m (\frac{dx}{dt}) \cdot \frac{dx}{dt} - q \cdot x}{M_a + Q_{sp}}; \\
 \frac{dx}{dt} = y.
 \end{array} \right. \quad (3.20)$$

### 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 активатора выше приведенные системы уравнений рассчитаем численными методами Рунге-Кутты четвертого порядка, составим алгоритм расчета системы. Метод Рунге-Кутты обладает большой точностью. Этот метод удобен для практических вычислений.

Методика расчета состоит из последовательных операций итерационного определения четырех коэффициентов  $K$ ,  $M$ ,  $S$ ,  $C$  при дискретном приращении времени:

$$\begin{aligned}
 \underline{K}(t, l, l_k, x, y) &:= \frac{k1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot k3(t, l, l_k, x, y) + k4(t, l, l_k, x, y)}{6} \\
 \underline{M}(t, l, l_k, x, y) &:= \frac{m1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot m3(t, l, l_k, x, y) + m4(t, l, l_k, x, y)}{6} \quad (3.21) \\
 \underline{S}(t, l, l_k, x, y) &:= \frac{s1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot s3(t, l, l_k, x, y) + s4(t, l, l_k, x, y)}{6} \\
 \underline{C}(t, l, l_k, x, y) &:= \frac{c1(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c2(t, l, l_k, x, y) + 2 \cdot c3(t, l, l_k, x, y) + c4(t, l, l_k, x, y)}{6}
 \end{aligned}$$

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

$$\begin{pmatrix} t_{i+1} \\ l_{i+1} \\ l_{k_{i+1}} \\ y_{i+1} \\ x_{i+1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} t_i + h \\ \text{if}(l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq 0, l_i + K(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i), 0) \\ l_{k_i} + M(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ y_i + S(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \\ \text{if}(x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i) \geq X0, X0, x_i + C(t_i, l_i, l_{k_i}, x_i, y_i)) \end{pmatrix} \quad (3.22)$$

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.

## 4 ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ АВОН-1

### 4.1 Оптимизация резонансных режимов работы установки АВОН-1 при постоянном механическом сопротивлении $R_{m0}=200$ кг/с

Проанализируем работу активатора при обработке нефти в установке обессоливания. При проведении анализа необходимо определить начальный воздушный зазор. Для его определения проведём расчёты при частоте 50 Гц, которая соответствует резонансу для указанных значений  $R_{m0}$  и массы колебательной системы. Необходимо отметить, что в ходе анализа должно соблюдаться постоянство соотношения амплитуды и частоты питающего напряжения  $U/f=\text{const}$ .

До начала моделирования было найдено усредненное значение механического сопротивления в нефти ( $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>)  $R_m=200$  кг/с. Выбор такого значения механического сопротивления обосновывается видом нефти, была выбрана нефть не высокой вязкости.

Для анализа необходимо рассмотреть временные характеристики колебательной системы в установившемся режиме. На рисунке 4.1 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

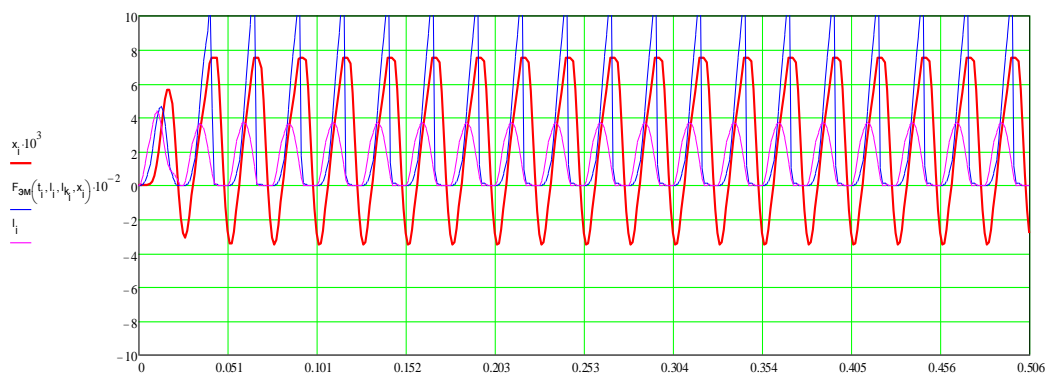


Рисунок 4.1 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{\text{мех}}=200$  кг/с,  $U=220$  В,  $f=50$  Гц.

Как видно из представленного рисунка, вибратор выходит на установившийся режим работы практически через несколько периодов питающего напряжения. В установившемся режиме работы вибратора амплитуда колебаний составляет  $x=110$  мм при действующем значении тока 2,9 А. Кроме этого можно увидеть, что изначально выставленный зазор практически выбирается полностью, обеспечивая максимальную производительность работы установки.

Теперь можно перейти к анализу работы вибратора. Анализ будем производить изменяя следующие параметров работы виброобработки, учитываемых соответствующими коэффициентами в системе уравнений:

$U$ –Амплитуда питающего напряжения, В;

$f$ –Частота питающего напряжения, Гц;

### 1. Исследование режима работы активатора при $f=30$ Гц

На рисунке 4.2 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

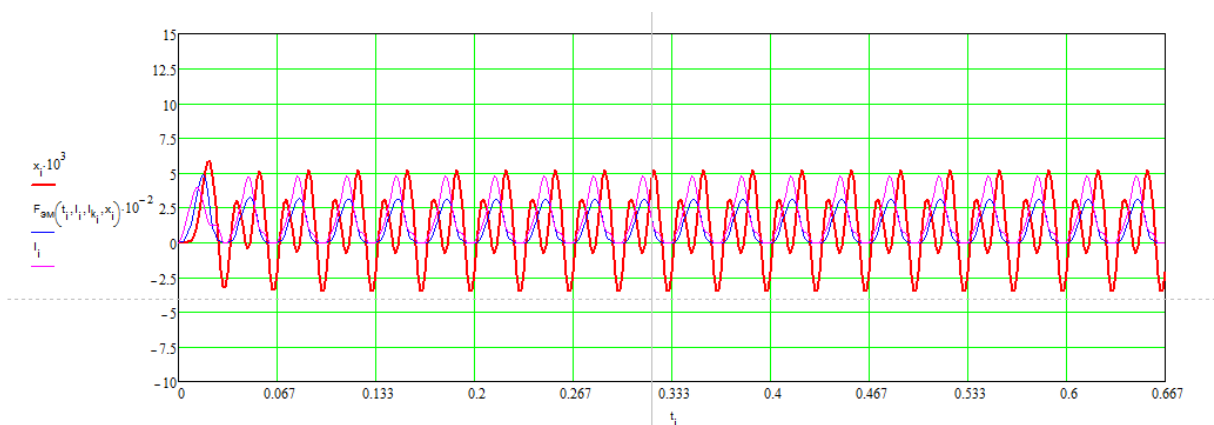


Рисунок 4.2 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{\text{мех}} = 200$  кг/с,  $U=140$  В,  $f=30$  Гц.

Из рисунка 4.2 видно, что амплитуда колебаний не равномерная, есть биение между активатором и стенкой БВО, что может произвести к



разрушению стенки БВО. Размах амплитуды колебания при минимальном питающем напряжении частоты  $f=30$  Гц равен  $x=7,3$  мм.

Результат:  $V=4.55$  м<sup>3</sup>/час;  $\Delta x=7,3$  мм;  $I_d=2,33$  А;  $I_{dkз}=42,08$  А

Так, как работа вибратора не всегда осуществляется над веществами имеющие сложные реологические свойства, имеет место поиск оптимальной резонансной частоты для среды с определенным механическим сопротивлением. Этим мы сможем добиться более высокой производительности.

## 2. Исследование режима работы активатора при $f=40$ Гц

На рисунке 4.3 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

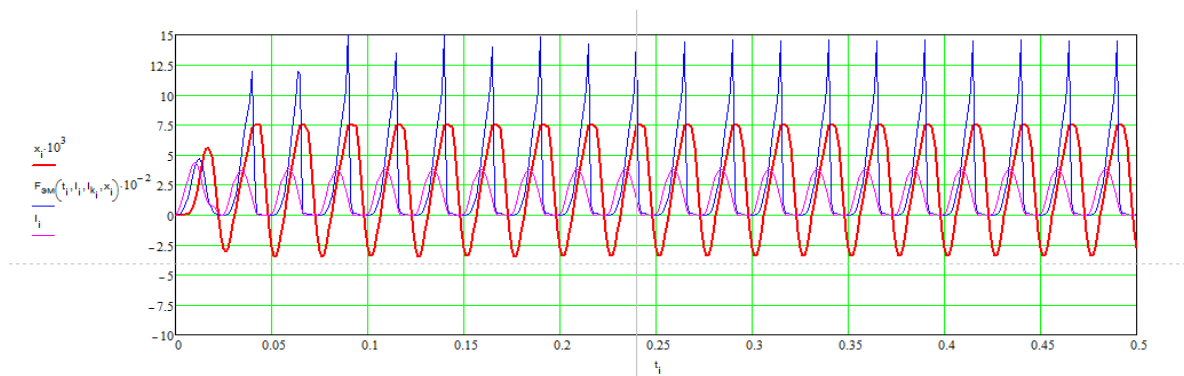


Рисунок 4.3 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{мех} = 200$  кг/с,  $U=180$  В,  $f=40$  Гц.

Из рисунка 4.3 видно, что при питающем напряжении  $f=40$  Гц резко поднялась производительность, и размах амплитуды колебаний носит резонансный характер  $\Delta x = 9,29$  мм

Результат:  $V=11,94$  м<sup>3</sup>/час;  $x=9,29$  мм;  $I_d=2,09$  А;  $I_{dkз}=113,14$  А

### 3. Исследование режима работы активатора при $f=50\text{Гц}$

На рисунке 4.4 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

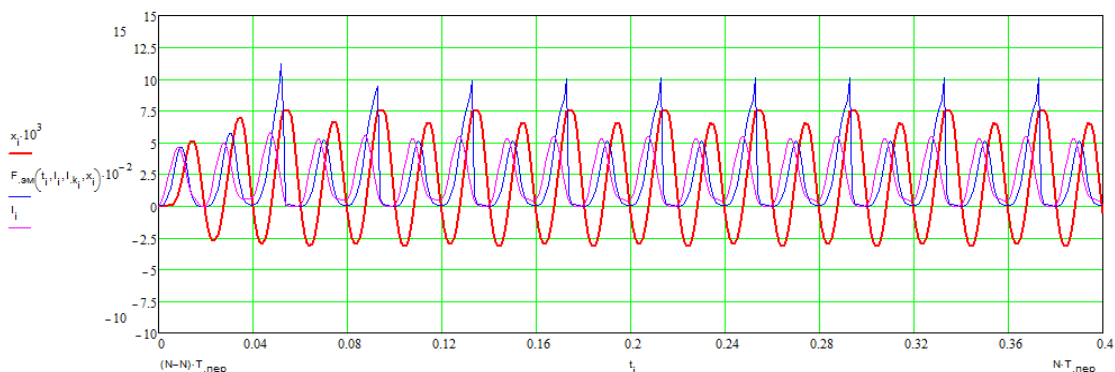


Рисунок 4.4 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{\text{мех}}=200\text{кг/с}$ ,  $U=220\text{ В}$ ,  $f=50\text{ Гц}$ .

Из рисунка 4.4 видно, что амплитуда колебаний имеет,  $x=10\text{мм}$  при питающем напряжении  $f=50\text{ Гц}$  в этом случае виброактиватор имеет максимальную производительность активации нефти.

Результат:  $V=14,5\text{м}^3/\text{час}$ ;  $x=10\text{мм}$ ;  $I_d=2,9\text{А}$ ;  $I_{\text{дкз}}=102,18\text{ А}$

### 4. Исследование режима работы активатора при $f=60\text{ Гц}$

На рисунке 4.5 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

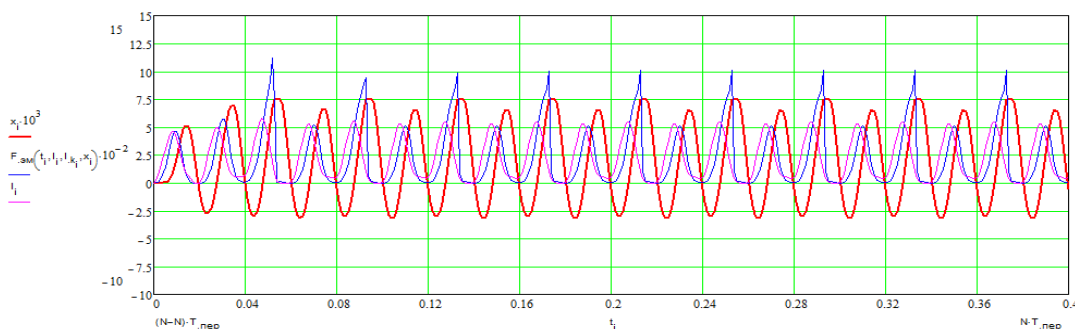


Рисунок 4.5 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{\text{мех}}=200\text{кг/с}$ ,  $U=230\text{ В}$ ,  $f=60\text{ Гц}$ .

Из рисунка 4.5 видно, что при дальнейшем увеличении частоты питающего напряжения уменьшается производительность активации нефти и размах амплитуд колебаний. И при питающем напряжении  $f=60$  Гц амплитуда колебаний имеет,  $x = 11$  мм

Результат:  $V=5,02\text{ м}^3/\text{час}$ ;  $\Delta x=11\text{ мм}^3$ ;  $I_d=3,07\text{ А}$ ;  $I_{dkз}=80,48\text{ А}$

### 5. Исследование режима работы активатора при $f=70$ Гц

На рисунке 4.6 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

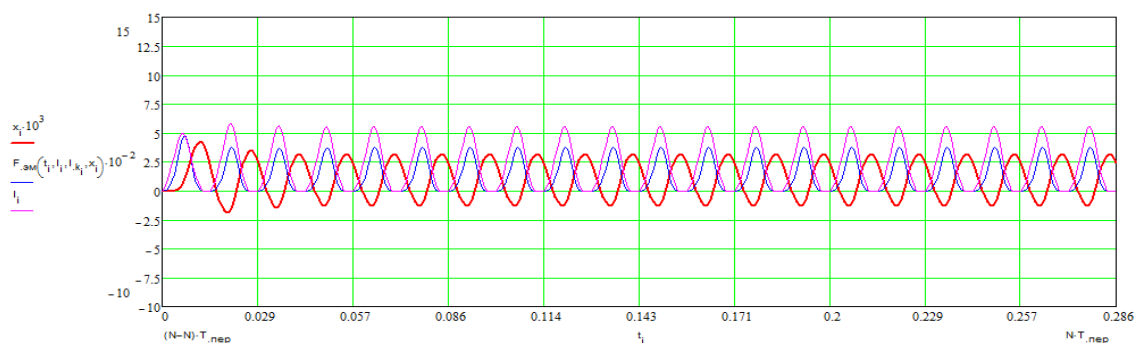


Рисунок 4.6 – График амплитуды колебаний активатора для нефти при  $R_{мех} = 200\text{ кг/с}$ ,  $U=235\text{ В}$ ,  $f=100\text{ Гц}$ .

Из рисунка 4.6 видно, что при максимальном увеличении питающего напряжения производительность активации нефти совсем мала и имеет минимальный размах амплитуд колебаний. И при питающем напряжении  $f=70$  Гц амплитуда колебаний имеет,  $x = 6,13$  мм

Результат:  $V=3,7\text{ м}^3/\text{час}$ ;  $\Delta x=6,13\text{ мм}^3$ ;  $I_d=3,01\text{ А}$ ;  $I_{dkз}=61,9\text{ А}$

Сведем полученные результаты в таблицу 4.1 для построения частотных характеристик при  $R_{мех} = 200\text{ кг/с}$ .

Таблица 4.1 – Параметры исследований при  $R_{\text{мех}} = 200 \text{ кг/с}$

f, Гц	30	40	50	60	70
U, В	140	180	220	230	235
x, мм	9,29	11	10	7,3	6,13
I, А	2,33	2,09	2,9	3,07	3,01
I <sub>к</sub> , А	42,08	113,14	57,97	80,48	61,9
V, м <sup>3</sup> /час	4,55	11,94	14,5	5,02	3,7

На рисунках 4.7, рисунок 4.8 представлены частотные характеристики нефти при механическом сопротивлении  $R_{\text{м}}=200 \text{ кг/с}$ , в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

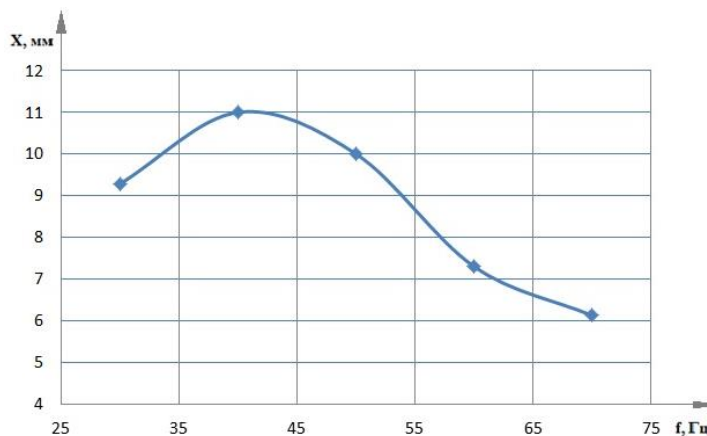


Рисунок 4.7– Частотная характеристика амплитуды колебаний активатора в нефти

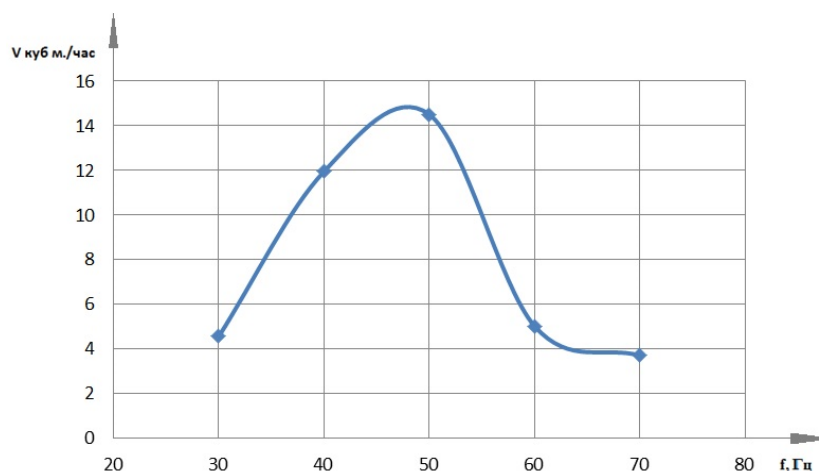


Рисунок 4.8– Частотная характеристика производительности активации

Из рисунков 4.7, рисунок 4.8 видно, что при механическом сопротивлении  $R_{m0}=200$  кг/с уменьшается резонансная частота  $f_0=60\div 50\div 40$  Гц. Но главным фактором, при выборе режима работы вибратора, является производительность. Для обеспечения оптимальной производительности, необходимо корректировать частоту питающего напряжения.

Таким образом, для обеспечения максимальной производительности установки, необходимо оптимизировать резонансный режим работы установки для обессоливания нефти, изменяя такие данные как, величина резонансной частоты, масса активатора и присоединенная масса жидкости.

Так как производительность уменьшается с увеличением механического сопротивления, учитывая приведенные выше результаты расчетов режимов работы активатора, выбираем значение механического сопротивления равным 200кг/с.

## **4.2 Оптимизация производительности активации установки**

### **АВОН-1 при изменении резонансной частоты**

Резонанс – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, которое наступает при приближении частоты внешнего воздействия к некоторым значениям (резонансным частотам) определяемым свойствами системы. При помощи явления резонанса можно выделить и даже усилить весьма слабые периодические колебания.

Проанализируем работу установки в процессе обессоливания, при изменении величины резонансной частоты. Необходимо отметить, что в ходе анализа должно соблюдаться равенство между начальным зазором и амплитуды колебания  $X_0 = \Delta X$ .

Учитывая тот факт, что принцип работы установки резонансный, необходимо рассмотреть работу установки при различных значениях частотах питающего напряжения и начального зазора.

На рисунке 4.9 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

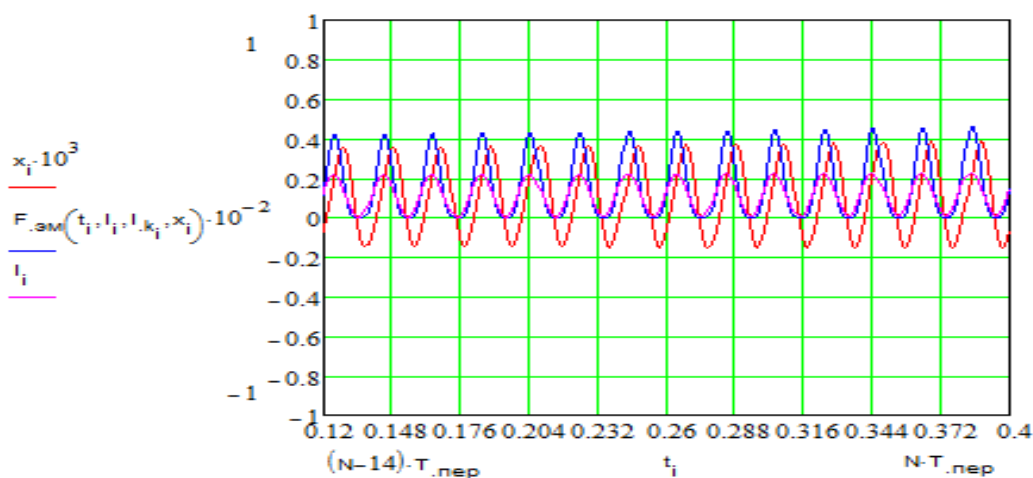


Рисунок 4.9 – График амплитуды колебаний при  $U=120$  В,  $f=40$  Гц

Из рисунка 4.9 видно, что при питающем напряжении  $f=40$  Гц резко поднялась производительность, и размах амплитуды колебаний носит резонансный характер.

Сведем полученные результаты в математической модели в таблицу 4.2 для построения частотных характеристик, при изменении значений резонансной частоты в диапазоне  $f=30 \div 70$  и изменений частоты питающего напряжения.

Таблица 4.2 – Параметры исследований при  $f=30 \div 70$

$f_0$ , Гц	18	21	34	45	56	66,6	70	84
$U$ , В	100	110	120	140	160	180	190	200
$I_d$ , А	1,9	2,15	2,37	2,32	1,98	1,44	1,34	1,14
$\Delta x \cdot 10^3$ мм	7,4	7,7	6,25	5,27	4,02	2,85	2,4	2,01
$V$ $m^3 / час$	2,9	5	6,75	8,11	7,6	6,53	6,13	5,9

На рисунке 4.10 представлены частотные характеристики нефти при разных значениях резонансной частоты в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

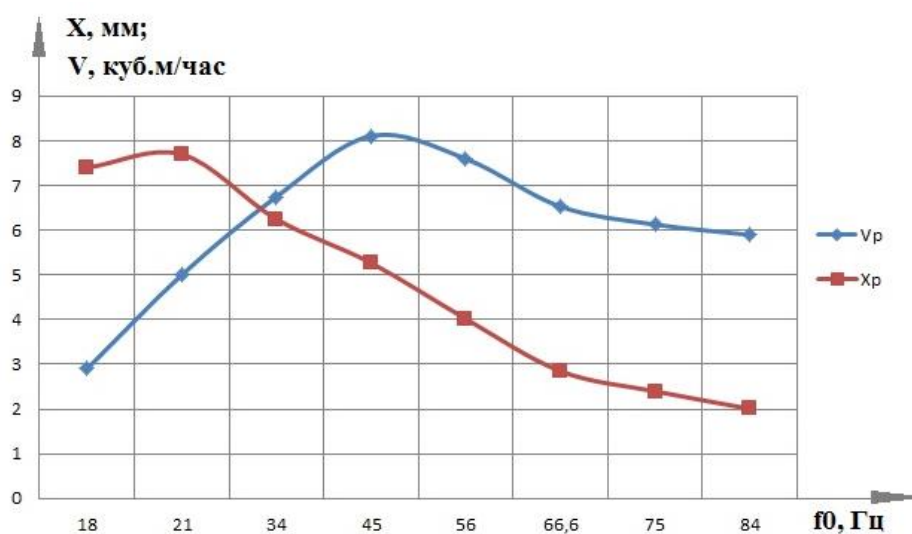


Рисунок 4.10 – Частотная характеристика нефти

Из графика видно, что максимальная производительность наблюдается в зоне частот 45-48 Гц, а максимальная амплитуда колебаний активатора в зоне 18-20 Гц.

### 4.3 Оптимизация производительности активации от коэффициента затухания $\beta$ (соотношение $R_{m0}$ и $\sum M$ )

Следующим научным исследованием на стадии разработки установки, является изменение массы активатора. При изменении массы активатора, так же изменяется ее ширина и длина. Анализ будем производить с механическим сопротивлением  $R_m=200$  кг/с и изменениями следующих параметров работы виброобработки, учитываемых соответствующими коэффициентами в системе уравнений:

$U$  – амплитуда питающего напряжения, В;

$f$  – частота питающего напряжения, Гц;

$f_0$  – резонансная частота, Гц;

$\delta_0$  – воздушный зазор, м;

### 4.3.1 Анализ модели при массе активатора $M_a = 200$ кг, $\beta=1$

На рисунке 4.11 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

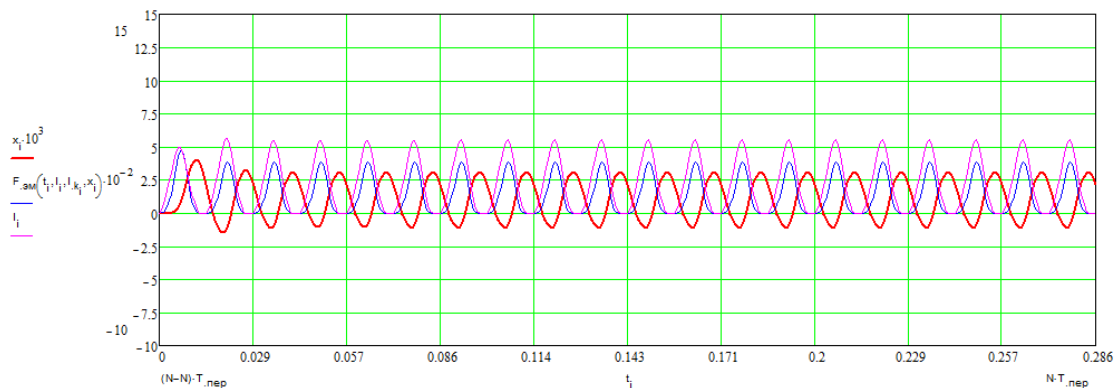


Рисунок 4.11 – График амплитуды колебаний при  $U=160$  В,  $f=60$  Гц

Из рисунка 4.11 видно, что при максимальном увеличении питающего напряжения производительность активации нефти совсем мала и имеет минимальный размах амплитуд колебаний.

Сведем полученные результаты в математической модели в таблицу 4.3 для построения частотных характеристик, при изменении значений резонансной частоты в диапазоне  $f=30 \div 70$  и изменений частоты питающего напряжения.

Таблица 4.3 – Параметры исследований при массе активатора  $M_a = 200$  кг

$f_0$ , Гц	21	34	45	56	66,6
$U$ , В	100	110	120	140	160
$I_d$ , А	1,07	1,08	1,3	1,8	1,6
$\Delta x \cdot 10^3$ мм	16,1	19,1	15,3	13,8	10,82
$V$ $m^3 / час$	15	20,3	23,1	20,4	16,8
$\delta_0$ мм	0,01	0,008	0,0065	0,005	0,0035
$q$ кг / с <sup>2</sup>	$3,482 \cdot 10^6$	$9,127 \cdot 10^6$	$1,599 \cdot 10^7$	$2,476 \cdot 10^7$	$3,502 \cdot 10^7$



На рисунке 4.12 представлены частотные характеристики нефти при разных значениях резонансной частоты в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

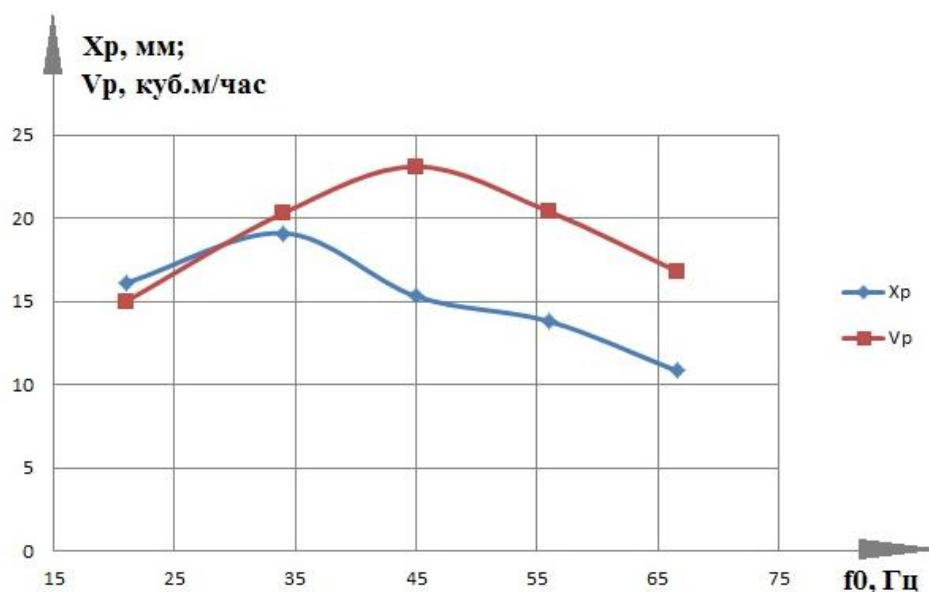


Рисунок 4.12 – Частотная характеристика нефти

Из рисунка 4.12 можно заметить то что, при увеличении массы активатора, амплитуда колебаний нормализуется и становится не линейной.

#### 4.3.2 Анализ модели при массе активатора $M_a = 400$ кг, $\beta < 1$

На рисунке 4.13 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

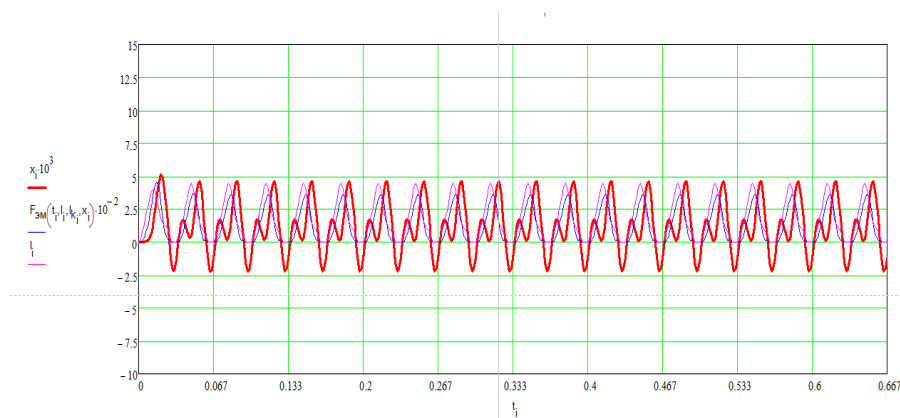


Рисунок 4.13 – График амплитуды колебаний для  $U=140$  В,  $f=20$  Гц

Из рисунка 4.13 видно, что при самом низком питающем напряжении частоты  $f=20$ , амплитуда колебаний не равномерная, есть биение между активатором и стенкой БВО, что может произвести к разрушению стенки БВО. Это явление наблюдается во всех трех исследованиях.

Сведем полученные результаты в математической модели в таблицу 4.4 для построения частотных характеристик, при изменении значений резонансной частоты в диапазоне  $f=30 \div 70$  и изменений частоты питающего напряжения.

Таблица 4.4 – Параметры исследований при массе активатора  $M_a = 400$  кг

$f_0$ , Гц	21	34	45	56	66,6
U, В	100	110	120	140	160
Id, А	0,7	2,1	2,14	1,8	0,55
$\Delta x \cdot 10^3$ мм	37,21	42,31	35,1	31,01	27,82
$V$ $m^3 / час$	34,9	52	44,1	41,7	32,05
$\delta_0$ мм	0,01	0,008	0,0065	0,005	0,0035
$q$ $кг / с^2$	$6,964 \cdot 10^6$	$1,825 \cdot 10^7$	$3,198 \cdot 10^7$	$4,952 \cdot 10^7$	$7,004 \cdot 10^7$

На рисунке 4.14 представлены частотные характеристики нефти при разных значениях резонансной частоты в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

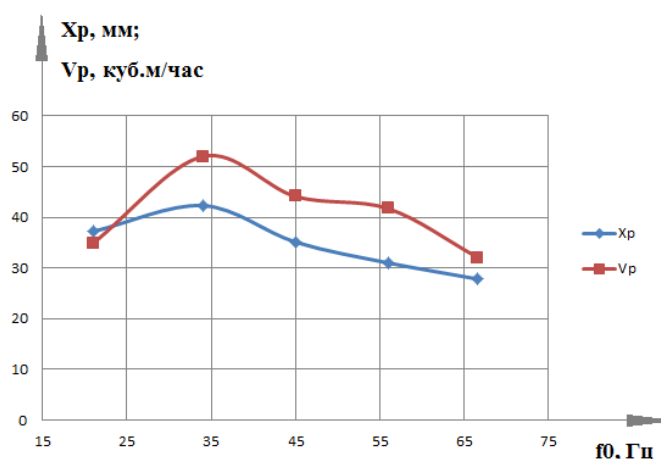


Рисунок 4.14– Частотная характеристика нефти

Из графика видно, что максимальная производительность наблюдается в зоне частот 30-40 Гц, максимальная амплитуда колебаний активатора так же в зоне 30-40 Гц. Можно сделать вывод, что при заданной массе активатора  $M_a = 400$ , резонанс происходит быстрее.

#### 4.4 Оптимизация производительности активации при регулировании соотношения массы активатора и массы присоединенной жидкости

Следующим научным исследованием на стадии разработки установки, является зависимость производительности от массы активатора и массы присоединенной жидкости. При изменении массы присоединенной жидкости, так же будет меняться резонансная частота. Анализ будем производить с механическим сопротивлением  $R_m=200$  кг/с и изменениями следующих параметров работы виброобработки, учитываемых соответствующими коэффициентами в системе уравнений:

$U$  – амплитуда питающего напряжения, В;

$f$  – частота питающего напряжения, Гц;

$f_0$  – резонансная частота, Гц;

$\delta_0$  - воздушный зазор, м;

##### 4.4.1 Анализ модели при массе активатора $M_a = M_{np}$ , $\beta < 1$

На рисунке 4.15 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

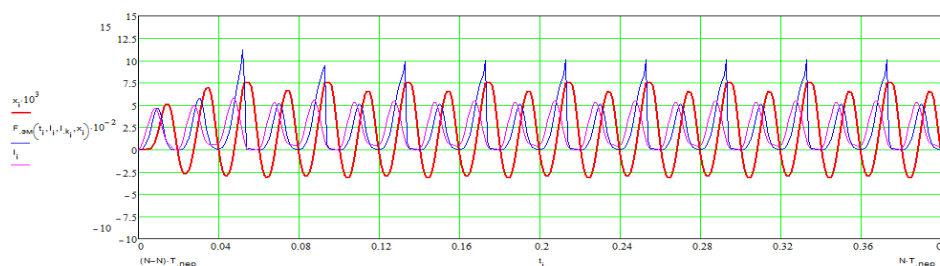


Рисунок 4.15 – График амплитуды колебаний при  $U=140$  В,  $f=50$  Гц

Из рисунка 4.15 видно, что при дальнейшем увеличении питающего напряжения уменьшается производительность активации нефти и размах амплитуд колебаний.

Сведем полученные результаты в математической модели в таблицу 4.5 для построения частотных характеристик, при изменении значений резонансной частоты в диапазоне  $f=30 \div 70$  и изменений частоты питающего напряжения.

Таблица 4.5 – Параметры исследований при массе активатора  $M_a = M_{np}$

$f_0$ , Гц	21	34	45	56	66,6
U, В	100	110	120	140	160
Id, А	1,72	2,37	2,32	1,98	1,44
$\Delta x \cdot 10^3$ мм	7,7	6,25	5,27	4,02	2,85
V $m^3 / час$	5	6,75	8,11	7,6	6,53
$\delta_0$ , мм	0,01	0,008	0,0065	0,005	0,0035
$q$ $кг / с^2$	$1,741 \cdot 10^4$	$4,564 \cdot 10^4$	$7,994 \cdot 10^4$	$1,238 \cdot 10^5$	$1,751 \cdot 10^5$

На рисунке 4.16 представлены частотные характеристики нефти при разных значениях резонансной частоты в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

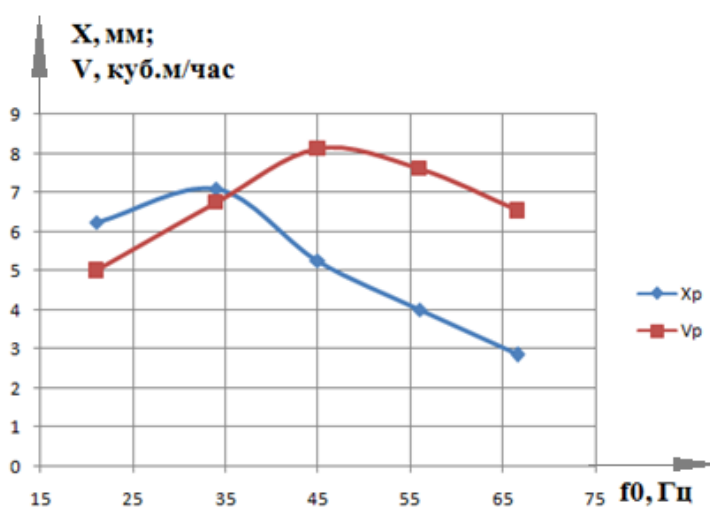


Рисунок 4.16 – Частотная характеристика нефти

#### 4.4.2 Анализ модели при массе активатора $M_a < M_{np}$ , $\beta > 1$

На рисунке 4.17 приведены характерные зависимости основных параметров вибратора амплитуды колебаний, магнитная сила и ток в основной цепи в зависимости от времени.

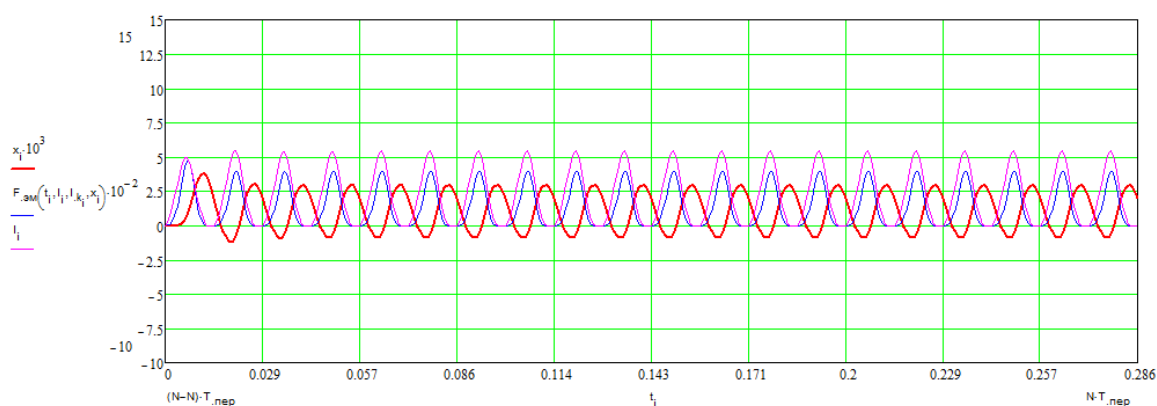


Рисунок 4.17– График амплитуды колебаний при  $U=120$  В,  $f=70$  Гц

Из рисунка 4.17 видно, что при максимальном увеличении питающего напряжения производительность активации нефти совсем мала и имеет минимальный размах амплитуд колебаний.

Сведем полученные результаты в математической модели в таблицу 4.6 для построения частотных характеристик, при изменении значений резонансной частоты в диапазоне  $f=30 \div 70$  и изменений частоты питающего напряжения.

Таблица 4.6 – Параметры исследований при массе активатора  $M_a < M_{np}$

$f_0$ , Гц	21	34	45	56	66,6
$U$ , В	100	110	120	140	160
$I_d$ , А	1,1	1,7	1,8	0,8	1,1
$\Delta x \cdot 10^3$ мм	32	38,3	35,1	26,9	19,4
$V$ $m^3 / час$	38,7	41,4	44,1	40,5	31,2
$\delta_0$ , мм	0,01	0,008	0,0065	0,005	0,0035
$q$ кг / с <sup>2</sup>	$1,741 \cdot 10^5$	$4,564 \cdot 10^5$	$7,994 \cdot 10^5$	$1,238 \cdot 10^6$	$1,751 \cdot 10^6$

На рисунке 4.18 представлены частотные характеристики нефти при разных значениях резонансной частоты в зависимости от размаха амплитуды колебания и производительности активатора.

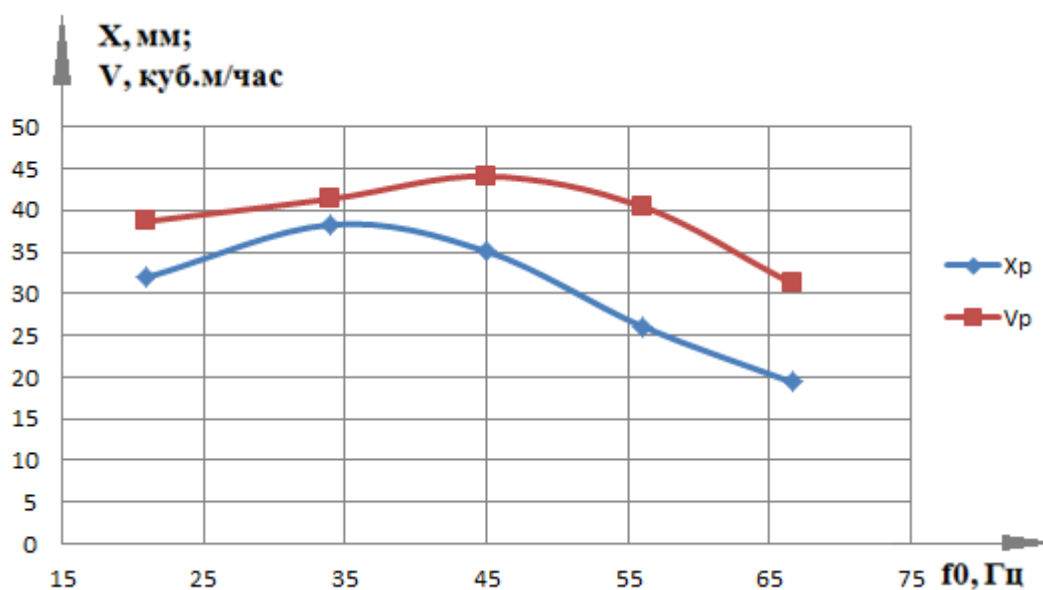


Рисунок 4.18 Частотная характеристика нефти

Из графика видно, что максимальная производительность наблюдается в зоне частот 43-48 Гц, максимальная амплитуда колебаний активатора тоже в зоне 33-48 Гц.

Проанализировав работу установки при резонансной частоте, можно сделать следующие выводы:

1. Так как производительность уменьшается с увеличением механического сопротивления, учитывая приведенные выше результаты расчетов режимов работы активатора, выбрали механического сопротивления равным 200 кг/с.

2. Как видно из графиков во всём диапазоне резонансной частоты производительность увеличивается. Максимальное превышение наблюдается в зоне резонанса при частоте 45-48 Гц, а максимальная амплитуда колебаний активатора в зоне 18-20 Гц.

3. При зависимости производительности от коэффициента затухания можно сделать вывод, что при увеличении массы активатора, амплитуда

колебаний нормализуется и становится не линейной. При увеличении массы активатора максимальная производительность наблюдается в зоне частот 30-40 Гц, максимальная амплитуда колебаний активатора так же в зоне 30-40 Гц. Можно сделать вывод, что при заданной массе активатора  $M_a = 400$ , резонанс происходит быстрее.

## **5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

При добыче и переработке нефть дважды смешивается с водой, образуя эмульсии: при выходе с большой скоростью из скважины вместе с сопутствующей ей пластовой водой. Поэтому в процессе нефтепереработки существует такой процесс, как обессоливание нефти, т.е. удаление нежелательных примесей, солей. Данный процесс является одним из основополагающих, поскольку присутствие солей является губительным не только для техники, используемой на НПЗ, но и для самого получаемого продукта.

В результате эффективного разрушения образующихся в производственных процессах нефтяных эмульсий улучшаются свойства нефти и нефтепродуктов, и увеличивается срок службы нефтеперерабатывающих установок.

### **5.1 Планирование научно-исследовательских работ**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- распределение работ участников по видам работ.
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Структура составляется в рамках проведения научного исследования.

Перечень и распределение работ приведен в таблице 5.1:



Таблица 5.1 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

Наименование работы	Количество исполнителей	Продолжительность, дн.
Составление и утверждение технического задания	Инженер 10р. НР 16р.	1
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер 10р.	24
Выбор направления исследований	Инженер 10р. НР 16р.	3
Календарное планирование работ по теме	Инженер 10р.	5
Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер 10р.	8
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Инженер 10р.	10
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер 10р.	15
Оценка эффективности полученных результатов	Инженер 10р. НР 16р.	6
Составление пояснительной записки	Инженер 10р.	13
Проверка полученных результатов	Инженер 10р. НР 16 р.	2

Всего 87 дн., в том числе НР 8 дн.

Календарный план-график, построенный для максимальной по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ														
			март		апрель			май			июнь			июль			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель и инженер	■														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Научный руководитель и инженер	■	■													
3	Выбор направления исследований	Научный руководитель и инженер	■														
4	Календарное планирование работ по теме	Инженер		■	■												
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер			■	■											
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Научный руководитель и инженер			■	■	■										
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер					■	■									
8	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель и инженер						■	■								
9	Составление пояснительной записки	Инженер							■	■							
10	Публикация полученных результатов	Инженер								■							

■ – научный руководитель

■ – инженер

## 5.2 Смета затрат на проект

Смета затрат на проект ( $K_{np}$ ) включает в себя следующие элементы затрат: материальные затраты, амортизацию, затраты на заработную плату, на социальные нужды, прочие и накладные затраты.

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{пр} + K_{накл} \quad (5.1)$$

где:  $K_{mat}$  - материальные затраты;  $K_{ам}$  – амортизация;  $K_{з/пл}$  – затраты на заработную плату;  $K_{с.о}$  – затраты на социальные нужды;  $K_{пр}$  – прочие затраты;  $K_{накл}$  – накладные затраты.

Составление сметы научного исследования является необходимым условием. Она должна отражать все расходы, связанные с выполнением данного исследования.

### 5.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты ( $K_{mat}$ ) - материальные затраты, отражают стоимость покупных материалов, используемых в процессе производства продукции, а также продукции на другие производственные и хозяйственные нужды для обеспечения нормального технологического процесса. Принимаем в размере 1000 рублей на канцелярские товары.

### 5.2.2 Амортизация

Амортизация ( $K_{ам}$ ) – это процесс переноса стоимости основных средств на стоимость произведенной и проданной конечной продукции по мере их износа, как материального, так и морального.

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (5.2)$$

где:  $T_{исп.кт}$  – время использования компьютерной техники (40 дней),  $T_{кал}$  – календарное время (365 дней),  $C_{кт}$  – цена компьютерной техники (14000 руб),  $T_{сл}$  – срок службы компьютерной техники (5 лет)

$$K_{ам} = \frac{40}{365} \cdot 14000 \cdot \frac{1}{5} = 307 \text{ руб} \quad (5.3)$$

### 5.2.3 Затраты на заработную плату

Затраты на заработную плату (*Кз/нл*) – затраты на заработную плату. Вознаграждение за труд в зависимости от квалификации работника, сложности, количества, качества и условий выполняемой работы, а также компенсационные и стимулирующие выплаты, затраты на заработную плату (для инженера и НР) рассчитываем по формуле:

$$Кз / нл = ФЗП = ЗПф.инж + ЗПф.нр \quad (5.4)$$

где: *ФЗП* – фонд заработной платы; *ЗПф* – фактическая заработная плата.

Фактическая заработная плата рассчитывается для научного руководителя и инженера, по формуле:

$$ЗПф = \frac{ЗПмес}{21} \cdot n, \quad (5.5)$$

где: *21* – число рабочих дней в месяц; *n* – фактическое число дней в проекте.

Определяем месячную заработную плату по следующей формуле:

$$ЗПмес = ЗПо \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2, \quad (5.6)$$

где: *К1* – коэффициент, учитывающий отпуск (1,1=10%); *К2* – районный коэффициент (1,3=30%); *ЗПо* – месячный оклад (для НР = 30 т.р., для инженера = 17 т.р.);

Для инженера:

$$ЗПмес = ЗПо \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310 \text{ руб.}, \quad (5.7)$$

$$ЗПф = \frac{ЗПмес}{21} \cdot n = \frac{24310}{21} \cdot 124 = 143544 \text{ руб.} \quad (5.8)$$

Для научного руководителя:

$$ЗПмес = ЗПо \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2 = 30000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 42900 \text{ руб.}, \quad (5.9)$$

$$ЗПо = \frac{ЗПмес}{21} \cdot n = \frac{42900}{21} \cdot 10 = 20428 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

Затраты на заработную плату для инженера и научного руководителя составляют:

$$Kз / нл = \PhiЗП = ЗПф.инж + ЗПф.нр = 143544 + 20428 = 163974 \text{ руб.} \quad (5.11)$$

#### 5.2.4 Затраты на социальные нужды

Затраты на социальные нужды *Кс.о.* – затраты организации по обязательным и добровольным взносам в органы государственного страхования, пенсионного фонда, фонда медицинского страхования от затрат на оплату труда работников, занятых в производстве продукции, работ, услуг в непромышленной сфере в соответствии с порядком, установленным законодательством. Затраты на социальные нужды (отчисления) берем 30% от *Кз/нл*.

$$Kс.о. = \frac{Kз / нл \cdot 30\%}{100\%} = \frac{163974 \cdot 30}{100} = 49192 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

#### 5.2.5 Прочие затраты

Прочие затраты – расходы, косвенно связанные с производством продукции, работ, услуг, не входящие в себестоимость продукции. К прочим расходам относятся: налоги, различные сборы, плата за аренду.

Прочие затраты *Кпр*, принимаются в размере 10% от (*Кмат + Кам + Кз/нл + Кс.о*)

$$Kпр = \frac{(Kмат + Кам + Кз / нл + Кс.о.) \cdot 10\%}{100\%} = \frac{(1000 + 307 + 163974 + 49192) \cdot 10}{100} = 21447 \text{ руб.}$$

#### 5.2.6 Накладные затраты

Накладные затраты *Кнакл* – затраты, не связанные прямо с производством отдельного изделия или вида работы и относимые на весь выпуск продукции. К ним относятся: расходы на содержание, эксплуатацию и текущий ремонт зданий, сооружений и оборудования; отчисления на социальное страхование и другие обязательные платежи; содержание и заработную плату административно-управленческого персонала; расходы, связанные с потерями от брака и простоев и др. Накладные расходы, принимаются в размере 200% от *Кз/нл*.

$$K_{\text{накл}} = \frac{K_{\text{з / пл}} \cdot 200\%}{100\%} = \frac{67210 \cdot 200}{100} = 327948 \text{ руб.}$$

Смета затрат на проект ( $K_{\text{пр}}$ ):

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{мат}} + K_{\text{ам}} + K_{\text{з / пл}} + K_{\text{с.о}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{накл}} = \\ = 1000 + 307 + 163974 + 49192 + 21447 + 327948 = 563868 \text{ руб}$$

Таблица 5.3 – Результаты полученных данных

	Элементы затрат	Стоимость, руб.
	Материальные затраты	1000
	Амортизация компьютерной техники	307
	Затраты на заработную плату	163974
	Затраты на социальные нужды	49192
	Прочие затраты	21447
	Накладные расходы	327948
	Итого:	563868

### 5.3 Смета затрат на оборудование

В данную часть работы включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 5.4.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 20 % от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 5.4 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научной работы

№ п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	БВО	БВО	БВО	2	2	2	4600	4600	8600	8600	8600	8600
2.	-	БП		-	1	-	-	4660	-	-	4660	-
3.	Кабельный гермоввод	Кабельный гермоввод	-	1	1		8600	8600	-	4600	4600	
4	Автоматический выключатель	Автоматический выключатель		1	1					200	200	
5	Диод	Диод								590	590	
Итого:										13990	18650	8600

### 5.4 Анализ полученных результатов

Наряду с развитием и совершенствованием традиционных методов воздействия на нефтяные и нефтегазовые системы, все большее применение находят методы, реализуемые на основе различной физической природы: лазерной, магнитной, ультразвуковой, радиационной и т. д. Модернизация традиционных технологий в области варьирования новых параметров и компонентов процесса или среды лишь незначительно повышает показатели существующих процессов. Резкого повышения эффективности производства и качества получаемых продуктов можно добиться путем применения нетрадиционных способов воздействия на процесс. Одним из таких методов является магнитная обработка нефтяных систем, которая открывает новые возможности в нефтяной и нефтегазоперерабатывающей промышленности.

В добытом нефтяном и нефтегазовом сырье вода, в которой растворены соли, находится частично в капельном и, главным образом, эмульгированном

состоянии. Воздействие на промысловые жидкости проводилось переменным магнитным полем различной частоты и напряженности. Как показывают предварительные эксперименты, обработка эмульсии магнитными полями сокращает время отстоя нефти и воды в 2–3 раза, применение малогабаритных аппаратов при таком способе уменьшает металлоемкость установки не менее чем в 2 раза. График обессоливания нефти приведен на рисунке 5.1.

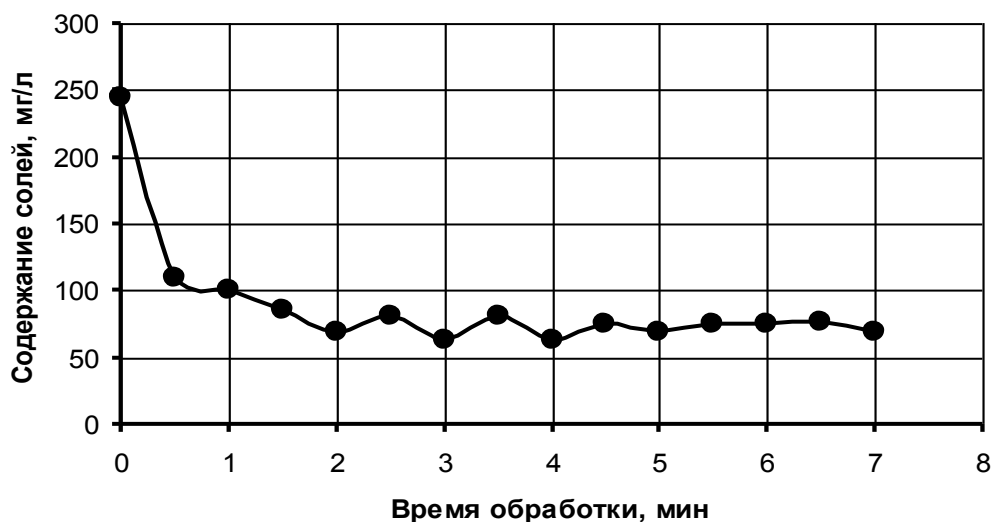


Рисунок 5.1 – Обессоливание нефти

Для увеличения активности свойств деэмульгатора предложены способы обработки деэмульгатора магнитным полем. Для воздействия на деэмульгатор используют слабое высокочастотное магнитное поле. Обработке подвергается товарная форма деэмульгатора. Предлагаемый способ позволяет в несколько раз увеличить скорость и глубину разделения водонефтяных эмульсий при неизменной концентрации деэмульгатора либо достичь снижения концентрации деэмульгатора в 2–3 раза без снижения скорости и глубины обезвоживания.



## **6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения нормативных условий труда (санитарно-гигиенические условия, защита от опасных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности и обеспечение безопасности в ЧС.

Рассмотрение данных вопросов отвечает требованиям международного стандарта ICCSR-26000:2011 к деятельности организаций в области социальной ответственности по тем разделам его модулей, по которым должны быть приняты указанные проектные решения [17].

В настоящей выпускной квалификационной работе ведется исследование установки для обессоливания нефти технологии виброструйной магнитной активации (ВСМА).

Так как рабочее место располагается в помещении, где находятся шкафы питания, коммуникаций и компьютерная техника, то в этих помещениях могут присутствовать ряд опасных и вредных факторов.

Таким образом, в этих помещениях могут присутствовать ряд опасных и вредных факторов, таких как:

- опасность поражения электрическим током;
- опасность нанесения механической травмы;
- опасность, обусловленная шумами;
- микроклимат;
- освещение;
- опасность возникновения возгараний и пожаров.

## 6.1 Анализ вредных факторов

Вредным называется производственный фактор, если он приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. В зависимости от уровня и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным [18].

Необходимо выделить такие вредные проявления факторов производственной среды, как:

- 1) Шум
- 2) Освещенность
- 3) Микроклимат

### Опасность, обусловленная шумами

Шум ухудшает условия труда, оказывая на организм вредное воздействие. Из-за шума у работающих возникает более быстрое утомление, которое приводит к снижению производительности на 10...15%, увеличению числа ошибок при выполнении операций трудового процесса и, следовательно, к повышенной опасности возникновения травм. При длительном воздействии шума снижается чувствительность слухового аппарата, возникают патологические изменения в нервной и сердечно-сосудистой системах.

Шум возникает в электромагнитных аппаратах, часто из-за неплотного стягивания пакетов стальных сердечников, неполного притягивания подвижной части магнитопровода контактора (магнитного пускателя).

Отрицательно шум сказывается на работоспособности и здоровье обслуживающего персонала. Утомление рабочего из-за шума приводит к травмам и увеличивает число ошибок в работе [19].

Допустимый уровень шума оборудования в производственной зоне не более 80дБ [ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Общие требования безопасности].

Как способ защиты применимо снижение уровня шума от основных источников: электродвигателей, электромагнитной аппаратуры и механизмов подачи, посредством правильного подбора режимов, качественного

изготовления деталей и узлов, тщательной статической и динамической балансировке вращающихся деталей оборудования.

При гигиенической оценке шума измеряют его интенсивность (силу) и определяют спектральный состав по частоте входящих в него звуков. Интенсивность звука — это количество звуковой энергии, переносимое звуковой волной за единицу времени и отнесенное к единице площади поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны [20].

Допустимые уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям [ГОСТ 12.1.003-83 и СН 3223-85].

Таблица 6.1– Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука [ГОСТ 12.1.003–83 с изм. 1999 г.]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
В помещениях цехового управленческого аппарата, рабочих комнатах, лабораториях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Мероприятия по уменьшению воздействия вибраций и шумов на организм человека [21]:

- одним из основных методов уменьшения шума на производстве является снижение (ослабление) шума в самих источниках - в электрических машинах, станках, механизмах и других устройствах;

- в механических устройствах часто причинами недопустимого шума являются: износ подшипников, неточная сборка деталей при ремонтах и т.д.

Поэтому в процессе эксплуатации всех видов машин и механического оборудования следует точно выполнять все требования правил технической эксплуатации [22];

- шум, создаваемый машинами, трансформаторами, электромагнитными аппаратами, часто бывает из-за неплотного стягивания пакетов стальных сердечников, неполного притягивания подвижной части магнитопровода контактора (магнитного пускателя). У электродвигателей ненормальный шум возникает при работе с перегрузкой или при обрыве одной фазы. Своевременное устранение этих причин позволяет снизить уровень шума;
- применение средств индивидуальной защиты в тех случаях, когда перечисленными мерами не удастся снизить уровень шума до нормативных значений. В зависимости от характеристики шума и вида используемых средств достигают уменьшения уровня интенсивности звука на 5...45 дБ [23];

#### Освещенность рабочей зоны

Возникает в результате недостаток естественного и искусственного освещения, образовавшегося из-за неправильного выбора системы освещения.

Вредное воздействие недостаточной освещенности проявляется как быстрое утомление зрения, частичная его потеря, снижение внимания, что может привести к травмам работника.

Естественное освещение осуществляется через проемы. Искусственное освещение-комбинированное. Для местного освещения используют светильники, установленные непосредственно на станках с характеристиками: 220В, 50Гц [СНиП 23.05-95.Естественное и искусственное освещение] [24].

Способ защиты в данной производственной зоне представлен установкой дополнительных источников искусственного освещения для повышения освещенности.

#### Микроклимат

Микроклимат (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) и содержание вредных

веществ в воздухе рабочей зоны должны быть в пределах санитарно-гигиенических норм, что обеспечивается:

а) при незначительных перегревах воздуха и умеренных выбросах паров, газов, аэрозоля - применением организованной естественной вентиляции [25];

б) при значительных уровнях теплового воздействия и выбросов загрязнителей - устройством принудительной вентиляции, обеспечивающей снижение температуры воздуха и концентрации загрязнителей до допустимых пределов притоком свежего воздуха в рабочую зону.

Источники интенсивных выбросов загрязнителей должны оборудоваться местной вытяжной вентиляцией непосредственно от них [26].

При невозможности достижения нормативных показателей микроклимата воздуха рабочей зоны должна обеспечиваться защита работников системами местного кондиционирования, воздушного душирования, средствами индивидуальной защиты, регламентом трудового процесса.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений представлены в таблице 2.

Таблица 6.2 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	21 - 23	20 - 24	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	17 - 19	16 - 20	60 - 40	0,2
	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23 - 25	22 - 26	60 - 40	0,1
	Iб (140 - 174)	22 - 24	21 - 25	60 - 40	0,1
	IIa (175 - 232)	20 - 22	19 - 23	60 - 40	0,2
	IIб (233 - 290)	19 - 21	18 - 22	60 - 40	0,2
	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

## **6.2 Анализ опасных факторов**

Опасным называется производственный фактор, воздействие которого на работающего человека в определенных условиях приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья [27].

Безопасность обслуживания электрооборудования зависит от факторов окружающей его среды. С учетом этих факторов, а также их наличия или отсутствия все помещения по опасности поражения электрическим током делят на три класса. Помещения, где расположены шкафы питания и коммуникаций, относятся к помещениям с повышенной опасностью, ввиду наличия в них токопроводящих полов. При этом отсутствуют другие факторы, такие как: влажность более 75%; токопроводящая пыль; высокая температура воздуха, длительно превышающей 30 °С, или периодически (более одних суток) 35 °С, или более 40 °С кратковременно; возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и металлическим корпусам электрооборудования.

К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

–при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;

–с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;

–при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;

–все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;

– необходимо постоянно следить за исправностью электропроводки [28].

В случае поражения работающего электрическим током, пострадавшему необходимо оказать доврачебную помощь, для чего необходимо проделать следующие операции:

–пострадавшего нужно немедленно освободить от действия электрического тока. Необходимо выключить питание, перерубить провода топором с сухой деревянной рукояткой, отвести с помощью диэлектрических предметов (сухая палка, ремень, верёвка) электрические провода. Оказывающий помощь должен стоять на сухой изолирующей подставке или резиновом коврикe.

–положить пострадавшего в удобное положение, освободить стесняющую одежду (расстегнуть ворот, пояс и т.п), обеспечить приток свежего воздуха и при необходимости сделать непрямой массаж сердца и искусственное дыхание;

–вызвать скорую помощь;

–поставить администрацию, инженера по технике безопасности в известность о происшедшем случайном случае. Опасность нанесения механической травмы [29].

Опасность нанесения механической травмы присутствует только при монтажных работах, а при эксплуатации щитов и пультов управления вероятность получения механических травм пренебрежимо мала, т.к. в помещении отсутствуют какие-либо предметы, которыми могут быть нанесены телесные повреждения.

Как мера защиты предусмотрено контурное защитное заземление. Все оборудование станка подключаются к общецеховому заземляющему устройству. Присоединение станка осуществляется с помощью заземляющего проводника, соединённого болтом с заземляющим контуром с одной стороны, и с контактной площадкой с другой. Над каждым заземляющим элементом помещен графический символ заземления.

Данные для расчёта заземления:

1. Заземление необходимо выполнить для установки, работающей под напряжением 380 В.

2. Для заземления используем трубы диаметром 4 мм и длиной 2,5 м и сталь полосовую 18x4 мм.

3. Заземлители расположены в ряд.

4. Характер грунта в месте установки заземления—сухая земля. Заземлители установлены на глубину (от верхнего конца трубы) 17 см, расстояние между трубами принимаем равной трём длинам заземлителей, т.е.  $a=2$  м.

Верхние концы соединены с помощью полосовой стали. Определим, что для данного случая по нормам допускается сопротивление не более 4 Ом. Удельное сопротивление земли составляет  $\rho_T = 0.4 \cdot 10^4$  Ом·см.

Учитывая применение грунта зимой и просыхания его летом, определяем расчётные значения  $\rho_{\varepsilon}$  и  $\rho_n$  при использовании трубчатых заземлителей соединительной полосы и соединительной полосы [30]:

$$\rho_{\varepsilon} = \rho_T \cdot \kappa_{\varepsilon} = 0.4 \cdot 10^4 \cdot 1.9 = 7.6 \cdot 10^3 \text{ (Ом·см)}, \quad (6.1)$$

где  $\kappa_{\varepsilon} = 1.9$  - коэффициент для вертикальных электродов;

$$\rho_n = \rho_T \cdot \kappa_n = 0.4 \cdot 10^4 \cdot 5 = 2 \cdot 10^4 \text{ (Ом·см)}, \quad (6.2)$$

где  $\kappa_n = 5$  - коэффициент для горизонтальных электродов.

Определим величину сопротивлений одной забитой в землю трубы по выражению:

$$R_{\varepsilon} = \frac{\rho_{\varepsilon}}{2 \cdot \pi \cdot l_m} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot l_m}{d} + 0.5 \cdot \ln \frac{4 \cdot h_m + l_m}{4 \cdot h_m \cdot l_m} \right), \quad (6.3)$$

где  $h_m$ - глубина заземления,  $h_m = 750$  см;

$l_m$ - длина заземления,  $l_m = 250$  см;

$d$ - диаметр заземления,  $d = 0.4$  см.

$$R_{\varepsilon} = \frac{7.6 \cdot 10^3}{6.28 \cdot 250} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 250}{0.4} + 0.5 \cdot \ln \frac{750 + 250}{750 \cdot 250} \right) = 21.8 \text{ Ом}. \quad (6.4)$$



Определим число заземлителей:

$$n = \frac{R_{\text{э}}}{z} = \frac{21.8}{6} = 4 \text{ шт.} \quad (6.5)$$

Определим длину соединительной полосы:

$$l_m = 1.05 \cdot a \cdot (n - 1) = 1.05 \cdot 2 \cdot (6 - 1) = 6.3 \text{ м}, \quad (6.6)$$

где  $n$  - число заземлителей;

$a$  - расстояние между заземлителями.

Размер резервуара 7x7 м, длина соединительной полосы вписывается в его размер.

Результатирующее сопротивление (полосы и трубы) с учётом коэффициента использования труб  $J_{\text{э}}=0,85$  и полосы  $J_{\text{п}}=0,86$  определяется по формуле:

$$R_c = \frac{R_{\text{э}} \cdot R_{\text{п}}}{R_{\text{э}} \cdot J_{\text{п}} + R_{\text{п}} \cdot J_{\text{э}} \cdot n} = \frac{21.8 \cdot 7.26}{21.8 \cdot 0.86 + 7.26 \cdot 0.85 \cdot 4} = 3.64 \text{ Ом.} \quad (6.7)$$

Данная величина удовлетворяет требованиям защитного заземления. Контроль заземления производится при приёме в эксплуатацию, а также периодически, в сроки, установленные правилами, при перекомпоновке оборудования и ремонте заземлителей [31].

Схема расположения устройства защитного заземления по отношению к резервуару показана на рисунке 6.1.

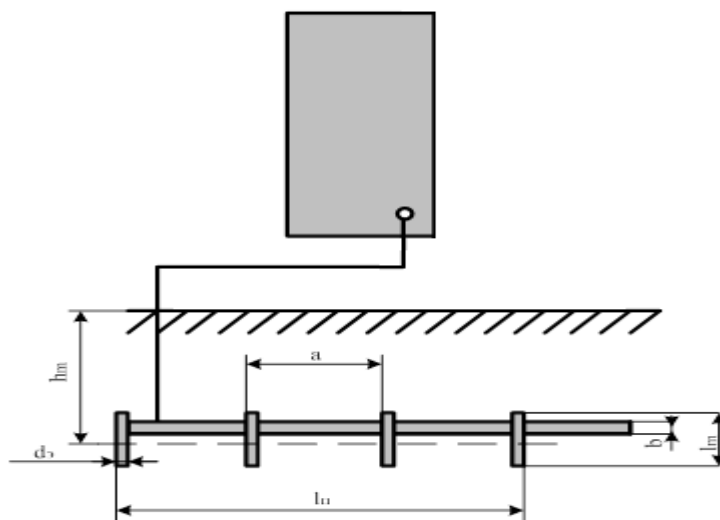


Рисунок 6.1 – Схема защитного заземления

В данном случае выполняем выносное заземление. Заземлители располагаются на некотором удалении от резервуара. Поэтому заземление корпуса находится вне поля растекания и человек, касаясь корпуса, оказывается под полным напряжением относительно земли. Выносное заземление защищает за счёт малого сопротивления заземлителей.

### **6.3 Охрана окружающей среды**

Основным воздействием на окружающую среду будут являться отходы при обслуживании оборудования и бытовые отходы.

Разработка мероприятий, обеспечивающих снижение вредного воздействия технологического процесса на природу может выполняться посредством некоторых операций и мероприятий.

Процесс переработки отходов предполагает целый комплекс потенциальных воздействий на человеческое здоровье и безопасность, а также на окружающую среду. Данные воздействия, хотя типы рисков присутствующие в них и могут быть тождественными, должны быть разделены на три категории, согласно трем основным типам операций:

- обслуживание и хранение отходов у их производителя;
- сбор и транспортировка;
- сортировка, обработка и ликвидация.

Необходимо иметь в виду, что риски связанные со здоровьем и безопасностью людей возникают в первую очередь в том месте, где отходы производятся, т.е. на производственном предприятии или у потребителя. Следовательно, хранение отходов у их производителя - и, в особенности, в тех случаях, когда отходы сортируются в их источнике - может оказать вредное воздействие на ближайшее окружение. Данная статья фокусирует внимание на общей схеме понимания методик переработки твердых отходов и выявления профессиональных рисков, связанных со здоровьем и безопасностью людей при сборе, транспортировке, обработке и ликвидации отходов.

Задачей переработки твердых отходов является предотвращение загрязнения окружающей среды.

Система переработки твердых отходов должна базироваться на технических исследованиях и всеобъемлющем планировании, включая следующие процедуры:

- исследования и оценка состава и количества отходов;
- исследования технологий сбора отходов;
- исследования технологий сбора отходов;
- исследования способов обработки и ликвидации отходов;
- исследования, связанные с технологией охраны окружающей среды от загрязнения;
- исследования стандартов связанных с профессиональным здоровьем и безопасностью;
- анализ технической осуществимости переработки отходов [32].

Исследования должны затрагивать аспекты безопасности окружающей среды, а также профессионального здоровья и безопасности, рассматривая возможности само обеспечивающегося развития. В связи с тем, что возможность решения всего комплекса проблем разом представляется чрезвычайно редко, важно отметить, что на стадии планирования расстановка приоритетов может оказаться чрезвычайно полезной. Первым шагом к устранению экологических и профессиональных опасностей является осознание существования данных опасностей.

#### Принципы переработки отходов

Переработка отходов представляет собой в плане профессионального здоровья и безопасности широкую палитру комплексных взаимоотношений. Переработка отходов также является своего рода производством “наоборот”, т.е. “продуктом” данной операции служит устранение избыточных материалов. Изначальной целью данной промышленности являлся сбор материалов, повторное использование из ценных частей и утилизация того,

что осталось посредством захоронения в ближайших местах непригодных для сельскохозяйственных нужд, для строительства и т.п. Во многих странах дела обстоят, таким образом, и по сей день.

#### **6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

##### Пожарная опасность.

Пожарная опасность электроустановок, каковыми являются щиты и пульты управления, а также шкафы питания и коммуникаций, которые применяются в проекте, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляции обмоток, различных электромагнитов (контакторы, реле, контрольно-измерительные приборы), проводов и кабелей.

Согласно строительным нормам и правилам [НПБ 105-2003] в зависимости от характеристики и количества веществ обращающихся в производстве, производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий следует определять для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов. Потенциально опасные производства подразделяются на категории, указанные в [ППБ 01-03].

Помещение, где реализована автоматизированная система учёта и управления энергопотребления здания по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г: Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; ГГ, ГЖ и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

При строительстве зданий и сооружений с учётом категории производства применяют строительные материалы и конструкции, которые

подразделяются на три группы: сгораемые; трудносгораемые; несгораемые. Помещение, где реализована система автоматизации относится к трудносгораемым.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

–помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, ведра, стендом с противопожарным инвентарем);

-средства связи в помещении должны быть постоянно исправны. К средствам сигнализации относятся ручные пожарные извещатели;

–каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре; уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами. На 100 м<sup>2</sup> пола имеется:

- порошковый огнетушитель ОП-5 – 1 шт.;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- ящик с песком на 0,5 м<sup>3</sup> – 1 шт.;
- железные лопаты – 2 шт.

Каждый работник, заметивший загорание, задымление и другие явления, могущие привести к пожару в цехе, обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону 01 , 051 или при помощи ручного пожарного извещателя;
- вызвать к месту пожара начальника смены, начальника участка, начальника цеха;

Пожарная опасность возможна: от короткого замыкания в сети 380 В; при длительных перегрузках двигателей, приводов, отдельных элементов; при работах трансформаторов или силовых элементов в блоках схем; от нарушения тепловых режимов работы от радиоэлектронных элементов в схемах блоков системы управления; при неправильном выборе изоляционных материалов; при

возникновении короткого замыкания в электрических схемах; при использовании вместо сетевых предохранителей различного рода перемычек; при попадании искр или стружки с высокой температурой на легковоспламеняющиеся материалы (ветошь, спецодежду и т.д.). Возникновение пожаров может нанести значительный ущерб оборудованию, нанести травмы, ожоги обслуживающему персоналу.

В помещении, где располагается шкаф управления, предусмотрены датчики пожарной сигнализации и средства тушения: огнетушитель углекислотный ОУ-2 — 1 штука; пенный огнетушитель ОХВП-10 — 1 штука; ящик с песком, топор, багор, лопата, ведра, расположенные на видных и наиболее доступных местах (у входа).

По периметру помещения предусмотрена сеть наружного водопровода и гидранты для забора воды, установленные в 100 метрах друг от друга. Все пожарозащитное оборудование выбрано в соответствии с требованиями для категории помещения П - П-а. Из помещения участка ведут два эвакуационных выхода, расположенные в противоположных концах магистрального проезда.

В ходе представленной работы, характеристики рабочего места, был проведен анализ, раскрывающий для каждого вредного фактора, такие понятия, как физико-химическая природа вредности, действие фактора на организм человека, приведение допустимых норм с необходимой размерностью, предлагаемые средства защиты.

Таким образом, представим анализ каждого выделенного нами вредного фактора рассматриваемого производств.

Возникновение чрезвычайной ситуации может произойти из-за внезапного прекращения подачи энергоносителей — электроэнергии, воздуха, масла на оборудование-техногенный характер ЧС, а также при поражении зданий и сооружений молнией – стихийный характер ЧС.

Как превентивные меры от воздействия опасных и вредных факторов разработаны меры и правила безопасности при эксплуатации оборудования,

соблюдение которых позволит обслуживающему персоналу избежать получения производственных травм и увечий.

### Взрывозащита

Взрывозащита – меры, которые обеспечивают безопасность оборудования для работы во взрывоопасных средах, процессов его производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации, а также утилизации. К техническим решениям относят применение оборудования (в первую очередь электрооборудования), не способного вызвать взрыв. Это достигается, например, путём использования оборудования в корпусе, выдерживающем давление взрыва в совокупности со щелями нормируемого размера между соединительными фланцами, либо заполненном средами, в которых возникновение взрыва невозможно (масла, песок), находящемся под повышенным внутренним давлением, в который не может проникнуть внешняя взрывоопасная среда.

Взрывозащищенность АВОН-1 обеспечивается выполнением общих технических требований ГОСТ Р 51330.0 к взрывозащищенному электрооборудованию и требований к специальному виду взрывозащиты по ГОСТ 22782.3 и ГОСТ Р 51330.17, достигаемых путем помещения электрических частей АВОН-1 в стальную взрывонепроницаемую оболочку, обеспечивающую степени защиты IP67, и герметизацией электрических частей с помощью электроизоляционного компаунда ЭПК-4.

На корпусе АВОН-1 нанесена маркировка взрывозащиты 1ExsdIIAT3 (проект) по ГОСТ Р 51330.0.

В АВОН-1 применен кабель КГН ТУ 16.К73.05-93 с медными жилами в резиновой оболочке, не распространяющей горение. Кабель питания защищен от прямого механического воздействия металлорукавом. На выходе из БВО кабель зафиксирован резиновыми уплотнительными кольцами.

Температура нагрева наружной поверхности корпуса АВОН-1 не превышает 125°C, регламентируемой ГОСТ Р 51330.0.

Фрикционная искробезопасность АВОН-1 обеспечена отсутствием наружных деталей оболочки из легких сплавов. Электростатическая искробезопасность АВОН-1 обеспечена отсутствием деталей оболочки из пластических материалов. АВОН-1 имеет наружное заземление.

Блок питания БП АВОН-1 должен устанавливаться за пределами взрывоопасной зоны. Автоматический выключатель БП типа АП50Б-3МТУЗ обеспечивает защиту АВОН-1 от токовых перегрузок с помощью теплового реле, встроенного в автомат.

## **6.5 Социальные гарантии для работника**

Социальные гарантии— это социально-экономические нормативы, гарантирующие населению признанный обществом уровень потребления, то есть обеспечивающие минимальный стандарт уровня жизни в соответствии с возможностями экономики.

Система социальных гарантий должна удовлетворять следующим требованиям:

- необходимый и достаточный объем;
- обеспеченность финансовыми и материальными ресурсами;
- адресность;
- учет территориальных особенностей;
- механизм доведения до получателя.

Социальные гарантии могут быть общенациональными, региональными, отраслевыми, а источниками их финансирования — федеральный бюджет, бюджетная система субъекта Российской Федерации и внебюджетные фонды. Социальные гарантии обеспечиваются гражданам страны в соответствии с Конституцией.

В отношении трудоспособного населения социальные гарантии должны обеспечивать условия трудовой и деловой активности, защиту прав и свобод наемного работника, нанимателя.



Для основной части населения наемный труд является главным источником средств существования, поэтому система социальной защиты трудоспособного населения должна обеспечивать гарантии в сфере занятости и оплаты труда. Для этого государством устанавливается минимальная оплата труда. В большинстве стран устанавливается минимальная часовая зарплата.

Социальные гарантии в отношении нетрудоспособного населения должны создавать условия для его потребления, учитывая особенности каждой группы.

Поступления из системы социальной защиты делят на три группы:

- денежные выплаты (пенсии, пособия);
- льготы, проявляющиеся в праве на снижение налогов, получение трансфертов в натуральной форме;
- социальные услуги, потребляемые бесплатно или по ценам, не имеющим экономического значения.

Социальные гарантии выполняют различные функции:

- алиментарно-компенсационную, которая обеспечивает поддержание потребления на определенном уровне;
- защитную, которая обеспечивает сохранение условий труда и проживания;
- стимулирующую, которая стимулирует получателя на рост трудовой и деловой активности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных работ по моделированию, конструированию и разработке технологических приёмов применения электромагнитного электропривода установки для обессоливания нефти можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование режимов работы установки на основе разработанной математической модели позволили произвести выбор оптимального значения резонансной частоты, обеспечивающего максимальную производительность активации.

2. Разработана математическая модель установки АВОН-1, позволяющей вводить независимые значения массы активатора, присоединённой массы, жёсткости пружинного подвеса и размеры активатора.

3. При проведении работ необходимо периодически подстраивать частоту и амплитуду питающего напряжения для обеспечения работы установки. Диапазон регулирования частоты может составлять от 25 до 80 Гц, диапазон регулирования амплитуды напряжения может составлять от 100 до 160 В. Произведен выбор преобразователя частоты и защитной аппаратуры.

4. Экономически обоснован выбор электромагнита, преобразователя частоты, активатора и защитной аппаратуры. Был проведен расчет коэффициента научно-технического уровня, который оказался довольно высоким, что указывает на высокий потенциал данного проекта. Так же было выполнено планирование проектных работ, расчет сметы затрат на проектирование, расчет капитальных вложений на реализацию и расчет расходов при эксплуатации данного электропривода.

5. Произведен анализ вредных и опасных факторов, анализ воздействия объекта на окружающую среду, а также защита в чрезвычайных ситуациях.

## Список публикаций студента

1. Фермебаев А.Р. Резонансно – колебательный электропривод установки обессоливания нефти / А.Р. Фермебаев; науч. рук. В.А. Данекер // Интеллектуальные энергосистемы: труды IV Международного молодёжного форума, 11-14 октября 2016 г., г. Томск : в 3 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2016. — Т. 2. [электронный ресурс] <http://forumenergy2016.enin.tpu.ru/>

## Список использованной литературы

1. Филимонова, Е. И. Основы технологии переработки нефти: Учебное пособие / Е. И. Филимонова. Ярославль: издательство ЯГТУ, 2010. ? 171 с.
2. Д.Н. Левченко, Н.В. Бергштейн, А.Д.Худякова, Н.М. Николаева.Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения. М., Издательство«Химия», 1967 г. – 200с.
- 3.Г.Н. Позднышев, Р.И. Мансуров, Ю.В. Сидурин Особенности подготовки тяжелых нефтей. М.: ВНИИОЭНГ, 1983. - Вып. 7. -С. 1. - (Обзорная информация.Сер.нефтепромысловое дело)
4. О.А. Ткачев, П.И. Тугунов, Сокращение потерь нефти при транспорте и хранении, Москва, “Недра”, 1988г., с. 116.
5. О.М. Голованов, А.Д. Рудой, Транспортировка высокопарафинистыхнефтей, подготовленных в виброустановках, Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, 1981г., № 11, с.2-5.
- 6.Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – 3-е изд. – М.: Энергия, 1979. – 408 с.
7. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
8. 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.
9. А.Д. Рудой, П.И. Тугунов, О времени тиксотропного восстановления высокопарафинистыхнефтей при вибровоздействии, “Нефтяной хозяйство” 1983г., № 5, с. 52-53.
10. В.А. Данекер, С. В. Рикконен, А.И. Теплов, Исследование динамики вибрирующегоконфузора в ньютоновской жидкости. Автоматизация и информационное обеспечение технологических процессов в нефтяной промышленности. Изд. Томского университета, т №2, 2002г.

11. Мячугин, А. Н. Пути и методы снижения вязкости нефти // Молодёжь и наука: Сборник материалов VII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, посвященной 50-летию первого полета человека в космос [Электронный ресурс]. — Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.
12. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция), утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г. [Электронный ресурс]. - Режим доступа . -<http://www.cfin.ru/>
13. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами: Учебное пособие. – М.: Омега-Л, 2004. – 664 с.
14. Транспортировка нефти [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.mirnefti.ru/index.php?id=16>. Дата обращения: 18.02.2015.
15. Оборудование для новых технологий нефтегазодобычи [электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.scb-sem.ru/produkcija/equipmentforoil.html>. Дата обращения: 18.11.2014
16. И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова: Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.
17. ГОСТ 12.0.003-74 (СТ СЭВ 790-77). “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация”.
18. ГОСТ 12.1.005-88 “Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны”.
19. СНиП 23-05-95\* “Строительные нормы и правила РФ. Естественное и искусственное освещение”.
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 “Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий”.
20. ГОСТ 12.1.003-83 “Шум. Общие требования безопасности”.
21. ГОСТ 12.1.012-90 “Вибрационная безопасность. Общие требования”.

22. СанПиН 2.2.4.1191-03 “Электромагнитные поля в производственных условиях”.
23. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 “Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы”.
24. Правила устройства электроустановок, ПУЭ, утвержденные Министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
25. №123-ФЗ “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” от 22.07.2008 (с изменениями и дополнениями).
26. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. – 6е изд., переработанное и доп. – М.:Энергоатомиздат, 1984. – 824 с.
27. СП 5.13130.2009 “Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования”.
28. СП 9.13130.2009 “Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации”.
29. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009, №1116 (с изменениями от 24.12.2014) “Об организации сбора, вывоза, утилизации и переработки бытовых и промышленных отходов на территории муниципального образования "Город Томск".
30. Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681 “Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств”.
31. ГОСТ 12.1.004-91, СС5Т “Пожарная безопасность. Общие требования.
32. ГОСТ Р 50571.3-94 “Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защиты от поражения электрическим током”.

## Приложение А

Раздел (IV)

### Electromagnetic drive and electrical equipment for oil desalination

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5ГМ5Б	Фермебаев Алмас Рахатулы		

Консультант кафедры ЭПЭО

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Краснов Иван Юрьевич	К.Т.Н.		

Консультант кафедры ИЯ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Баластов Алексей Владимирович			

## **1. Literature review**

### **1.1 Existing methods review and oil desalting technology**

In the main economic and country social development areas, there is envisaged to ensure further strengthening, expansion of mineral and raw materials country's base, efficiency improving and quality preparation for the explored minerals reserves development.

Completing tasks facing the geological exploration our country service is impossible without the further oil desalination technology development. Oil deep desalination provides corrosion and deposits reduction in the equipment, petroleum fractions quality and the metals content improvement. Oil entering in the atmospheric distillation column should contain no more than 0.2% water and salts no more than 5 mg / l, while in the oil extracted from the well, the water content can be from 5 to 90% and mineral salts up to 10- 15 kg/t. After oil treatment to transport preprocessing the salt content in it is reduced to 40-1800 mg/l and water up to 0,2-1,0 %. Reducing the oil salt content from 8-14 to 3 mg / l reduces the loss from corrosion and allows not only to increase oil distillation between-repair period and fuel oil distillation units from 1-2 to 3-5 years, but also to prolong the overhaul period of the recycling plants oil fractions, as well as reduce process fuels consumption, reagents and catalysts.

Water and oil are mutually insoluble, but with vigorous stirring they form an oil-water dispersion mixture - a water-in-oil emulsion, which is not separated in sedimentation tanks due to the small diameter of dispersed water particles (0.1 to 1000  $\mu\text{m}$ ). Mineral salts are dissolved in water, so when dehydrating oil, it also desalts. Destroy water-oil emulsion hydromechanical, thermochemical and electrothermochemical methods.

Oil sedimentation hydromechanical method is carried out for the formation water and oil stratification purpose, as well as for the dispersed water small particles deposition in the oil layer, is used various designs in different construction gravity sedimentation tanks. Sedimentation tanks are usually horizontal cylindrical devices with a volume of 100-150  $\text{m}^3$  with a large phase interface in which sedimentation



takes place 1-2 hours at a temperature of 120-140 °C and a pressure of up to 1.5 MPa. Simple oil uptake is ineffective, but there is an obligatory element in all other dehydration methods.

The thermochemical method uses the demulsifiers addition into the oil, which chemically destroy dispersed water minute globules shell. Small water globules are combined with each other, and the large diameter globules formed are deposited at a much higher rate. Demulsifiers (5-50 g / t oil) in the mixer are added to the oil, which at a temperature of 60-100°C is sent to a horizontal settler. Demulsifiers are extremely diverse, their composition and added amount are selected experimentally for each different deposits oil.

Oil deep (up to 0.1%) and water salts (up to 1-5 mg / l) purification is achieved only by electrothermochemical method with intensive waters small particles precipitation in a strong electric field in the fresh washing water large quantities presence (5-7%). Water under the action spherical globules (drops) of an alternating electric field are deformed, stretch, "tremble", collide and finally merge into larger globules. This is also promoted by demulsifiers, breaking water droplets shells, and an elevated temperature (120-130 ° C), which reduces oil viscosity. All these factors together increase dispersed water droplets precipitation rate, in which mineral salts are dissolved.

Oil purification from water and salts begins in the oil field (oil preparation for transport) and ends at the refinery, with three to five purification steps using different dehydration methods. The final stage is electric dehydration oil on refinery. Modern technological crude oil dehydration and desalting setting with electromagnetic vibrogearuse.

A new concept for the prospective oil development and oil and gas industry implies an increase of extracted oil products using efficiency.

Along with the development and traditional methods improvement of influence on oil and gas systems, more and more applications are being implemented on different physical nature basis: laser, magnetic, ultrasonic, radiation, etc. Modernization traditional technologies in the field of new parameters variation and

the process components or environment only slightly improves existing processes performance. Sharp increase in production efficiency and products quality can be achieved through influencing the process of non-traditional ways using. One such method is oil systems magnetic processing, which opens up new opportunities in the oil and gas processing industries.

New methods and technologies are also applied with crude oil dehydration and desalting purpose. Oil and gas production raw water in which the dissolved salt is partly in the drip and, mostly, in the emulsified state. The impact on commercial fluids was carried out by varying frequency and intensity an alternating magnetic field. As preliminary experiments show, emulsion treatment with magnetic fields shortens the time of oil and water settling 2-3 times, the use of small-size devices with this method reduces installation's metal consumption by at least 2 times. Oil desalting schedule is shown in Figure 1.1.

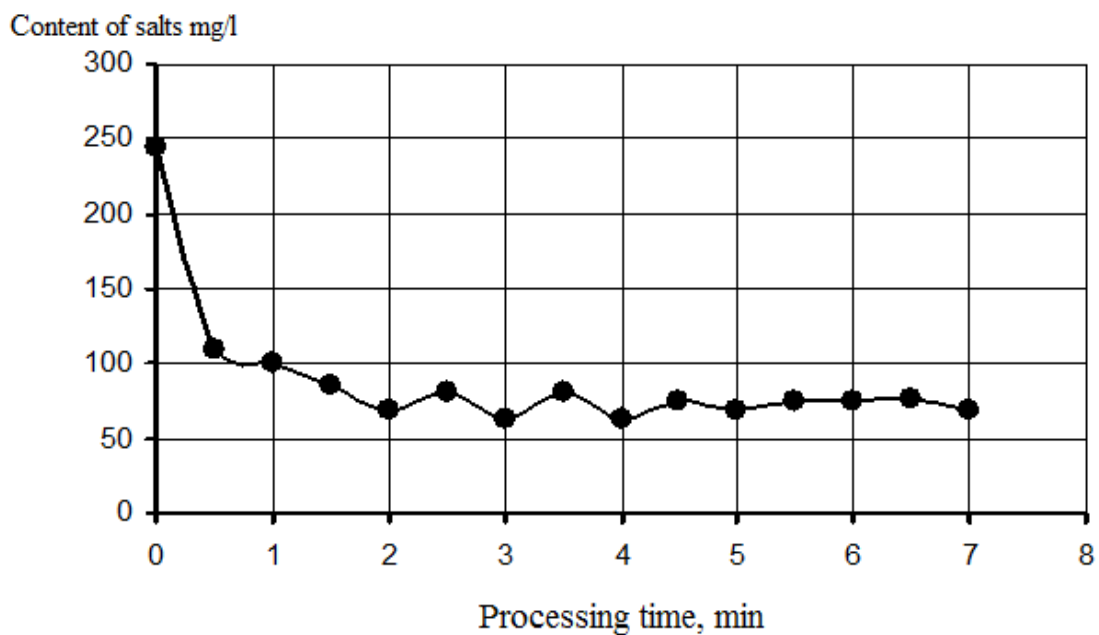


Figure 1.1 - oil desalination

Methods with a magnetic field are proposed to increase the activity of the demulsifier properties, treating the demulsifier. A weak high-frequency magnetic field is used to influence the demulsifier. The product is treated with a demulsifier. The proposed method allows several times to increase water-oil emulsions separation

rate and depth with a constant concentration of demulsifier or to achieve a decrease in the demulsifier concentration by 2-3 times without reducing dehydration rate and depth.

## **1.2 High viscosity oil**

Energy commodities extraction reduction is one of the oil industry's current state features. As a consequence, for a number of developed countries, the oil shortage and gas complicates technical and economic progress. There was a problem of alternative raw materials, capable to compensate partially traditional for the whole industries (energy, petrochemistry, transport). Such raw materials in the coming years are likely to be heavy, high-viscosity oil recovered from oil-bearing horizons and bituminous sandstones.

The physical and physico-chemical oil properties knowledge are required for oil production processes rational organization, transportation and processing be means of the most efficient schemes with the maximum use the joints.

The most important the resources for expanding the raw material base of the oil-extracting industry are deposits of high-viscosity oils (HVO). When developing HVO fields, there are difficulties in their extraction, delivery to processing sites and processing. There are difficulties in cleaning reservoirs from bottom sediments and cleaning up production equipment from asphalt-tar-paraffin deposits (ATPD).

High-viscosity oils at temperatures below the crystallization paraffin temperature have such structural and mechanical properties, according to which these oils occupy an intermediate position between liquids and solids.

The structural HVO properties are due to their high content of petroleum paraffin's, which are crystalline substances. In the formation of the structural paraffin lattice, the asphalt-tar-containing substances contained therein also participate. Until now, the researchers do not have a single view impact on the degree of particular component oil on its rheological properties.

At the present time, scientific developments have intensified with the use unconventional methods for oil activation, oil residues and bottom sediments. Any

change in the rheological and physico-chemical oil properties dispersed systems (ODS) is accompanied by a message to the energy system through thermal, mechanical, electronic, electromagnetic, acoustic, cavitations, radiation, chemical effects. The structural evolution and chemical states and the ODS stability depends on the kind or totality the impacts and the energy amount reported to the system.

Recently, a lot of ways to change the ODS rheological properties, complex physical see heavy use, such as the vibration jet magnetic activation (VJMA) method is widely used. VJMA creates a complex impact on the environment: high shear rates; acoustic field; powerful magnetic field; alternating compression effect. The use of such physical influences creates types the conditions for reaching the destruction ultimate structure molecular level paraffin crystals hydrocarbons and maintaining this level for the time required for mass-exchange processes. Vibration effects with certain energy due to the destruction of crystal structures can lead to a strong change in the structural-viscosity oil properties and even change the group and fractional composition.

By now, the dependence the rheological properties of highly paraffinic oils on the influence of vibration effects. Scientific research work in the field of polymer mechanics has shown that, by varying the external intensity mechanical influences, it is possible to control the rheological properties of structured systems in a wide range. This can be used to solve such topical pipeline transport issues, such as pumping high-paraffin oil from oil storage tanks, starting oil pipelines after long stops and reducing pipelines paraffinization.

The oscillatory system, consisting of a vibrating confuser (activator), elastic elements and a motor part, is immersed in the medium that is the impact object. The energy necessary to maintain the stable back-and-forth the activator vibrations is transferred to the system by a magnetic field. The effect is carried out at the natural oscillations the mechanical system frequency, which depends, among other things, on the mechanical properties of the medium: density, viscosity, static shear stress. The high efficiency this technology is determined by the intensive complex physical fields

effect on the medium and the resonant operation mode of the system, even with relatively low values of the impact frequency.

In the vibrojet processing course of the mechanical influence destroys supramolecular structure the environment (oil), and the powerful impulse electromagnetic field reports to oil particles kinetic and potential energy and transfers them to an excited metastable state. Oil flow's high shear rate through the magnetic flux, high specific magnetic parameters of the magnetic system allow to affect the medium with high energies. The oscillating system is tuned to a resonant frequency equal to the industrial frequency the electrical network of 50 Hz.

### **1.3 VJMA Technology**

VJMA technology is a patented physicochemical action multicomponent method on complex liquid systems used to change their rheological properties and obtain the required parameters. The electromagnetic activation vibrator EAMA-0,3 is designed to activate (stirring, diluting, dispersing) petroleum products containing paraffins, asphaltenes, etc., and other highly viscous liquids with thixotropic properties. EAMA-0.3 can be used in microclimatic regions with a temperate and cold climate.

Parameters quantitatively characterizing the processes that occur during the operation of resonance-vibrational electromechanical converter (RVEC) in a liquid medium significant volume and the scientific analysis and technical information have shown that these devices are largely promising for influencing various technological fluids in order to obtain the required performance indicators of the latter. This applies, first all, to mass-exchange processes in multicomponent liquid systems (mixing, mixing, dispersing, etc.).

Considering into account that the oil and petroleum industry is characterized by the use of a variety process fluid and multicomponent compounds, the devices development using the principles of RVEC for these industries was a logical step. The practical application main problem the identified positive effects was the

significant achievement volumetric impact, which ensures the application effectiveness in existing technologies.

Since the first half of 90 started active work on creation of industrial devices for processing various multicomponent liquid systems, in order to obtain the desired performance characteristics. The creation this device was carried out in two directions: the laboratory facilities development and the industrial devices development for serial use in the relevant technological processes.

There are the company «Geofit» and Tomsk Polytechnic University, that developed an original technology of vibro-jet magnetic liquids activation (VJMA) and devices VJMA for processing non-newtonian fluids. Active factors in the fluid are modulated vibration as factor destruction, and turbulation submerged jet, as a factor of complex destruction factor and activation increase with a predominance of the latter.

The basis for the VJMA different devices design is a single module, which represents an electromechanical device with a wide range of regulation the frequency and supply voltage magnitude. A unique combination of factors activates on one device and the high specific characteristics the achieved individual assemblies original designs of the module. The original design of the working bodies the equipment VJMA ensures the presence in the confined fluid flows environment, which, in turn, creates the conditions for repeated contact with individual portions of liquid to the activation zone. Equipment application VJMA to activate natural sapropel is accompanied by, first, dispersing the source material, and, secondly, leads to certain changes in its chemical composition.

VJMA Method technically and commercially is perspective for:

- creation of vibroactivation wells for processing the bottom-hole formation zone, including for enhanced oil recovery;
- creation of oil sludge utilization facilities;
- creation of highly profitable plants pre-treatment the oil to increase the light output;

- create devices for cleaning of pump-compressor pipes without their disassembly;
- create compact mobile units for the commercial oil preparation.

In our time, the some foundations technological processes and devices implementing these technologies have been developed, using as the main working element vibrating jet submersible (VJS), manufactured the company "Geofit".

The most developed direction for the effective use of VJMA technology is the use VJS for processing high viscosity oils to prepare them for transport by significantly reducing the viscosity. The resulting effect of reducing the viscosity oil when treated with VJMA devices is observed in a wide temperature range.

Vibro-jet magnetic activation with a certain energy as a consequence of the crystallization structures destruction can lead to a strong change in the structural-viscous oil properties [8].

From the point of the theory oscillations view, this oscillatory system consists of structural elements (anchor, elastic element) and load elements, which is a liquid medium. The load include elements: the medium attached mass, which oscillates in phase with the anchor and depends on the density the liquid; non-newtonian elasticity fluids for small values of shear velocities are added to the vibrations of the vibrator, changing the system resonance frequency. At high shear rates, the fluid structure that determines its elasticity is violated and the fluid effective viscosity is reduced.

The device is based on the resonance principle. The amplitudes and resonance frequencies depend on the density and viscosity of the medium, and therefore the frequency characteristics are significantly different. Therefore, the task of creating effective VJMA-devices consists in the active constructive elements correct choice of the vibrator: the activator mass and size, the activation zone geometry; the suspension stiffness of activator in combination provide the performance with the activator maximum amplitudes.