

Школа Инженерная Школа Энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Электромагнитный активатор высоковязких жидкостей</b>

УДК 62-83:667.5/.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Ахметов Руслан Русланович		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютеева П.В.	к.т.н.		

Код резул ь-тата	Результат обучения
Р 1	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>электротехники</i>
Р 2	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области <i>электротехники</i> .
Р 3	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>электротехники</i> .
Р 4	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р 5	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области <i>электротехники</i> с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р 6	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области <i>электротехники</i> .
Р 7	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>электрических устройств, объектов и систем</i> .
Р 8	Уметь формулировать задачи в области <i>электротехники</i> , анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р 9	Уметь проектировать <i>электротехнические системы и их компоненты</i> .
Р 10	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>электрооборудования, объектов и систем электротехники</i> , интерпретировать данные и делать выводы.
Р 11	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>электротехники</i> .
Р 12	Иметь практические знания принципов и технологий <i>электротехнической</i> отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.

Томск – 2022 г.

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

Школа Инженерная Школа Энергетики  
 Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_  
 (Подпись)     \_\_\_\_\_     Тютеева П.В.  
 (Дата)     (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
5A8K	Ахметову Руслану Руслановичу

Тема работы:

<b>Электромагнитный активатор высоковязких жидкостей</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 17.12.2021 г. № 351-39/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2022 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является стационарное устройство для приготовления красок с исходными параметрами:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частота напряжения сети - 50 Гц</li> <li>2. Диаметр активатора - 110 мм</li> <li>3. Производительность – 0,1 м.куб./час</li> </ol>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <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 и расчет параметров электромагнита;</li> <li>3. Исследование математической модели;</li> <li>4. Оптимизация резонансного режима работы виброактиватора для различных значений колебательного контура;</li> <li>5. Разработка практических рекомендаций для оптимизации работы виброактиватора.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Общий вид устройства          Чертеж активатора          Чертеж листа магнитопровода</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Основной раздел ВКР</p>	<p>Данекер Валерий Аркадьевич</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Гасанов Магеррам Али оглы</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>Введение, литературный обзор, разработка конструкции виброактиватора для приготовления красок, математическое моделирование устройства, анализ режимов работы, выбор режимов электропривода, социальная ответственность, финансовый менеджмент, заключение – русский язык</p>	

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Данекер В.А.</p>	<p>К.Т.Н.</p>		<p>25.11.2021 г.</p>

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>5А8К</p>	<p>Ахметов Руслан Русланович</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5А8К	Ахметов Руслан Русланович

<b>Школа</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	
<b>Уровень образования</b>	<b>Направление/специальность</b>	«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений»
Бакалавриат		

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Бюджет проекта – не более 275000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 150000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>30,2% отчисления на социальные нужды</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений SWOT-анализ проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: • Материальные затраты НИ • Основная заработная плата исполнителей темы • Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) • Накладные расходы</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение интегрального показателя ресурсоэффективности</i>

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

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
3. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</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>
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	Доктор экон. наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Ахметов Руслан Русланович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b> 5A8K		<b>ФИО</b> Ахметов Руслан Русланович	
<b>Школа</b>	Инженерная Школа Энергетики	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение электроэнергетики и электротехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

<b>Электромагнитный активатор высоковязких жидкостей</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения</li> </ul>	<p>Объект исследования: стационарное устройство для приготовления красок. Область применения: косметическая, производственная, ремонтная сфера. Рабочая зона: офис Размеры помещения 15 кв.м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Рабочий стол, 2 шт.</li> <li>– Стул, 1 шт.</li> <li>– Персональный компьютер, 1 шт.</li> <li>– Программное обеспечение (Mathcad, Microsoft Visio)</li> </ul> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Расчет параметров модуля ВСМА..</li> <li>– Разработка конструкции виброактиватора.</li> <li>– Математическое моделирование устройства.</li> <li>– Выбор элементов устройства.</li> </ul>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Трудовой кодекс Российской Федерации</li> <li>– ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</li> <li>– ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя</li> </ul>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Подвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов.</li> <li>– Вещества, вызывающие серьезные повреждения или раздражение глаз.</li> </ul> <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Повышенный уровень шума.</li> <li>– Недостаточная освещенность рабочих мест</li> <li>– Сенсibiliзирующие (аллергенные) вещества.</li> </ul> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Осветительные приборы.</li> <li>– Звукоизолирующие, звукопоглощающие устройства, противошумные наушники.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Очки защитные.</li> <li>– Респираторы.</li> <li>– Средства автоматического контроля и сигнализации, тормозные, предохранительные.</li> </ul>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p>Воздействие на селитебную зону: устройство находится в здании находящееся в промышленной зоне и не несет вреда селитебной зоне.</p> <p>Воздействие на литосферу: загрязнение химическими веществами и т.п.</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение отходами производства.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс большого количества твердых и летучих вредных веществ.</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p>Возможные ЧС – пожары, поражение электрическим током, аварии на электроэнергетических системах;</p> <p>Наиболее типичная ЧС – в момент рабочего процесса – пожар</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А8К	Ахметов Руслан Русланович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., рис. 18, табл. 27, 13 источников, 2 прил.

Ключевые слова: ВИБРОСТРУЙНАЯ МАГНИТНАЯ АКТИВАЦИЯ, БЛОК ВИБРООБРОБОТКИ, АКТИВАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ, ПРИГОТОВЛЕНИЕ, КРАСКИ.

Объектом исследования является стационарное устройство для приготовления красок, модуль ВСМА, а также электромагнит.

Цель работы – проектирование установки приготовления красок, реализующей технологию виброструйной магнитной активации с более высокой производительностью, чем существующие установки.

В процессе исследования проводились расчеты активатора, электромагнита, а также исследования математической модели на основе расчетных и подобранных параметров.

В результате исследования были найдены оптимальные параметры, при которых установка работает с наибольшей производительностью, а также энергоэффективностью, другими словами, в режиме резонанса.

Область применения: косметическая, производственная, ремонтная сфера.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2016 на листах белой бумаги формата А4 с помощью программных сред Mathcad, Visio, Exel.

## **Обозначения и сокращения**

**ВСМА** – виброструйная магнитная активация.

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

**БВО** – блок виброструйной обработки.

**БП** – блок питания

**ПЧ** – преобразователь частоты

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	13
1.1 Основные способы производства краски.....	17
1.2 Описание одного из методов производства краски .....	19
1.3 Технологическая схема производства краски.....	20
1.4 Технология и оборудования ВСМА.....	22
Глава 2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ.....	28
ВИБРОКТИВАТОРА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КРАСОК.....	28
2.1 Модуль виброобработки.....	28
2.2 Производительность установки приготовления состава красок.....	31
2.3 Конструирование и расчет параметров электромагнита.....	32
2.4 Расчет обмоточных данных модуля ВСМА.....	34
2.5 Конструирование пружинного подвеса модуля ВСМА.....	37
Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ .....	41
УСТРОЙСТВА .....	41
3.1 Электрическая схема замещения контуров установки .....	41
3.2 Механический контур модуля ВСМА .....	46
3.3 Система дифференциальных уравнений модуля виброобработки .....	48
3.4 Алгоритм расчета системы дифференциальных уравнений.....	48
Глава 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ.....	50
4.1 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .....	50
4.2 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .....	54
4.3 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 800 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .....	57
ВЫВОД.....	59
Глава 5. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	59
ГЛАВА 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	65
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	65
6.1.1 Анализ рынка, его сегментация, доля аналогов и спрос потенциальных потребителей результатов исследования.....	65
6.2. Анализ конкурентных решений .....	66

6.3 SWOT-анализ проекта .....	68
6.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	71
6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	71
6.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	72
6.4.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	73
6.5 Бюджет научно-технического исследования .....	77
6.5.1 Материальные затраты.....	78
6.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	78
6.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	81
6.5.4 Накладные расходы.....	81
6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	83
6.7 Определение ресурсоэффективности проекта .....	84
ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ.....	86
7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	87
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	87
7.2 Производственная безопасность.....	89
7.3 Экологическая безопасность.....	93
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	94
Вывод по разделу .....	95
Список используемой литературы .....	98
Приложение А .....	100
Приложение Б.....	101

## **ВВЕДЕНИЕ**

Краска - общее наименование для группы цветных красящих веществ, предназначенных для непосредственного использования в той или иной сфере быта. По химическому составу пигменты и изготовленные из них краски разделяются на минеральные (неорганические соли или оксиды металлов) и органические (сложные соединения, в основном растительного или животного происхождения). И те, и другие могут быть естественными (природными) и искусственными (синтетическими). Чаще всего под словом «краски» подразумевают суспензии пигментов или их смеси с наполнителями, в связующем — олифе, ПВА-эмульсии, латексах или других пленкообразующих веществах. Краски наносят непосредственно на имеющийся материал. Краски имеют две основные функции: декоративную и защитную. Они оберегают дерево от гниения, металл - от коррозии, образуют твердые защитные пленки, предохраняющие изделия от разрушающего влияния атмосферы и других воздействий и удлиняющие срок их службы, а также придают им красивый внешний вид. Изделия, покрытые краской долговечны. Для их нанесения не требуется дополнительное, сложное оборудование, и они легче обновляются. Поэтому такие покрытия широко применяются как в быту, так и во всех отраслях промышленности, на транспорте и в строительстве.

К краскам предъявляются все более жесткие требования в связи с появлением новых технологий в промышленности, строительстве и формированием современных эстетических вкусов у потребителя. Это касается в равной степени как защитных, так и декоративных свойств покрытий, которые определяются физико-химическими показателями всех компонентов лакокрасочной рецептуры и, в первую очередь, пленкообразователя и пигмента. В значительной степени изменить свойства покрытий можно химической модификацией или введением другого (как правило, более высокого по стоимости) пленкообразователя, но это дорогой и трудоемкий путь.

Защитная и декоративная функции краски известны очень давно. С момента появления краски, как они сами, так и способы их нанесения постоянно совершенствуются. За последнее время ассортимент красок резко изменился: от натуральных постепенно перешли к материалам на синтетической основе, органорастворимым, с высоким сухим остатком, порошковым и т. д.

Пигменты являются одной из составных частей красок и эмалей. Пигменты, как уже следует из их наименования, выполняют роль декоративных "кирпичиков" в структуре лакокрасочного покрытия. В этих целях используют диоксид (двуокись) титана и окись цинка (цинковые белила). От типа пигмента зависят цвет лакокрасочного покрытия, а также устойчивость к действию атмосферных факторов, химических реагентов и высоких температур. Пигменты обладают определённым цветом благодаря способности избирательно отражать лучи видимого света. Свет, попадая на поверхность краски, проходит через прозрачное для них связующее, частично отражаясь от поверхности пленки по всему диапазону спектра и создавая эффект зеркальной, блестящей поверхности (блик). Пигмент поглощает лучи избирательно: одна часть лучей, составляющих спектр дневного света, поглощается, а другая — отражается от поверхности пигмента, создавая в наших глазах определенное цветоощущение. Например, если пигмент поглощает фиолетовые, синие, зеленые, желтые лучи и отражает красные, то и поверхность воспринимается как окрашенная в красный цвет. Пигмент, отражающий почти весь падающий на него свет, кажется белым, а пигмент, поглощающий падающие на него световые лучи по всему спектру — чёрным. Основными цветами следует считать три — красный, синий и жёлтый. Смешивая их между собой, можно получить фиолетовый, оранжевый, зелёный. Наложение одной прозрачной краски на другую краску носит название «лессировка». Следует иметь в виду, что смешивая пигменты между собой, мы получим равномерно окрашивающую краску только тогда, когда показатели плотности пигментов близки. Цветные краски - хроматические; сочетания чёрного и белого — ахроматические цвета.

Справочное.

При введении в краску пигментов и наполнителей получают пигментированные краски. Роль этих веществ в композициях очень важна. С одной стороны, пигменты дают возможность получить все множество цветов и оттенков эмалей и красок. С другой стороны, многие пигменты для красок — это химически активные вещества, способные участвовать в образовании пленки, делать ее прочнее, долговечнее. Чрезвычайно важна роль пигментов и в повышении антикоррозионных свойств лакокрасочных материалов. В зависимости от назначения краски состав пигментной части изменяется как качественно, так и количественно.

На рисунке 1 приведён общий вид диссольвера для производства краски.



Рисунок 1 – Диссольвер ДИС 50.

В комплект входят:

1. Диссольвер ДИС - 50 1 шт.
2. Электронная весовая платформа 1 шт.
3. Фреза Ф180 мм. 1 шт.

4. Дежа 48 л. 1 шт.
5. Пандус 1 шт.

Краткие технические характеристики ДИС - 50 приведены в таблице 1

Таблица - 1 Параметры ДИС - 50

Параметры	Ед. изм.	Значение
Объем	м <sup>3</sup>	0,9
Производительность	кг/час	60
Потребляемая мощность	кВт	0,55
Габаритные размеры	см	90x80x125
Масса	кг	70

В настоящее время приготовление раствора красок производится перемешиванием механическими мешалками с применением различных смесителей и гидравлических диспергаторов, свойства раствора регулируются путем добавления химических реагентов. Этот процесс занимает достаточно много времени и тем самым сказывается на увеличении затрачиваемой электроэнергии. Технология ВСМА позволяет сократить время приготовления растворов, уменьшить энергозатраты и повысить качество за счёт большей диспергации частиц пигмента.

Основные исходные данные настоящей работы по проектированию устройства ВСМА, предназначенного для приготовления раствора красок, можно свести к следующему:

1. Напряжение питания, В - 220/380, 50 Гц
2. Производительность обработки, м<sup>3</sup>/час – 0,1
3. Обеспечение регулирования частоты воздействий 30 – 70 Гц
4. Модульная компоновка устройства ВСМА.
5. Частота собственных колебаний ВСМА Гц – 62

# Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

## 1.1 Основные способы производства краски

Производство краски проводится в специальных смесителях, выбор конструкции которых зависит от аппаратного оформления операции диспергирования. Так, если диспергирование ведут на валковых краскотерочных машинах, то для приготовления пасты используют смесители с z-образными или планетарными мешалками. В том случае, когда диспергирование проводят в бисерных диспергаторах, пасты готовят в быстроходных смесителях с дискозубчатыми мешалками (дисольверах). В случае же использования в качестве диспергаторов шаровых мельниц для приготовления пасты нет необходимости использовать специальный смеситель: ее готовят непосредственно в шаровой мельнице.

При приготовлении пигментных паст используют полностью количество пигментов и наполнителей, рассчитанное по рецептуре. Пленкообразующие вещества расходуются лишь частично.

После диспергирования к краске добавляют оставшееся количество пленкообразователя и специальные добавки (сиккативы, пластификаторы и т. п.). Эта операция по существу и является процессом составления краски. Затем краску стандартизируют (на производстве это называют «постановкой на тип») по вязкости и цвету добавлением растворителей и колеровочных паст.

Для того чтобы лакокрасочное покрытие имело красивый внешний вид краска не должна содержать даже единичных пигментных агрегатов, а также посторонних загрязнений (пыли, волосков, волокон и т. п.). Попадание этих веществ в покрытие приводит к снижению его защитных свойств, поэтому краска обязательно подвергается тщательной очистке на фильтрах или центрифугах.

Несмотря на то, что любой технологический процесс производства краски включает одни и те же основные операции, вести его можно различными способами.

В последнее время получил распространение еще один способ производства краски — на основе белых базовых красок. По этому способу вначале получают одноколейную белую краску (так называемую «базовую») и затем на ее основе готовят цветные с добавлением к ней колеровочных паст (концентрированных или разбавленных).

Производство красок способами однопигментных паст и белых базовых красок обеспечивают более тонкую колеровку готового продукта по сравнению со способом, в котором предусмотрено диспергирование смеси всех пигментов. При применении этих методов повышаются производительность труда и коэффициент использования оборудования, а также облегчаются автоматизация процесса и переход от выпуска краски одного цвета к другому. В наибольшей степени все эти преимущества проявляются при массовом производстве красок.

Выбор способа производства краски в каждом конкретном случае должен производиться с учетом масштабов производства, ассортимента готовой продукции и требований к ее качеству.

Теперь, когда мы знаем из чего делается краска и с помощью какого оборудования, самое время приступить к ее изготовлению. Будем делать водно-дисперсионную краску на основе акрилстироловой дисперсии для фасадов и интерьеров. Разделим краску на классы: Белая и Базовая.

Белая краска - с ней все понятно. Готова к употреблению. Чем белее, тем лучше. Ее можно колеровать пигментными пастами в светлые тона. Почему только в светлые? Потому что, при колеровке в темные тона, в краску добавляется гораздо больше пигментной пасты и это уже заметно меняет состав краски, а значит и свойства. Белизна в этом случае уже мешает. Чем выше разбеливающая способность, тем больше требуется пигмента для получения заданного цвета, тем сильнее меняется исходный состав краски в непредсказуемую сторону.

Базовая краска – не содержит белого пигмента, содержит более дешевый наполнитель. Является полуфабрикатом для изготовления цветных красок средних и темных тонов. Для светлых тонов ее не используем, поскольку при

добавлении малого количества пигмента, она не набирает нужной укрывистости, а также желтоватый оттенок мела (наполнитель) будет влиять на цвет. При средней и сильной колеровке эти факторы не проявляются. Поскольку базовая краска значительно дешевле белой, то и себестоимость цветной краски, сделанной из нее будет ниже. Базовая краска может использоваться в качестве первого слоя для выравнивания цвета подложки.

## **1.2 Описание одного из методов производства краски**

Водоэмульсионные краски представляют собой суспензии пигментов (вместе с наполнителями) в водных эмульсиях пленкообразующих веществ. Наибольшее распространение получили эмульсионные краски на основе водных дисперсий поливинилацетата и акриловых смол (краски ВА и АК), а также стирол-бутадиенового латекса.

Водоэмульсионные краски различного назначения, кроме пленкообразующего вещества, пигментов и наполнителей, содержат пластификаторы и функциональные добавки: эмульгаторы (соли синтетических жирных кислот и др.), диспергаторы пигментов и наполнителей (гексаметафосфат натрия и другие полифосфаты), загустители, тиксотропные добавки (карбоксиметилцеллюлозу, бентонит, двуокись кремния и др.), консерванты (для устойчивости к плесени и бактериальному разложению) и ингибиторы, предотвращающие коррозию металлических поверхностей.

Особенностью пленкообразования эмульсионных красок является самослипание частиц пленкообразователя после испарения воды. Хотя получаемые при этом высохшие пленки пористые и менее блестящие, чем пленки масляных и эмалевых красок, тем не менее совокупность их положительных свойств обеспечивает пригодность водоэмульсионных красок для широкого и самого разнообразного применения.

Недостатками водоэмульсионных красок являются их относительно низкая стабильность при хранении, в особенности при пониженных температурах, возможное образование плотных осадков при длительном

хранении и изменение цветового оттенка, а также запах, обусловленный наличием остатков мономера. Металлические поверхности перед покрытием нуждаются в специальной подготовке (обезжиривании и др.).

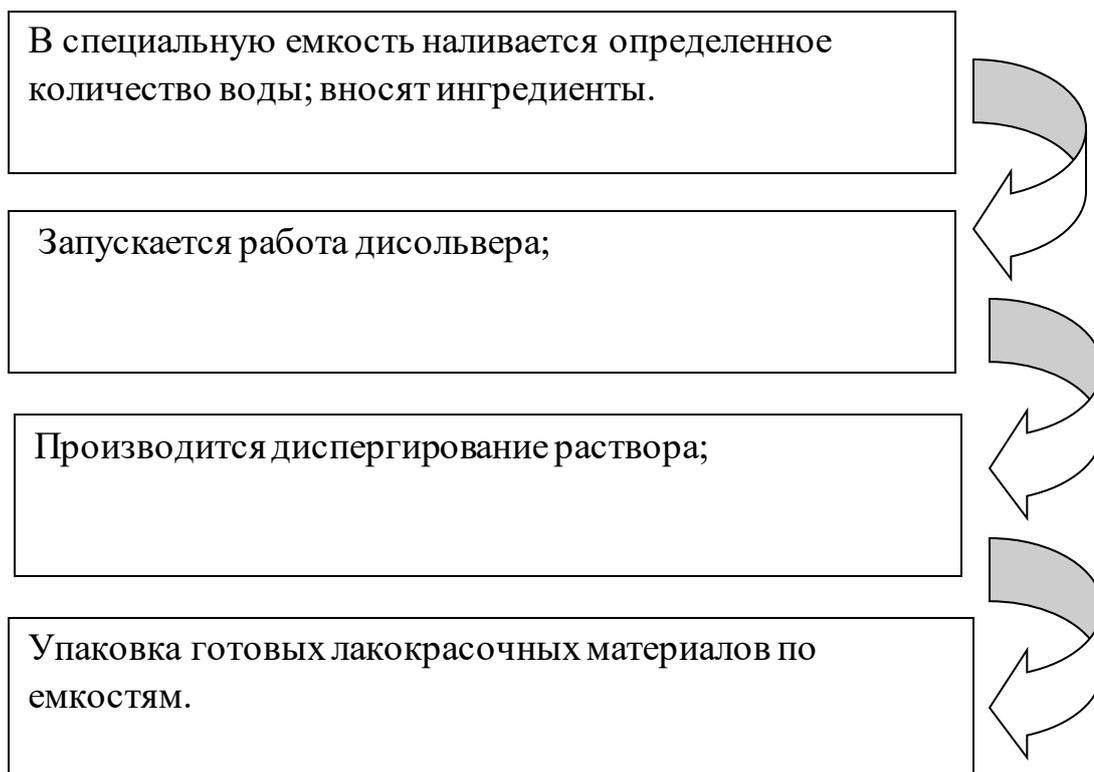
Технологический процесс производства водоэмульсионных красок включает следующие основные операции: приготовление водного полуфабриката; получение пигментной пасты на основе водного полуфабриката; диспергирование пигментной пасты; составление краски и ее стандартизация; очистка и фасовка готовой краски.

Приготовление водного полуфабриката проводят в смесителях. Используют деминерализованную (т. е. освобожденную от минеральных солей) воду. В ней растворяют эмульгаторы, стабилизаторы, структурирующие добавки, пеногасители, антиоксиданты и др. Полученный раствор используют для диспергирования пигментов и наполнителей. Для этой цели применяют, как правило, шаровые мельницы и бисерные диспергаторы.

При составлении краски пигментную пасту совмещают в смесителе при умеренном перемешивании с эмульсией полимера, добавляют пластификатор, антифриз и другие необходимые добавки. Готовую краску очищают фильтрованием через сетчатые фильтры и фасуют.

### **1.3 Технологическая схема производства краски**

Производители красок, лаков, эмалей и лакокрасочных материалов лакокрасочные заводы России при производстве своей продукции используют следующую технологию схему:



Основной, наиболее сложной и энергоемкой стадией получения красок является диспергирование пигментов в пленкообразователях и их растворах. Выбор типа оборудования для диспергирования и установление оптимального режима его работы требует знания сложных физико-химических процессов, протекающих при проведении диспергирования. Существенной особенностью машин для диспергирования пигментов и наполнителей в пленкообразователях или их растворах (диспергаторов), является жесткое или свободное движение в них рабочих тел. В первом случае скорость движения рабочих тел не зависит от вязкости диспергируемой суспензии или пасты, во втором зависит в большой мере, вплоть до прекращения их движения.

В таблице 3 перечислены диспергаторы, применяемые в настоящее время для получения различных лакокрасочных материалов (в т.ч. краски). Выбор диспергатора определяется не только видом получаемого материала, но и характером диспергируемых пигментов и наполнителей.

Таблица 4 - Диспергаторы, применяемые для получения лакокрасочных изделий (краски)

Диспергатор	Получаемые ЛКМ	Диспергируемые пигменты и наполнители
Бисерная машина, диспергатор ротационного типа	Эмали, грунтовки, воднодисперсионные краски	Синтетические пигменты и микронизированные природные пигменты и наполнители
Шаровая мельница	Эмали, грунтовки	Немикронизированные природные пигменты и наполнители, трудно-диспергируемые пигменты.
Трехвалковая (краскотерочная) машина	Шпатлевки, густотертые краски, художественные краски	Синтетические и природные пигменты.

Во всех случаях проводимый на машинах процесс называют диспергированием. К новому виду диспергаторов относится диспергатор с зигзагообразными и лабиринтными каналами и быстровращающимся ротором, характеризующийся высокой объемной производительностью.

Основными операциями технологического процесса производства краски является: смешивание пигментов (наполнителей) с раствором олигомера, т.е. приготовление пигментной пасты; диспергирование пигментной пасты; составление краски; очистка и фасовка краски.

#### **1.4 Технология и оборудования ВСМА**

Технология и оборудования виброструйной магнитной активации (ВСМА) в жидких средах положена на принципе создания резонансно-колебательных электромеханических преобразователей (РКЭМП). Основой для конструкций различных устройств ВСМА является единичный 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 модулях.

Применение технологии и оборудование ВСМА обеспечивает наличие в среде замкнутых потоков жидкости, которые, в свою очередь создают условия для многократного попадания отдельных порций жидкости, в зону активации, изменяя химические свойства высоковязких продуктов.

В последнее время всё шире находит применение такой вид комплексного физического воздействия как технология виброструйной магнитной активации (ВСМА). Применение таких видов физических воздействий создают условия для достижения предельного уровня разрушения структуры молекулярных кристаллов парафиновых углеводородов и поддержания этого уровня в течение времени, необходимого для осуществления массообменных процессов

В настоящее время приготовление раствора красок производится перемешиванием механическими мешалками с применением различных смесителей и гидравлических диспергаторов, свойства раствора регулируются путем добавления химических реагентов. Этот процесс занимает достаточно много времени и тем самым сказывается на увеличении затрачиваемой электроэнергии, раствор красок за счет химических реагентов очень экотоксичен. Технология и оборудование виброструйной магнитной активации растворов (ВСМА), разработанная в Томской политехническом университете, обладает высокими удельными параметрами активации, что позволило рекомендовать её для приготовления растворов краски с большей эффективностью, чем механические мешалки. Технология ВСМА позволяет сократить время приготовления растворов, уменьшить энергозатраты и повысить качество за счёт большей диспергации частиц пигмента.

Сравнение качества раствора красок, приготовленного в лабораторных условиях, проводилось по показателям динамического напряжения сдвига (ДНС) и размерам частиц на образцах, приготовленных на стандартной лабораторной центробежной мешалке М-1 и на Вл-1.

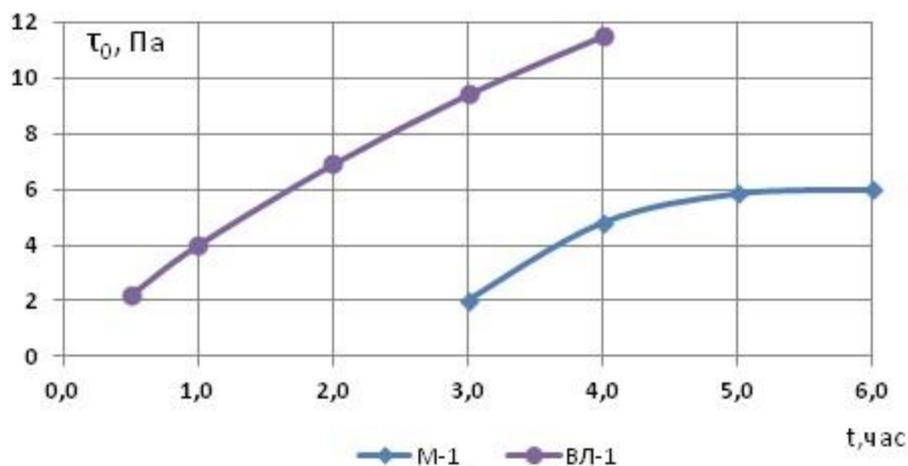


Рисунок 2 - Изменение значений ДНС

Значения ДНС, как видно из рисунка 2, для раствора красок, приготовленного на установке ВЛ-1, во всём диапазоне времени воздействий, существенно выше, чем для раствора, приготовленного на мешалке М-1. Это свидетельствует о более высоком качестве такого раствора. Так же о более высоком качестве раствора, приготовленного на установке ВЛ-1, свидетельствуют данные, приведённые на рисунках 3 и 4.

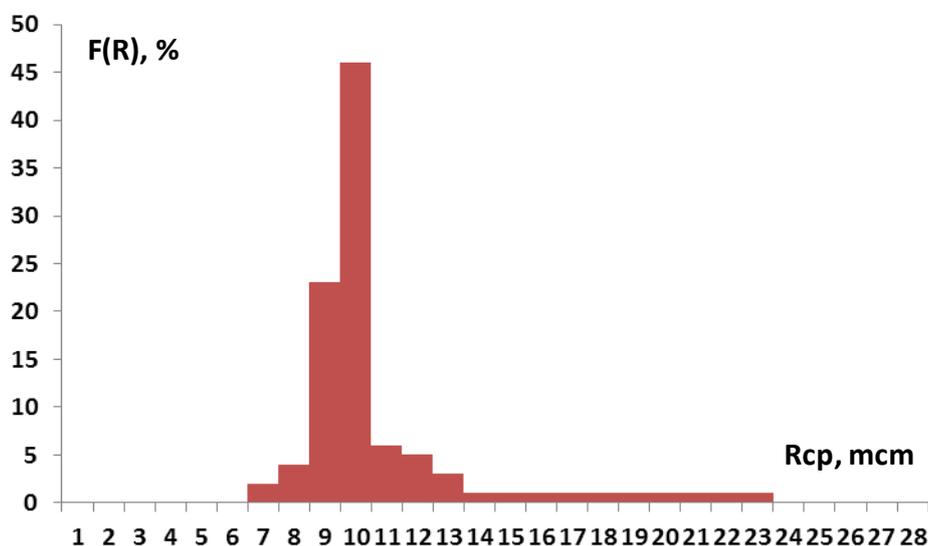


Рисунок 3 - Распределение частиц раствора красок на мешалке М-1

Как видно из представленных рисунков количество частиц с меньшими размерами для раствора красок, приготовленного на установке Вл-1, значительно больше, чем для раствора, приготовленного на мешалке М-1.

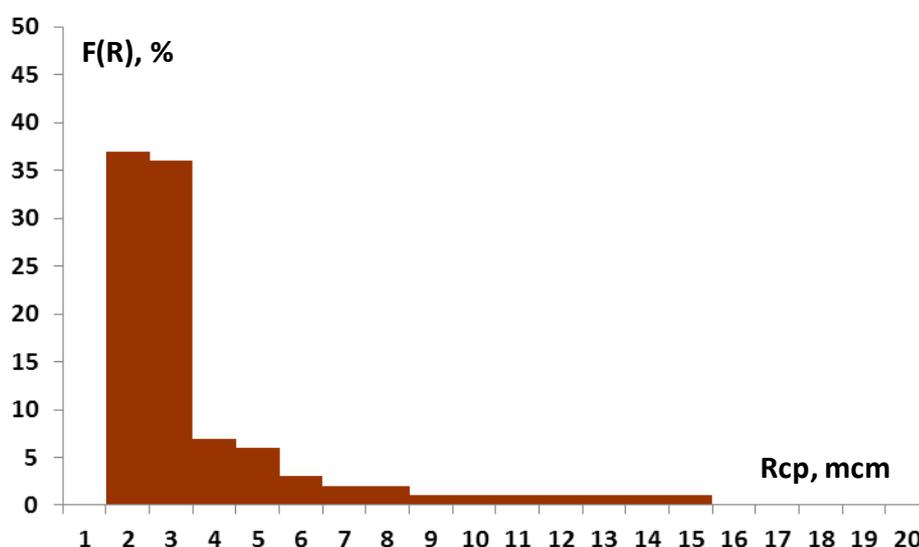


Рисунок 4 - Распределение частиц пигмента раствора красок на мешалке Вл-1

В основу технологии и оборудования ВСМА жидких сред положены принципы создания резонансно-колебательных электромеханических преобразователей (РКЭМП). РКЭМП являются устройствами, реализующими многокомпонентное физическое воздействие, позволяющее решать определенные эксплуатационные задачи, обеспечивая при этом широкое регулирование уровня воздействия при минимальных энергетических затратах. 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, для получения требуемых эксплуатационных показателей последних. Это относится, в первую очередь, к массообменным процессам в многокомпонентных жидких системах (перемешивание, смешивание, диспергация и т.п.). В качестве прототипа такого устройства может служить прибор вибратор электромагнитный активационный ВЭМА-0,3 фирмы ОАО «СКБ

Сибэлектромотор», который при минимальных энергозатратах оказывает многокомпонентное воздействие на раствор краски; значительное акустическое воздействие; мощное омагничивание; интенсивное перемешивание с высокими сдвиговыми скоростями, знакопеременное давление в зоне активации.

На рисунке 2 приведён общий вид вибратора ВЭМА-0,3.



Рисунок 2 – Вибратор ВЭМА 0,3

Главным отличием устройств ВСМА является работа в режимах близких к резонансу. Этот режим работы устройств ВСМА обеспечивает максимальные удельные показатели по производительности обработки при минимальных затратах электроэнергии. При приготовлении краски различной плотности необходимо подстраивать режим работы оборудования ВСМА к режиму работы близким к резонансу. Для этого необходимо предусматривать возможность регулирования частоты воздействий. Для электромагнитных устройств, каковым и являются устройства ВСМА, это реализуется использованием частотных преобразователей.

Таким образом, устройства ВСМА могут решить проблему малоэнергозатратного процесса приготовления качественных красок.

Целью настоящей работы является разработка устройства виброструйной магнитной обработки для высоковязких жидкостей, а именно, приготовления высококачественных красок.

Технические требования к разрабатываемому устройству можно сформулировать следующим образом:

1. Систем электропитания: промышленная сеть 220/380 В, 50 Гц;
2. Производительность должна быть не менее 0,1 м<sup>3</sup>/час;
3. Для ускорения процесса диспергации пигмента устройство должно иметь зону повышенной активации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- разработать конструкцию виброактиватора;
- разработать математическую модель виброактиватора, провести анализ режимов его работы для различных конструктивных решений;
- провести сравнение результатов расчёт математической модели и данных, полученных на опытном образце;
- разработать схему подключения виброактиватора с использованием преобразователя частоты для создания резонансного режима.
- разработать техническую и технологическую схемы применения спроектированного виброактиватора.

## **Глава 2. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ВИБРОКТИВАТОРА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КРАСОК**

### **2.1 Модуль виброобработки**

Из существующего опыта разработок оборудования ВСМА следует, что наиболее целесообразным при разработке конструкции устройства для приготовления красок является модульный подход, позволяющий оптимально решить следующие задачи: обеспечить высокую производительность при заданных габаритах. Так же решается задача высокой работоспособности и надежности.

Модуль виброобработки (МВО) является основной частью виброактиватора для приготовления красок, который осуществляет непосредственное виброструйное магнитное воздействие на компоненты.

МВО состоит из:

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

Корпус МВО 1 предназначен для размещения электромагнита 2 в объёме, изолированном от воздействия среды обработки и поэтому он должен быть герметичным. Пространство корпуса, не занятое электромагнитом, заливается компаундом, для обеспечения лучшего теплоотвода с обмоток и магнитопровода. Электромагнит 2 предназначен для создания возмущающей силы в колебательной системе. Электромагнит жёстко связан с корпусом,

поэтому в данной конструкции колебания совершает активатор 3, являющийся якорем электромагнита. Сердечник электромагнита выполнен из листов электротехнической стали 10 П-образной формы, набранных в пакет. На обоих стержнях сердечника расположены одинаковые катушки. Активатор выполнен из цельной стальной заготовки и имеет круглую форму. В теле активатора выполнено специальное трапециевидное отверстие для формирования затопленных струй. Активатор 3 закреплён на длинном плече рычага 5. Крепление подвижных элементов МВО к корпусу производится при помощи кронштейна 4. Возвращающую силу колебательной системы МВО формируют упругости 6, представляющие из себя цилиндрические пружины. Регулировочный винт 8 предназначен для регулировки начального зазора между активатором и стенкой корпуса МВО.

МВО, представляющий собой колебательный механизм, работает предпочтительно в резонансном режиме, который позволяет затрачивать минимум электроэнергии и одновременно оказывает максимальное комплексное виброструйное магнитное воздействие на состав краски, находящийся в ёмкости. Объясняется это тем, что в резонансе амплитуда колебаний активатора является максимальной. Резонансный режим обеспечивается определённым соотношением массы колеблющихся элементов и жёсткости колебательной механической системы. Для определения жёсткости пружин необходимо знать массу активатора и собственную частоту колебательной системы.

По опыту разработки и использования устройств ВСМА для большинства исполнений электромагнитного преобразователя (ЭМП) установлено, что частота собственных колебаний должна находиться в пределах, от 60 до 70 Гц. Массу активатора можно определить из его геометрических размеров, выбираемых при конструировании всей установки.

Важным моментом при настройке работы МВО является обеспечение колебаний активатора в пределах выставленного начального зазора между активатором и стенкой МВО. При недостаточной амплитуде колебаний активатора расход обрабатываемого состава краски, образующей замыкающуюся

поток, не будет соответствовать максимально возможным. При амплитуде колебаний активатора больше, чем выставленный начальный зазор, активатор будет стучать по стенке МВО, что может привести при длительной эксплуатации к её разрушению и нарушению герметичности корпуса.

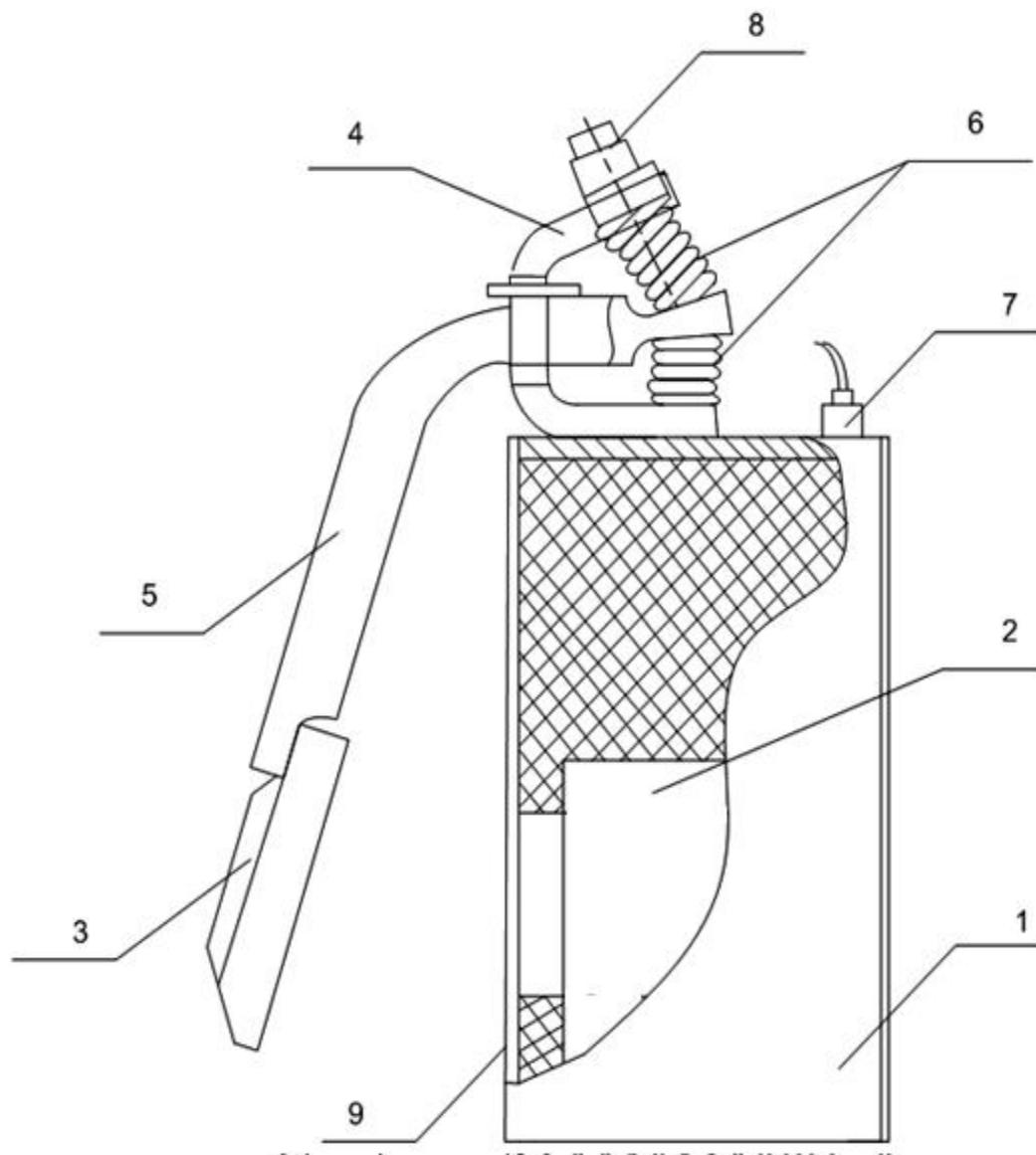


Рисунок 3 – Конструкция модуля виброобработки

При работе МВО на воздухе можно предположить, что данный режим соответствует колебаниям активатора на собственной частоте, так как механические потери в системе практически отсутствуют. В этом случае, если известны собственная частота колебаний и масса активатора, то можно расчётным путём определить жёсткость пружинного подвеса.

## 2.2 Производительность установки приготовления состава красок

Приготовление красок будем производить в технологической ёмкости объёмом 0,1 м<sup>3</sup> при заданной производительности 0,1 м<sup>3</sup>/час, что определено в техническом задании на выполнение ВКР. Исходя из рекомендаций по применению оборудования ВСМА для высоковязких жидких систем выбираем активатор круглой формы с наружным диаметром 0,11 м.

С учетом колебательного движения активатора устройства ВСМА объем ЖС, выталкиваемый из-под активатора через специальные отверстия в нем за один час, определяется выражением

$$Q = 2 \cdot S_{\text{захв}} \cdot X_0 \cdot f \cdot 3600 = 20,52 \text{ м}^3/\text{час}$$

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

$X_m$  - амплитуда колебаний активатора, м;

$f$  - частота колебаний активатора, Гц.

Амплитуда колебаний выбирается исходя из соображений, полученных опытным путем. Главная мысль полученных результатов заключается в том, что максимальная производительность достигается при максимально возможной амплитуде колебаний, что соответствует величине начального зазора (и является значением зазора), таким образом, принимаем

$$X_0 = \delta_0 = 0,006 \text{ м}$$

Площадь захвата  $S_{\text{захв}}$  рассчитывается по формуле:

$$S_{\text{захв}} = k \cdot S_{\text{осн}} = 1 \cdot \frac{\pi \cdot 0,11^2}{4} = 0,0095 \text{ м}^2$$

где:  $S_{\text{осн}}$  - площадь основания активатора, м<sup>2</sup>

$k$  - коэффициент захвата.

На предварительном этапе расчета производительности активации модуля ВСМА частоту колебаний активатора принимаем равно частоте напряжения промышленной сети - 50 Гц.

Количество попаданий одной порции ЖС в зону активации, выбираем значение  $Z$  равное 50, что предопределяется требованием получения высококачественных красок.

Минимальное расчетное значение расхода производительности активации одним активатором с учетом значения  $Z$ .

$$Q_p = \frac{Q}{Z} = \frac{20,52}{50} = 0,25 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расчётное количество единичных модулей необходимых для обеспечения производительности установки

$$K = \frac{Q_{\Sigma}}{Q_p} = \frac{0,1}{0,4104} = 0,24$$

По предварительным расчётам для обеспечения требуемой производительности достаточно одного БВО. Однако, исходя из конструктивных возможностей и для получения оптимального объёмного воздействия принимаем на данном этапе количество активаторов БВО равное трём  $K=3$ .

### **2.3 Конструирование и расчет параметров электромагнита**

Основным параметром, определяющим эффективность работы устройств ВСМА является размер активатора. При определении размеров активатора необходимо учитывать то обстоятельство, что при больших габаритах активатора соответственно будет расти и его масса. Для обеспечения резонансного режима работы устройства ВСМА при большой массе активатора потребуются обеспечивать и соответствующее большое значение жёсткости пружинного подвеса. Высокие значений жёсткости могут сказаться на увеличении габаритов узла подвеса активатора, что не всегда является приемлемым.

Так как рассматривается высоковязкие жидкие системы, то выбираем активатор диаметром равным  $D_a = 110$  мм. На рисунке 4 проиллюстрирован общий вид магнитопровода и активатора для определения размеров.

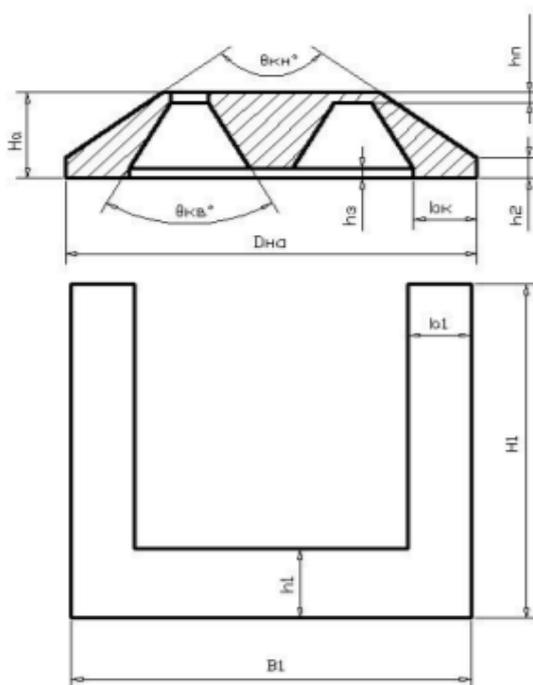


Рисунок 4 – Общий вид системы магнитопровода

Основные соотношения размеров активатора и магнитопровода, рекомендуемые для устройств ВСМА, представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Размеры электромагнита

Размер активатора, индуктора	Рекомендованные соотношения
Наружный диаметр активатора, Dна	Dна выбирается, исходя из реологических свойств ЖС
Высота активатора, Hа	$Hа=(0,19÷0,21)Dна$
Длина яра индуктора, В1	$В1=(0,95÷1,0)Dна$
Ширина полюсного наконечника индуктора, b1	$b1=(0,15÷0,2)В1$
Длина полюсного наконечника индуктора, А1	$А1=(0,3÷0,4)В1$
Ширина кольцевой части активатора bk	$bк=(1,0÷1,1)b1$
Высота стержня индуктора, H1	$H1=(1,0÷1,1)В1$
Высота яра индуктора, h1	$h1=(1,3÷1,5)b1$

Основываясь на указанных рекомендациях, произведем расчет размеров активатора и электромагнита.

Расчет осуществляется на основе ранее выбранного значения диаметра активатора

$$D_{\text{на}} = 0,11 \text{ м}$$

Высота активатора

$$H_a = 0,2 * D_{\text{на}} = 0,2 * 0,11 = 0,022 \text{ м}$$

Принимаем значение  $H_a = 0,25 \text{ м}$

Длина ярма сердечника

$$B1 = 0,95 * D_{\text{на}} = 0,95 * 0,11 = 0,105 \text{ м}$$

Ширина полюсного наконечника сердечника

$$b1 = 0,18 * B1 = 0,18 * 0,1 = 0,018 \text{ м}$$

Выбираем  $b1 = 0,02 \text{ м}$

Ширина кольцевой части основания активатора

$$b_k = 1,05 * b1 = 1,05 * 0,02 = 0,021 \text{ м}$$

Принимаем  $b_k = 0,021 \text{ м}$

Длина полюсного наконечника сердечника

$$A1 = 0,35 * B1 = 0,35 * 0,1 = 0,035 \text{ м}$$

Принимаем  $A1 = 0,04 \text{ м}$

Высота стержня сердечника

$$H1 = 1,1 * B1 = 1,1 * 0,105 = 0,115 \text{ м}$$

Высота ярма сердечника

$$h1 = 1,4 * b1 = 1,4 * 0,02 = 0,028 \text{ м}$$

Принимаем  $h1 = 0,03 \text{ м}$

## 2.4 Расчет обмоточных данных модуля ВСМА

Расчёт обмоточных данных электромагнита модуля ВСМА сводится к выбору диаметра обмоточного провода, определению числа витков в каждой из катушек, длины обмоточного провода и вычислению их активных и

индуктивных сопротивлений. Общий вид сердечника магнитопровода модуля ВСМА с обмотками приведен на рисунке 5.

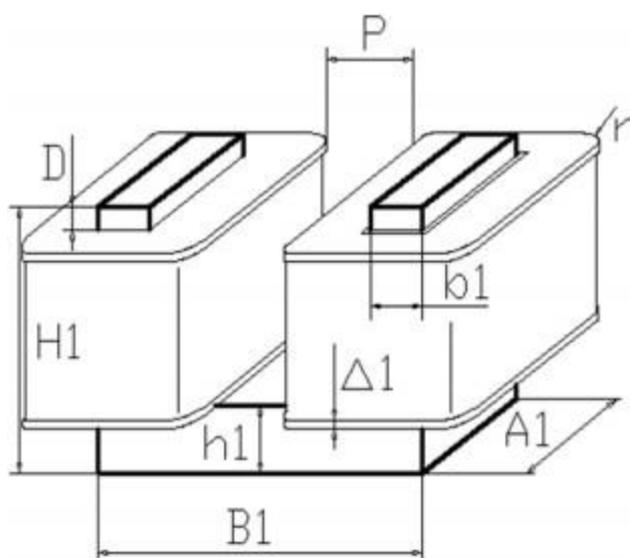


Рисунок 5 - Общий вид сердечника модуля ВСМА

При расчете обмоток следует иметь в виду, что с учетом особенностей эксплуатации устройств ВСМА допустимое значение плотности тока в обмотках должно составлять не более  $2,4 \text{ А/мм}^2$ . Используя данное значение допустимой плотности тока и на поперечное сечение обмоточного провода, всегда можно определить допустимое значение тока в обмотках устройства ВСМА. Обмотки электромагнита рекомендуется выполнять из медного обмоточного провода в эмалевой изоляции, выдерживающей нагрев не ниже  $140^\circ\text{C}$ . Намотка обмоток производится рядовым способом виток к витку в автоматизированном или ручном режимах. Обмотки электромагнита модуля ВСМА можно соединять последовательно или параллельно. Определяющим при этом является то обстоятельство, что магнитные потоки, формируемые обмотками, должны быть направлены в одну сторону и, соответственно, суммироваться.

На основании этих рекомендаций произведем расчет параметров обмоток магнитопровода.

Площадь сечения окна для размещения обмоток

$$S_{\text{окн}} = (B1 - 2b1 - 2\Delta1 - P_{\text{об}}) * (H1 - h1 - 2\Delta1 - D) = 4,977 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

Расчетное количество витков в обмотке магнитопроводе

$$K = \frac{2 * S_{\text{окн}} * k_{\text{зап}}}{S_{\text{пр}}}$$

Принимаем коэффициент заполнения окна сердечника магнитопровода обмоточным проводом  $k_{\text{зап}} = 0,55$ . Выбираем обмоточный провод марки ПЭТВ диаметром жилы  $d_{\text{пр}} = 1,5$  мм и диаметром провода в изоляции  $d_{\text{пр.и}} = 1,59$  мм.

$$K = \frac{2 * 4,977 * 10^{-3} * 0,55}{2,01 * 10^{-6}} = 689$$

Принимаем  $K = 700$

Расчетная толщина обмотки

$$Q = \frac{B1 - 2b1 - 2\Delta1 - P_{\text{об}}}{2} = 0,032 \text{ м}$$

Расчетное количество слоев обмотки:

$$N_{\text{сл.об.р}} = \frac{Q}{d_{\text{пр.и}}} = 19,81$$

Принимаем  $N_{\text{сл.об.р}} = 20$

Расчетное количество рядов обмотки

$$N_{\text{р.об.}} = \frac{K}{N_{\text{сл.об.}}} = 35$$

Средний радиус закругления обмотки

$$R_{\text{ск.р.}} = \frac{(N_{\text{сл.об.}} + 1) * d_{\text{пр.и}}}{2} = 0,0167 \text{ м}$$

Расчетная длина среднего витка обмотки

$$L_{\text{ср}} = 2(b1 + A1 + 2\Delta1) + 2 * \pi * R_{\text{ск.р.}} = 0,219 \text{ м}$$

Расчетная длина провода обмотки

$$c = L_{\text{ср}} * K = 153,4, \text{ м}$$

Принимаем  $L_{\text{ср}} = 150 \text{ м}$

## 2.5 Конструирование пружинного подвеса модуля ВСМА

Пружинный подвес активатора модуля ВСМА состоит из коромысла и пружин. Активатор закрепляется на длинном плече коромысла. Основной задачей конструирования пружинного подвеса является конструкции пружин, обладающих конструкции пружин, обладающих жесткостью, обеспечивающей работу устройства ВСМА на частоте, равной резонансной. Резонансная частота вынужденных колебаний активатора модуля ВСМА в среде ЖС находится в прямой зависимости от собственной частоты колебательной системы. Чтобы рассчитать массу активатора нужно разбить его на составляющие объемные фигуры. На рисунке 6 представлен общий вид конструкции.

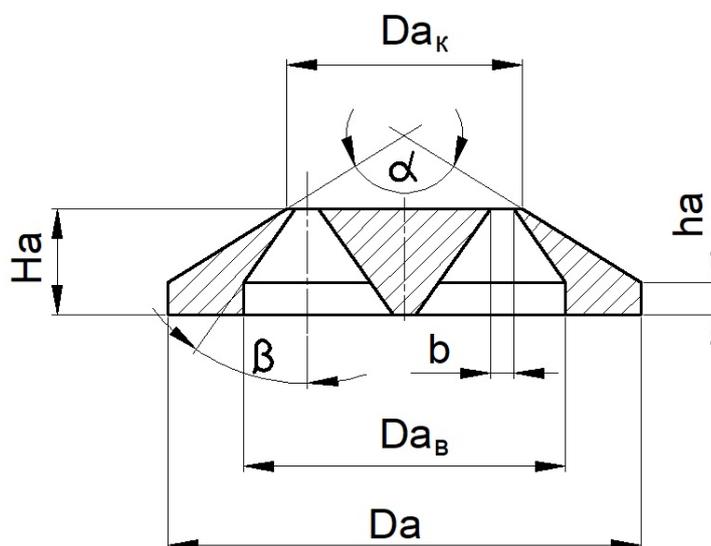


Рисунок 6 – Общий вид активатора

- 1 - цилиндр основания активатора
- 2 - усеченный конус, образованный наружной формой активатора
- 3 - усеченный конус, образованный внешней образующей полости внутри активатора
- 4 - усечённый конус, образованный внутренней образующей полости внутри активатора

Остальные размеры активатора принимаются из условий пропорциональности. Высота цилиндрической части 1 – 0,25 от толщины активатора.

Тогда объём материала активатора можно определить

$$V_{\text{общ}} = V_1 + V_2 - V_3 + V_4$$

Где:

$V_1$  - объём цилиндра основания активатора

$V_2$  - объём усечённого конуса, образованного наружной формой активатора

$V_3$  - объём усечённого конуса, образованного внешней образующей полости внутри активатора

$V_4$  - объём усечённого конуса, образованного внутренней образующей полости внутри активатора

Объём цилиндра основания активатора

$$V_1 = \frac{\pi}{4} * (D_a^2 - D_{aB}^2) * h_a = \frac{3,14}{4} * (0,11^2 - 0,075^2) * 7,7 * 10^{-3} \\ = 3,934 * 10^{-5} \text{ м}$$

Масса основания активатора

$$m_1 = 7800 * V_1 = 0,414 \text{ кг}$$

Объём образующего конус активатора

$$V_2 = \frac{\pi}{3} * (H_a - h_a) * \left[ \left( \frac{D_a}{2} \right)^2 + \left( \frac{D_a}{2} \right) * \left( \frac{D_{aB}}{2} \right) + \left( \frac{D_{aB}}{2} \right)^2 \right] = 1,194 * 10^{-4}$$

Объём внутренней полости активатора

$$V_3 = \frac{\pi}{3} * (H_a - h_a) * \left[ \left( \frac{D_{aB}}{2} \right)^2 + \frac{(D_{ak} - 0,002)}{2} * \left( \frac{D_{aB}}{2} \right) + \left( \frac{D_{ak} - 0,002}{2} \right)^2 \right] \\ = 5,678 * 10^{-5}$$

Объём внутреннего конуса активатора

$$V_4 = \frac{\pi}{3} * H_a * \left[ \frac{D_{ak} - (2 * b - 0,004)}{2} \right]^2 * 1,2 = 1,812 * 10^{-5}$$

Находим объём конусных частей активатора

$$V_{\text{общ}} = 7,969 * 10^{-5}$$

Находим массу конусных частей активатора

$$m_k = 7800 * V_{\text{общ}} = 0,812 \text{ кг}$$

Масса активатора

$$M_a = m_1 + m_k = 1,226 \text{ кг}$$

Присоединенная масса ЖС

$$M_{\text{пр}} = \frac{8}{3} \rho_{\text{жс}} \left( \frac{D_{\text{на}}}{2} \right)^3 = 0,877 \text{ кг}$$

Общая масса подвижных частей механической части

$$M = M_a + M_{\text{пр}} = 2,103 \text{ кг}$$

Расчетное значение жесткости пружинного подвеса активатора

$$q_{\text{собст}} = \omega_0^2 * M_a$$

$\omega_0$  - угловая частота (для 50 Гц)

$$\omega_0 = 314,159$$

$$\text{Тогда } q_{\text{собст}} = 314,159^2 * 1,226 = 121 * 10^3 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Расчетное значение собственной угловой частоты работы активатора модуля ВСМА при работе в жидкой среде

$$\omega_{0\text{ж}} = \sqrt{\frac{q_{\text{собст}}}{M_a + M_{\text{пр}}}} = \sqrt{\frac{121000}{2,103}} = 272,853 \text{ с}^{-1}$$

На рисунке 7, приведен общий вид активатора и основные его элементы.

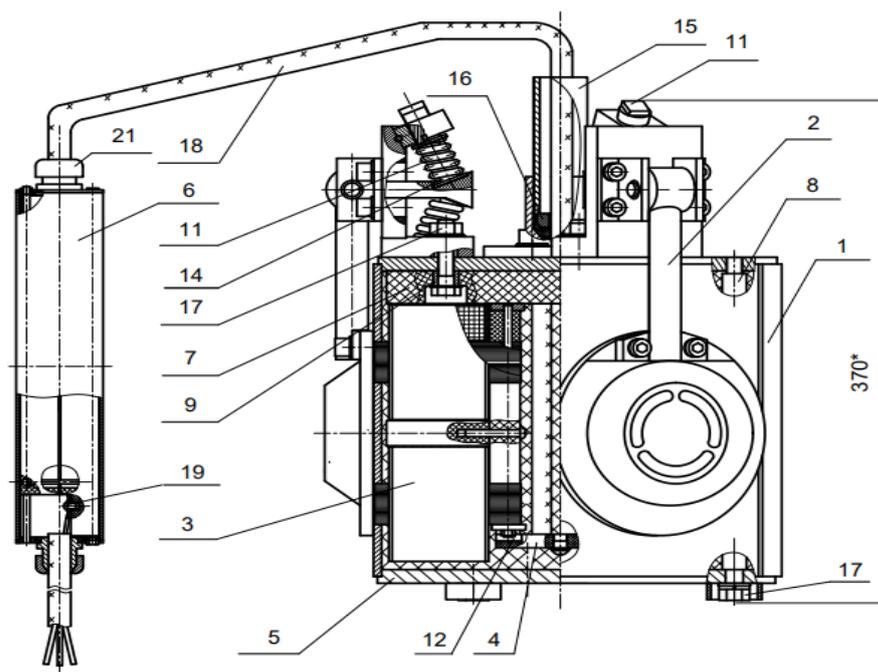


Рисунок 7 - Общий вид виброактиватора

Где:

- 1 – Корпус,
- 3 – Электромагнит,
- 4 – Клемная колодка,
- 6 – Диодный блок,
- 21 – Кабельный ввод.

## **Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА**

В общем случае устройства ВСМА представляет собой электротехнические устройства, состоящие из электрических контуров и механической части отдельных модулей ВСМА. Функционирование каждой из указанных составных частей устройств ВСМА может быть описано соответствующими уравнениями. Системный анализ уравнений, описывающих работу каждого из контуров, позволяет моделировать режимы работы устройств ВСМА и на стадии проектирования определять основные рекомендации для условий их эксплуатации.

### **3.1 Электрическая схема замещения контуров установки**

Электрическая схема модуля виброобработки (МВО) ВСМА состоит из главного и двух короткозамкнутых контуров. Главный электрический контур состоит из электромагнита, который в свою очередь состоит из индуктивности  $L_1$  и  $L_2$ , активных сопротивлений катушек  $R_1$  и  $R_2$  и диода  $VD$ . Энергия распространения колебаний в пространстве будет зависит от частоты возмущений. Чем выше частота, тем меньше радиус распространения энергии колебаний в среде. При работе на частоте 50 Гц возмущающая сила будет увеличена в 2 раза, т.е. 100 Гц. Диод  $VD$  обеспечивает частоту возмущающей силы 50 Гц при питающем напряжении с частотой 50 Гц.

Короткозамкнутый контур, создаваемый конструктивными элементами листов стенки корпуса МВО ВСМА, на схеме замещения представлен индуктивностью  $L_{кз}$  и активным сопротивлением  $R_{кз}$ .

Из-за идентичности к.з. контуров рассчитаем влияние только одного на катушки. Схема замещения представлена на рисунке 8.

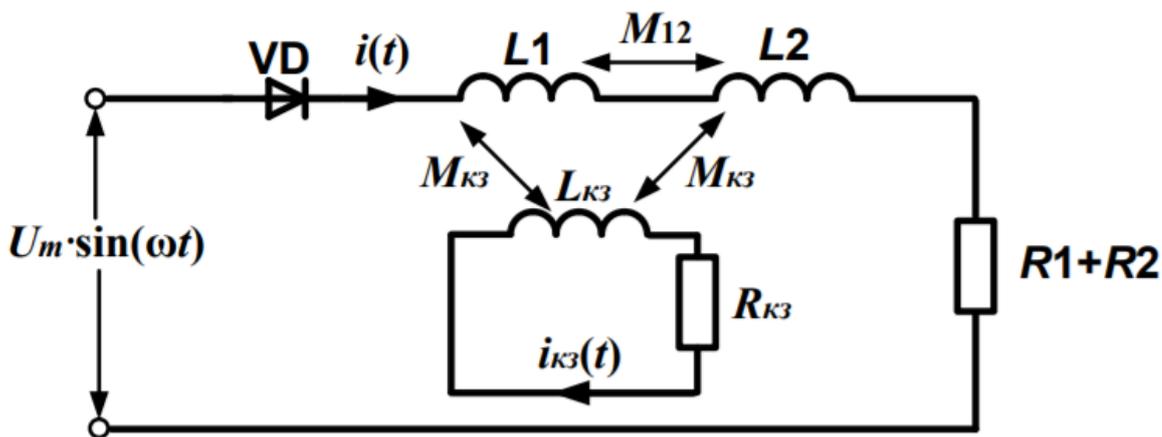


Рисунок 8 – Схема замещения

В которой входят следующие элементы:

$L_1, L_2$  – индуктивность катушек;

$R_1, R_2$  – активные сопротивления катушек;

$M_{12}$  – взаимная индуктивность между катушками;

$L_{к3}, R_{к3}$  – индуктивность и активное сопротивление короткозамкнутого контура соответственно;

$M_{к3}$  – взаимная индуктивность короткозамкнутого контура

Находим параметры электрической схемы замещения для начальных условий работы устройства.

Активное сопротивление обмотки

$$R_{об} = 4 * \rho_m * \frac{L_{пр.об.}}{\pi * d_{пр}^2} = 1,517 \text{ Ом}$$

Где  $\rho_m = 0,0175 \text{ Ом} * \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$  – удельное сопротивление меди

Активное сопротивление обмотки в горячем состоянии

$$R_{об.гор.} = R_{об} * (1 + \tau_m * \Delta T) = 1,886 \text{ Ом}$$

Где  $\Delta T = 70^\circ\text{C}$  – перепад температуры в обмотке модуля ВСМА;

$\tau_m = 0,0038\text{C}^{-1}$  – температурный коэффициент удельного сопротивления меди.

Активное сопротивление катушек

$$R_1 = R_2 = R_K = R_{об.гор.} = 1,886 \text{ Ом}$$

Активное сопротивление к.з. контура принимаем:

$$R_{кз} = \rho_{ст} * \frac{\pi}{0,1 * \tau_{кз}} * 10^{-6} = 2,363 * 10^{-5} \text{ Ом}$$

Где  $\rho_{ст} = 4,75 * 10^{-8} \text{ Ом}^{-1}$  – проводимость короткозамкнутого витка;

$\tau_{кз} = 0,001 \text{ м}$  – сечение короткозамкнутого витка.

Индуктивность обмотки:

$$L_{об} = \frac{W^2 * \mu_{ст} * \mu_0 * S_{пол}}{2,5 \left( 2 * \delta_0 * \frac{\mu_{ст}}{10} + l_m + 10 * Q \right)} = 0,07 \text{ Гн}$$

Где  $W=700$  – число витков катушки;

$l_m$  – длина средней линии магнитопровода;

$$l_m = 2(B1 - b1) + 2 \left( H1 - \frac{h1}{2} \right) + \tau_{кз} + H_a = 0,403$$

$\tau_{кз} = 0,001 \text{ м}$  – толщина стенки корпуса модуля ВСМА

$S_{пол}$  – площадь поперечного сечения сердечника;

$$S_{пол} = A1 * b1 = 6,3 * 10^{-4} \text{ м. кв}$$

$\delta_0 = 0,006$  – величина воздушного зазора;

$\mu_0 = 1,26 * 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$  – магнитная проницаемость вакуума;

$\mu_{ст} = 1500$  – относительная проницаемость стали;

Расчетное начальное значение взаимной индуктивности основных обмоток

$$M_{12} = \frac{\mu_0 * \mu_{ст} * W^2 * S_{пол}}{5 * \left( 2 * \delta_0 * \frac{\mu_{ст}}{10} + l_m + 10 * Q \right)} = 0,037 \text{ Гн}$$

Начальное значение индуктивности к.з. контура

$$L_{к.з} = 2 * \pi * D_{к.з} \left( \ln \left( \frac{8D_{к.з}}{d_{к.з}} \right) - 1,75 \right) * 10^{-7} = 1,774 * 10^{-7} \text{ Гн}$$

Где  $d_{к.з}$  – диаметр условного витка к.з. контура

$$d_{к.з} = 2 \sqrt{\frac{h_{к.з} (D_{к.з} - A1)}{\pi}} = 8,887 * 10^{-3} \text{ м}$$

Расчетное начальное значение взаимоиנדуктивности обмоток контра и

к.з.к

$$M_{K12} = \frac{\mu_0 * W * S_{\text{пол}}}{(\delta_0 + H1 - h1)} = 5,836 * 10^{-6}$$

Уравнение основного электрического контура имеет следующий вид:

$$U_m = \sin \omega t = i_k \cdot 2 \cdot R_k + \frac{d\psi_{\Sigma}}{dt}$$

$\psi_{\Sigma}$  - суммарное потокосцепление катушек L1, L2;

$i_k$  – ток протекающий в основном контуре;

$R_k$  – активное сопротивление основного контура;

$U_m$  - амплитуда питающего напряжения;

$\omega$  - угловая частота питающего напряжения

$\psi_{\Sigma}$  - суммарное потокосцепление имеет вид

$$\psi_{\Sigma} = \psi_1 + \psi_2$$

$\psi_1$  - суммарное потокосцепление катушки L1, представляющее собой сумму потокосцеплений данной катушки, определяемую собственной индуктивностью и всеми возможными взаимоиנדуктивными связями.

$\psi_2$  - суммарное потокосцепление катушки L2, представляющее собой сумму потокосцеплений данной катушки, определяемую собственной индуктивностью и всеми возможными взаимоиנדуктивными связями.

$$\psi_1 = \psi_{\text{соб.инд1}} + \psi_{\text{в.инд1}} + \psi_{\text{в.инд.К1}}$$

Где  $\psi_{\text{соб.инд1}} = i_k \cdot L_1$  – собственное потокосцепление катушки L1;

$\psi_{\text{в.инд1}} = i_k \cdot M_{12}$  – потокосцепление катушки L1 с катушкой L2;

$\psi_{\text{в.инд.К1}} = i_{\text{кз}} \cdot M_{1\text{кз1}}$  – потокосцепление с короткозамкнутым контуром.

$$\psi_1 = \psi_{\text{соб.инд2}} + \psi_{\text{в.инд2}} + \psi_{\text{в.инд.К2}}$$

Где  $\psi_{\text{соб.инд2}} = i_k \cdot L_2$  – собственное потокосцепление катушки L1;

$\psi_{\text{в.инд2}} = i_k \cdot M_{12}$  – потокосцепление катушки L1 с катушкой L2;

$\psi_{\text{в.инд.К2}} = i_{\text{кз}} \cdot M_{1\text{кз2}}$  – взаимное потокосцепление с короткозамкнутым контуром.

Отсюда

$$U_m = \sin \omega t = i_k \cdot 2 \cdot R_k + \frac{d\psi_1}{dt} + \frac{d\psi_2}{dt}$$

Где потокосцепление  $\psi_1, \psi_2$  будут равны:

$$\frac{d\psi_1}{dt} = \frac{\psi_{\text{соб.инд1}}}{dt} + \frac{\psi_{\text{в.инд1}}}{dt} + \frac{\psi_{\text{в.инд.К1}}}{dt} = \frac{i_k \cdot L_1}{dt} + \frac{i_k \cdot M_{12}}{dt} + \frac{i_k \cdot M_{1\text{кз1}}}{dt}$$

$$\frac{d\psi_2}{dt} = \frac{\psi_{\text{соб.инд2}}}{dt} + \frac{\psi_{\text{в.инд2}}}{dt} + \frac{\psi_{\text{в.инд.К2}}}{dt} = \frac{i_k \cdot L_2}{dt} + \frac{i_k \cdot M_{12}}{dt} + \frac{i_k \cdot M_{1\text{кз2}}}{dt}$$

Тогда

$$U_m = \sin \omega t = i_k \cdot R_k + i_k \left( \frac{dL_1}{dt} + \frac{dL_2}{dt} + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{M_{1\text{кз1}}}{dt} + \frac{M_{1\text{кз2}}}{dt} \right) + \frac{di_k}{dt} (L_1 + L_2 + M_{12} + M_{21} + M_{1\text{кз1}} + M_{1\text{кз2}});$$

Упростим и сгруппируем однородные члены для составления уравнения основного контура

$$\frac{di_k}{dt} = \frac{U_m + \sin(\omega t) - 2i_k \cdot R_k - i_k \left( \frac{dL_1}{dt} + \frac{dL_2}{dt} + \frac{dM_{12}}{dt} + \frac{dM_{21}}{dt} + \frac{M_{1\text{кз1}}}{dt} + \frac{M_{1\text{кз2}}}{dt} \right)}{L_1 + L_2 + M_{12}}$$

Уравнение для короткозамкнутого контура

$$0 = i_{\text{кз}} \cdot R_{\text{кз}} + \frac{d\psi_{\text{кз}}}{dt}$$

Где  $\psi_{кз}$  – потокосцепление короткозамкнутого контура, представляющий собой суммарный магнитный поток, сцепляющийся со всеми витками катушки индуктивности и взаимоиндуктивности короткозамкнутого контура.

Произведем для короткозамкнутого контура операции преобразования как для основного контура и получим окончательный вид:

$$\frac{i_{кз}}{dt} = \frac{-i_{кз} \cdot R_{кз} - i_{кз} \cdot \left( \frac{L_{кз}}{dt} + \frac{M_{кз1кз2}}{dt} + \frac{M_{1кз1}}{dt} + \frac{M_{1кз2}}{dt} \right)}{L_{кз}}$$

### 3.2 Механический контур модуля ВСМА

Схема замещения механического контура, учитывающая массу колебательной системы, жёсткость пружины представлена на рисунке 9.

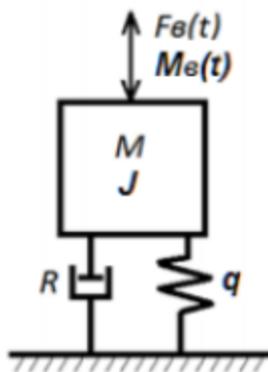


Рисунок 9 - Расчётная схема механической части модуля ВСМА

Общий вид дифференциального уравнения, описывающего колебания, для механической части модуля устройства преобразователя при линейных перемещениях активатора:

$$M \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + R_{мех} \frac{dx(t)}{dt} + qx(t) = F_в(t).$$

- где:  $M$  – общая масса всех подвижных частей колебательной системы;  
 $R_{мех}$  – коэффициент механических потерь на вязкое трение;  
 $q$  – жёсткость пружинного подвеса;  
 $F_в(t)$  – возмущающая сила;  
 $x$  – смещение активатора.

Значение коэффициента потерь на вязкое трение при колебательном движении активатора на стадии проектирования устройства ВСМА можно определить по выражению

$$R_{\text{мех}} = \sqrt{2 \cdot M^2 \cdot (\omega_{0\text{ж}}^2 - \omega_{\text{рж}}^2)} = \sqrt{2 \cdot 2,103^2 \cdot (272,853^2 - 218,283^2)} = 486,891 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$\text{Где } \omega_{\text{рж}} = 0,8 \cdot \omega_{0\text{ж}} = 0,8 \cdot 272,853 = 218,283$$

где:  $\Delta\omega$  - разность между резонансной и собственной угловыми частотами колебаний активатора в жидкости.

Общий вид дифференциального уравнения, описывающий колебания механической части модуля ВСМА.

$$\frac{dy}{dt} = \frac{F_e(t)}{m} - \frac{R_{\text{мех}}}{m} y - \frac{q_{\text{собств}} x}{m},$$

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

Таблица 6 – Постоянные коэффициенты системы дифференциальных уравнений

Параметр	Обозначение	Значение
Активное сопротивление обмоток электромагнита, Ом	R	2,246
Активное сопротивление к.з.к, Ом	R <sub>кз</sub>	2,363·10 <sup>-5</sup>
Расчетное значение жесткости пружинного подвеса активатора Н/м	q <sub>собств</sub>	121 * 10 <sup>3</sup>
Масса подвижных элементов модуля ВСМА, кг	M	2,103
Коэффициент механических потерь, Н·с/м	R <sub>мех</sub>	486,891

### 3.3 Система дифференциальных уравнений модуля виброобработки

Полная система после преобразований и упрощений состоит из уравнений электрических контуров и механического контура и представлена выражением:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{di}{dt} = \frac{U_m \cdot \sin(\omega t) - 2i \cdot \left( R + \frac{dL}{dx} \cdot y + \frac{dM_{12}}{dx} \cdot y - 2 \cdot \frac{M_{1(2)к3}}{L_{к3}} \cdot \frac{dM_{1(2)к3}}{dx} \cdot y \right) - 2i_k \cdot \left( \frac{dM_{1(2)к3}}{dx} \cdot y - \frac{M_{1(2)к3}}{L_{к3}} \cdot \left( R_{к3} + \frac{dL_{к3}}{dx} \cdot y \right) \right)}{2(L + M_{12} - 2 \cdot \frac{M_{1(2)к3}^2}{L_{к3}})} \\ \frac{di_{к3}}{dt} = \frac{2i \cdot \left( \frac{M_{1(2)к3}}{L + M_{12}} \cdot \left( R + \frac{dL}{dx} \cdot y + \frac{dM_{12}}{dx} \cdot y \right) - \frac{dM_{1(2)к3}}{dx} \cdot y \right) + i_k \cdot \left( \frac{2M_{1(2)к3}}{L + M_{12}} \cdot \frac{dM_{1(2)к3}}{dx} \cdot y - \left( R_{к3} + \frac{dL_{к3}}{dx} \cdot y \right) \right) - \frac{M_{1(2)к3} \cdot U_m \cdot \sin(\omega t)}{L + M_{12}}}{L_{к3} + M_{1(2)к3} - 2 \cdot \frac{M_{1(2)к3}^2}{L + M_{12}}} \\ \frac{dy}{dt} = \frac{F_B(t) - R_{мех} \cdot y - q_l \cdot x}{M} \\ \frac{dx}{dt} = y \end{array} \right.$$

### 3.4 Алгоритм расчета системы дифференциальных уравнений

Система уравнений, состоящая из основного контура, короткозамкнутого контура, уравнения механического контура и скорости амплитуды, не может быть решена аналитическими методами, поэтому для расчёта режимов работы виброактиватора выше приведенные системы уравнений рассчитаем численными методами Рунге-Кутты четвертого порядка, составим алгоритм расчета системы. Метод Рунге-Кутты обладает большой точностью. Метод Эйлера, или метод касательных, не столь точен. Этот метод очень удобен для практических вычислений.

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

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

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

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

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

Расчеты производятся вычислением указанных коэффициентов при их дискретном приращении во времени. Матрица для алгоритма расчета выглядит следующим образом

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

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

## Глава 4. АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Основными задачами анализа режимов работы модуля ВСМА являются:

- определение токов в основном контуре модуля ВСМА при максимальной производительности активации;
- определение величины и частоты питающего напряжения модуля ВСМА при максимальной производительности активации;

### 4.1 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$

Произведем расчеты по математической модели при диапазоне значений частоты питающего напряжения  $f=30-60$  Гц, с шагом 5 Гц, и значениях механического сопротивления  $R_{\text{мех}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ , и занесем полученные значения в таблицы.

Подобрав значение коэффициента  $P = 2,2$ , рассчитаем значения основных параметров работы устройства для нахождения резонанса.

Расчет начнем производить при постоянном воздушном зазоре  $\delta_0 = 6 \text{ мм}$ , а также с относительной магнитной проницаемостью стали  $\mu = 1500$ .

В таблице 7 представлены полученные значения при механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .

Таблица 7 – Результаты полученных данных

f, Гц	30	35	40	45	50	55	60	65	70
I <sub>d</sub> , А	2,6	2,8	3,3	3,8	4,1	4,2	4,2	4,1	4,1
x, мм	3,93	3,95	3,98	3,99	3,7	3,6	3,3	3,1	2,8
Q <sub>акт</sub> , м <sup>3</sup> /час	0,16	0,19	0,22	0,24	0,26	0,27	0,27	0,25	0,21
U <sub>d</sub> , В	140,01	163,3 4	186,6 8	210,0 1	233,3 5	256,6 8	280,0 1	303,3 5	326,6 9

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

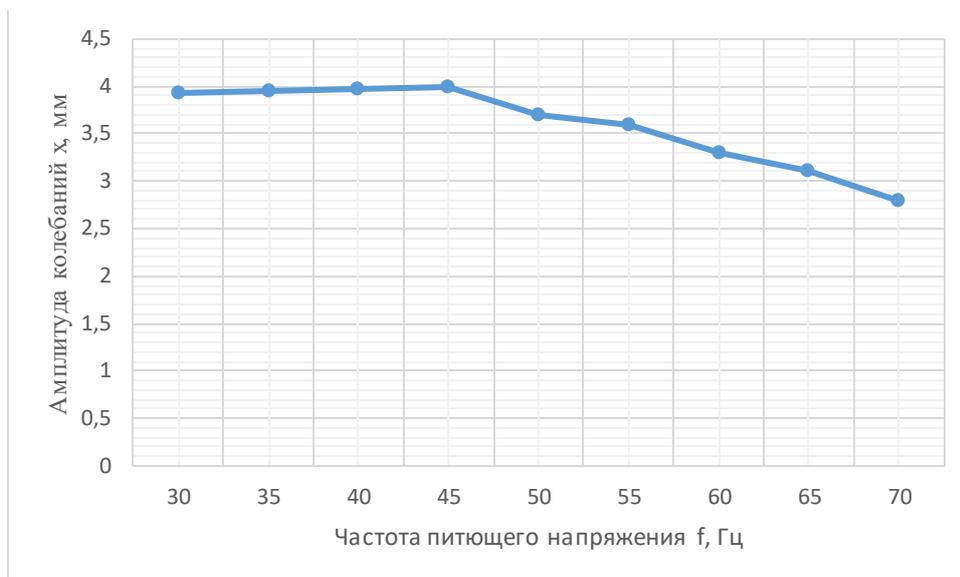


Рисунок 10 – Амплитудно-частотная характеристика

Как видно из рисунка 10 и данных таблицы 6 при подобранных значениях  $\delta_0$ , а также коэффициента пропорциональности напряжения, резонанс проявляется на частотах 40-45 Гц, следовательно, в дальнейшем при эксплуатации установки появляется необходимость контролировать частоту питающего напряжения в указанном диапазоне.

Однако, как видим из графика на рисунке 11, приведенным далее, при частоте 45 Гц видно, что амплитуда колебаний активатора превышает величину начального зазора  $\delta_0$ , это не есть хорошо, так как при таких режимах работы активатор будет ударяться о стенку корпуса, продолжительная работа при таких условиях приведет к разрушению устройства.

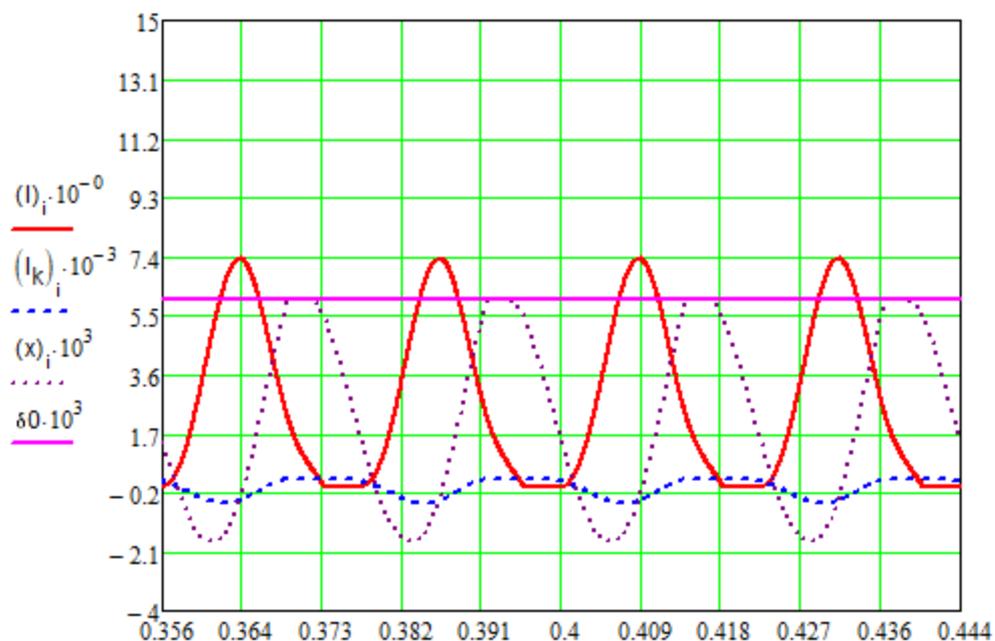


Рисунок 11 - Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при  $f = 45$  Гц

Для того чтобы это исправить, изменяем (увеличиваем) величину начального воздушного зазора до тех пор, пока график изменения смещения активатора не будет касаться линии зазора.

Результаты измерений заносим в таблицу 8.

$f$ , Гц	30	35	40	45	50	55	60	65	70
$I_d$ , А	3,1	3,3	3,7	4,1	4,2	4,1	4,2	4,2	4,2
$x$ , мм	4,03	4,31	4,36	4,02	3,39	2,8	2,79	2,47	2,28
$Q_{\text{акт}}$ , м <sup>3</sup> /час	0,11	0,17	0,21	0,17	0,10	0,06	0,07	0,06	0,05
$U_d$ , В	130,46	152,2 1	173,9 5	195,6 9	212,1 32	221,6 8	254,5 6	275,7 7	296,9 8

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

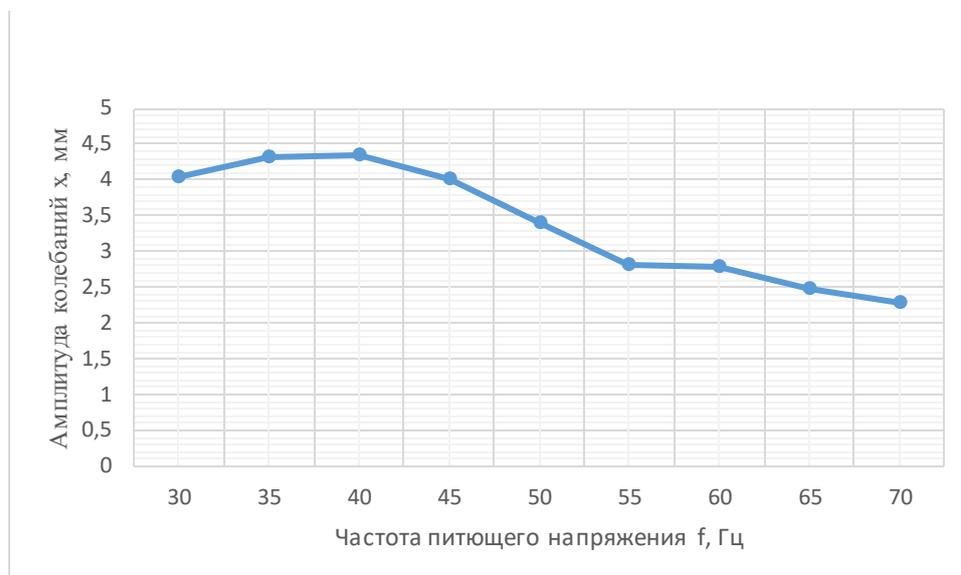


Рисунок 12 – поиск резонанса при изменении начального зазора и коэффициента пропорциональности напряжения

Как видно из рисунка 12, резонанс наступает при значении частоты питающего напряжения 40 Гц.

При подборе воздушного зазора, были так же исследованы графики при частотах, близких к значению 40 Гц для того, чтобы можно было точно определить, не касается ли активатор корпуса при промежуточных значениях 38, 39, 41, 42 Гц.

Исследование этих графиков необходимо не только для уточненного поиска резонансной частоты, а также для того, чтобы убедиться, что активатор в процессе работы не будет ударяться о корпус при изменении частоты в тот момент, когда наше значение регулирования проходит через неисследованное промежуточное значение.

Таблица 9 – уточненный расчет частоты резонанса

f, Гц	38	39	40	41	42
$U_d$ , В	161,22	165,46	173,95	178,29	182,64
$I_d$ , А	3,51	3,59	3,73	3,83	3,92
x, мм	4,170	4,168	4,360	4,323	4,269
$Q_{акт}$ , м <sup>3</sup> /час	0,162	0,166	0,203	0,202	0,197

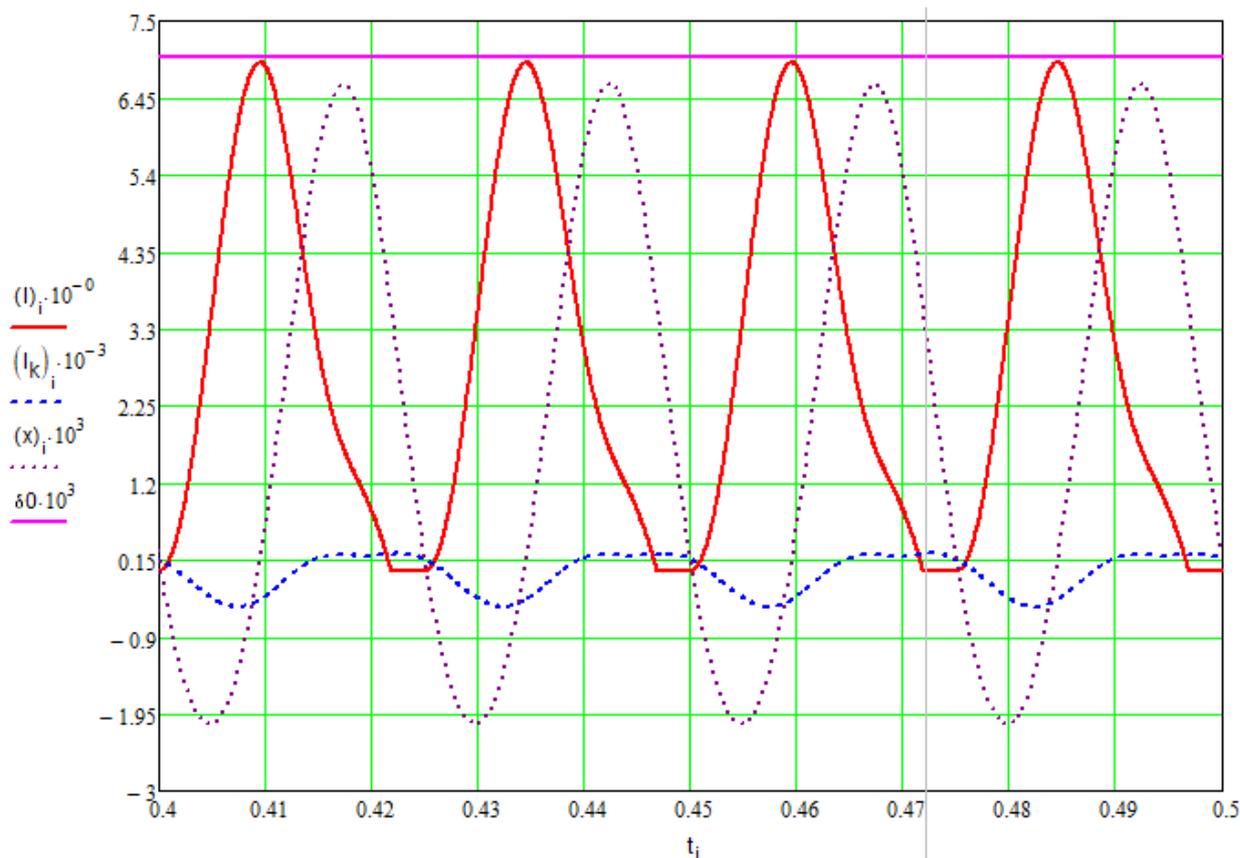


Рисунок 13 – Временные графики уточненной частоты резонанса при  $f = 40\text{Гц}$

Исходя из таблицы 9 и графика на рисунке 13 можем сделать вывод о том, что частота 40 Гц является резонансной, и при таких параметрах установки, ее производительность будет наибольшей.

При заданном механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 300 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$  производительность установки, состоящей из 3 таких модулей, работающих в режиме резонанса, будет равняться:  $Q_N = Q_{\text{акт}} \cdot 3 = 0,203 \cdot 3 = 0,609 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}$ .

#### 4.2 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$

Аналогично произведем расчет при значениях механического сопротивления  $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$

В таблице 10 представлены полученные значения при механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .

Таблица 10 – Результаты полученных данных

$f$ , Гц	30	35	40	45	50
$I_d$ , А	3,5	3,8	4,1	4,1	4
$x$ , мм	3,78	3,91	3,72	2,91	2,21
$Q_{\text{акт}}$ , м <sup>3</sup> /час	0,16	0,18	0,18	0,08	0,03
$U_d$ , В	152,74	178,1 9	203,6 5	210,0 1	212,1 32

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

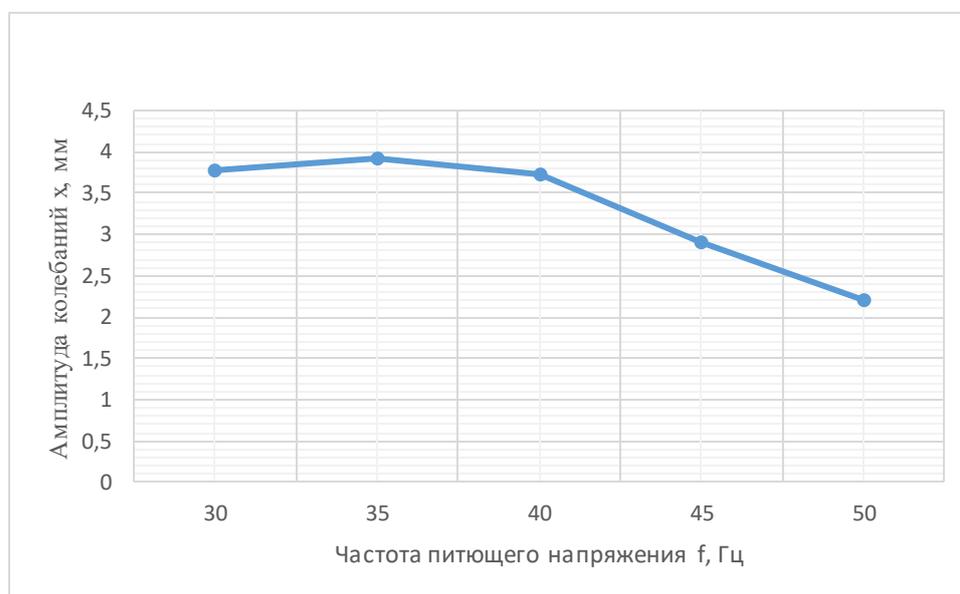


Рисунок 14 – Амплитудно–частотная характеристика

Как видно из рисунка 14 при значении  $R_{\text{мех}} = 500$  Н·с/м резонанс наступает на частоте питающего напряжения 35 Гц.

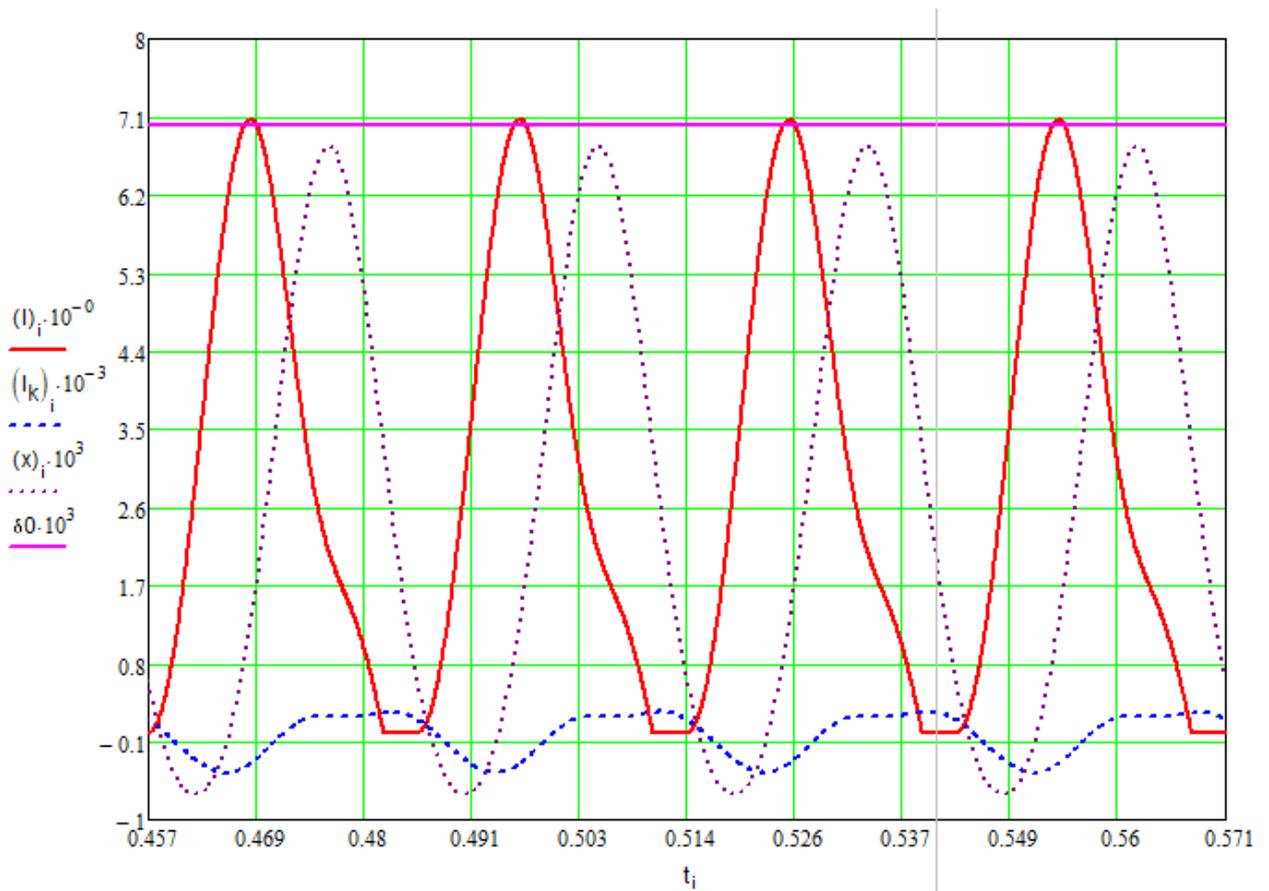


Рисунок 15– Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при  $f = 35$ .

На рисунке 15 видно, что амплитуда колебаний не превышает воздушный зазор и работает в нормальном режиме при механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .

При работе в резонансном режиме на частоте 35 Гц, при заданном механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 500 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ , производительность установки, состоящей из 3 таких модулей, будет равняться:

$$Q_N = Q_{\text{акт}} \cdot 3 = 0,18 \cdot 3 = 0,54 \frac{\text{м}^3}{\text{час}}.$$

### 4.3 Анализ режимов работы при $R_{\text{мех}} = 800 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$

Произведем расчет при значениях механического сопротивления  $R_{\text{мех}} = 800 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .

В таблице 11 представлены полученные значения при механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 800 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$ .

Таблица 11 – Результаты полученных данных

f, Гц	30	35	40	45	50
$I_d$ , А	3,9	4,1	4,1	4,2	4,2
x, мм	3,27	3,42	2,92	2,47	2,27
$Q_{\text{акт}}$ , м <sup>3</sup> /час	0,1	0,15	0,08	0,04	0,03
$U_d$ , В	162,3	196,7 5	212,1 3	224,3 3	243,9 5

На основе рассчитанных данных построим график зависимости амплитуды колебаний активатора от частоты.

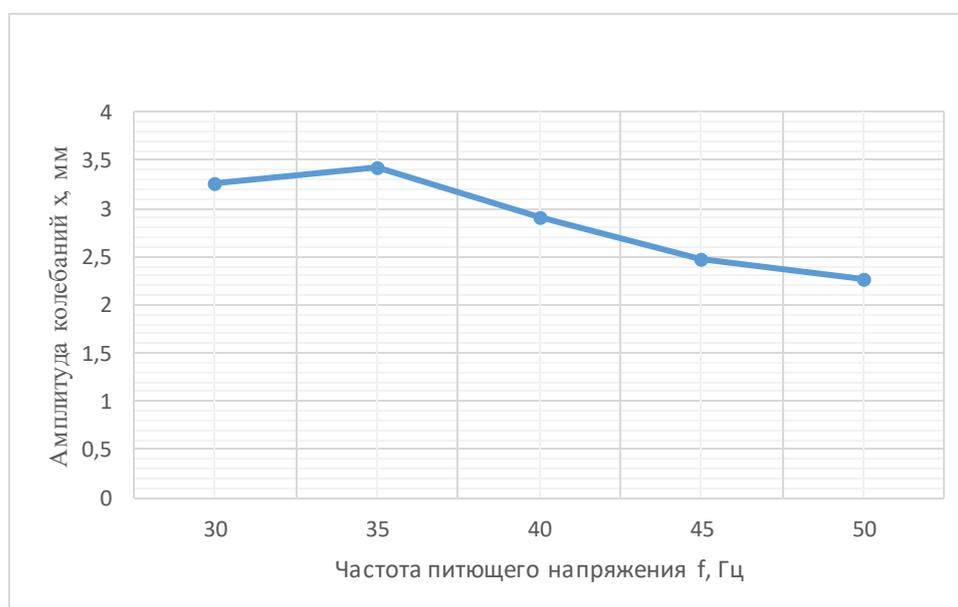


Рисунок 16 – Амплитудно–частотная характеристика

Как видно из рисунка 16 при значении  $R_{\text{мех}} = 800 \text{ Н}\cdot\text{с}/\text{м}$  резонанс наступает на частоте питающего напряжения 35 Гц.

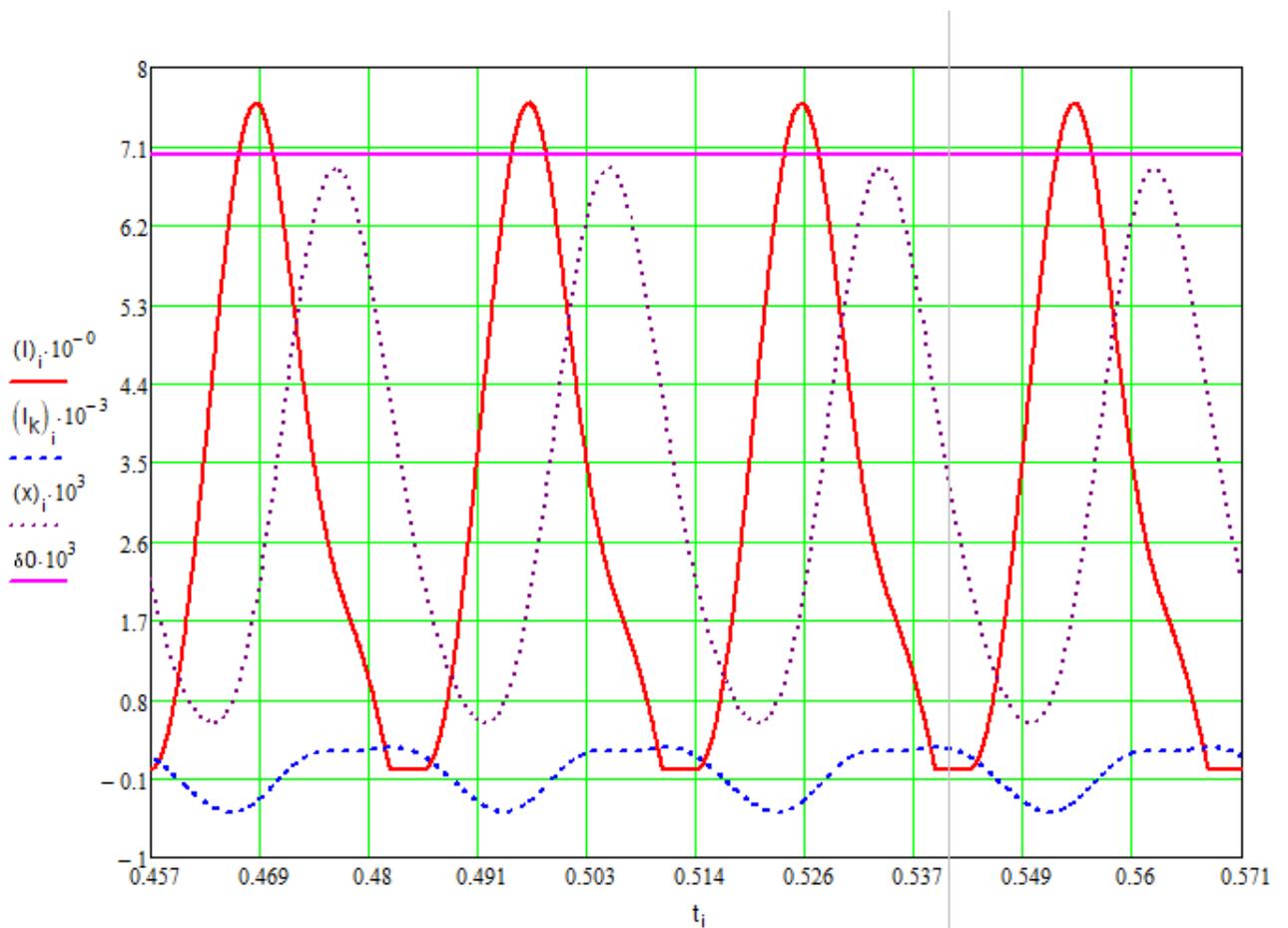


Рисунок 17 – Графики изменения токов и смещения активатора в установившемся режиме при  $f = 35$  Гц.

На рисунке 17 видно, что амплитуда колебаний не превышает воздушный зазор и работает в нормальном режиме при механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 800$  Н·с/м.

При работе в резонансном режиме на частоте 38 Гц, при заданном механическом сопротивлении  $R_{\text{мех}} = 800$  Н·с/м, производительность установки, состоящей из 3 таких модулей, будет равняться:

$$Q_N = Q_{\text{акт}} \cdot 3 = 0,15 \cdot 3 = 0,45 \frac{\text{м}^3}{\text{час}} .$$

## ВЫВОД

Как видно из проведенного анализа, амплитуда и ускорение колебаний активатора будут больше при низких значениях механического сопротивления. Во всех случаях амплитуда колебаний активатора находится в допустимых пределах выставленного начального зазора. Изменения тока в основном контуре практически не значительны, а его величина не превышает значение допустимого.

Производительность установки со средним значением вязкости будет выше, чем при более вязкой. Следовательно, работа устройства будет более эффективна при механическом сопротивлении равном 300 Н·с/м.

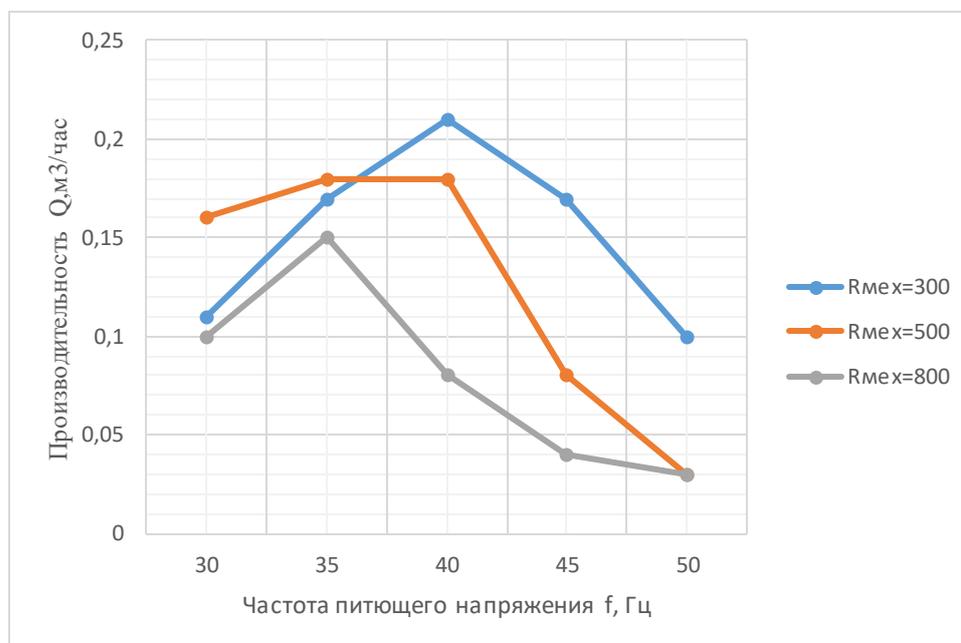


Рисунок 19 – Производительность активации модуля ВСМА от частоты питающего напряжения

Таким образом, для обеспечения максимальной производительности активации установки нефти необходимо ориентироваться на следующие параметры: резонансная частота в диапазоне 35-45 Гц; напряжения питания 200 В; начальный зазор 0,007 м. При этом величина тока, протекающего по обмоткам одного БВО, не превышает значение 4,25 А. Учитывая наличие трех БВО, общий ток виброактиватора будет равен 12,3 А.

## Глава 5. ВЫБОР ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

По полученным в результате анализа режимов работы устройства ВСМА параметрам, подберем необходимые комплектующие элементы схемы электропитания: кабели питания, выключатель, частотный преобразователь и диод.

На рисунке ниже приведена общая функциональная схема подключения устройства ВСМА. Устройство ВСМА подключается к трехфазной сети переменного тока с рабочей нейтралью.

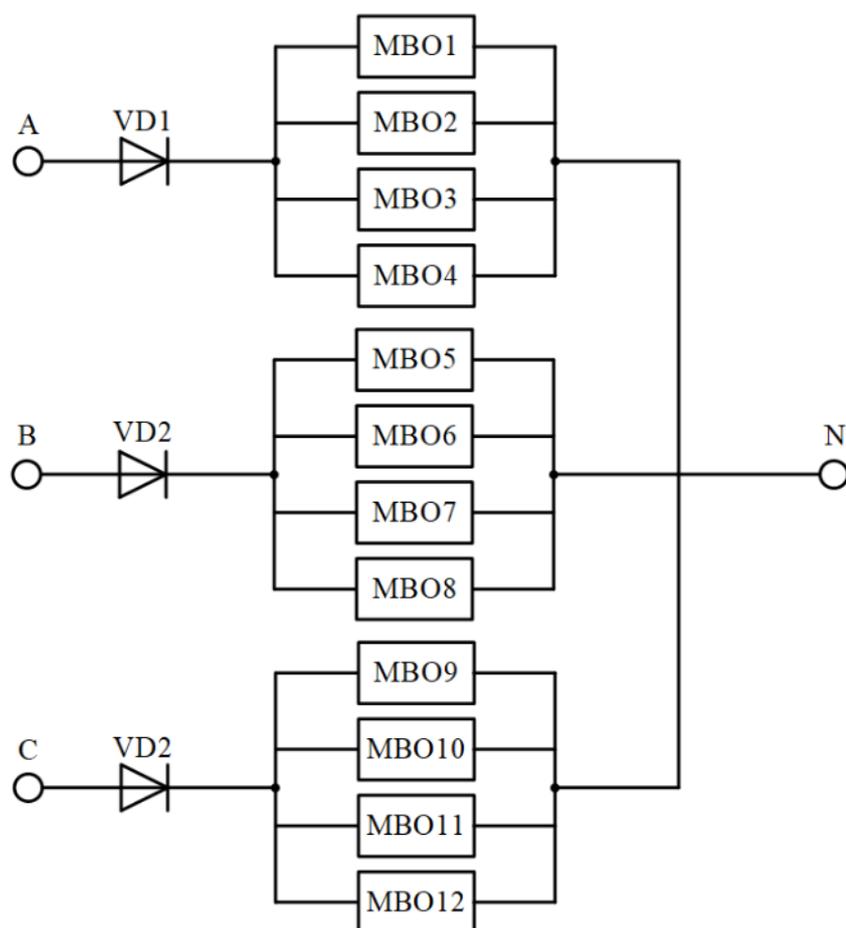


Рисунок 19 – Электрическая схема подключения модулей ВСМА

Автоматический выключатель АВ предназначен для выключения устройства ВСМА. АВ выбирается по условиям его работы на напряжение промышленной сети и рабочий ток в фазе не менее 12,3 А.

В качестве защиты цепи выберем Автоматический выключатель Schneider Electric Resi9 1P (C) для защиты электрической схемы от токов короткого замыкания.

Номинальный ток – 25 А;

Номинальное напряжение с частотой 50 Гц – 440 В;

Номинальная отключающая способность – 6 000 А;

Электрическая износостойкость, циклов В-О, не менее 6 000;

Механическая износостойкость, циклов В-О, не менее 20 000;

Диапазон рабочих температур – °С -25...+60.

Преобразователь частоты ПЧ предназначен для регулирования частоты и амплитуды питающего напряжения. При выборе ПЧ учитываем значения:

- диапазон выходного напряжения  $U_{\phi} = 160...280$  В;

- диапазон частоты напряжения  $f = 35...45$  Гц;

- значение рабочего тока в фазе  $I_{\phi}$  не менее 12,3 А.

Исходя из полученных параметров, частотный преобразователь марки INNOVERT ISD372M21E подойдет больше всего. Данный преобразователь позволяет экономично, а также равномерно регулировать производительность путем изменения частоты питания. На рисунке 20 приведен внешний вид преобразователя.



Рисунок 20 – Внешний вид преобразователя частоты

Характеристики преобразователя:

- Номинальная выходная мощность ПЧ 3,7 кВт;
- Номинальный ток преобразователя 16,5 А;
- Номинальное напряжение на входе, В 220 (+10%-15%);
- Диапазон регулирования напряжения – от 0 В до напряжения питания;
- Частота питающей сети 50/60 ± 5% Гц;
- Диапазон регулирования частоты – 0,1-999,9 Гц.

Блок диодов БД содержит три диода. Диоды выбираются с учетом кратности номинального тока не менее 10 к рабочему току в фазе устройства ВСМА. Также, необходимо чтобы диод выдерживал величину обратного напряжения не менее 1000 В. Для улучшения условий охлаждения диод должен монтироваться на радиаторе.

Для выбора диода зададим параметры  $I_{пр.мах} = 10 \cdot I_n = 123 \text{ А}$ , значение  $U_{об.мах} = 1000 \text{ В}$ , исходя из этих условия выбираем диод SKR130/12 с параметрами:

-  $U_{об.мах} = 1200 \text{ В}$ .

-  $I_{пр.мах} = 165 \text{ А}$ .

-диапазон рабочих температур  $-40 \dots +180 \text{ С}^\circ$

АВ, ПЧ и БД должны размещаться за пределами взрывоопасной зоны.

Для соединения устройства ВСМА должен использоваться четырехжильный кабель в гибкой негорючей оболочке. Сечение жил кабеля выбирается по величине рабочего тока устройства ВСМА. Длина кабеля для выполнения требований взрывобезопасности должна быть не менее 35 м. корпус устройства ВСМА должен иметь заземление.

Выбираем кабель марки КГН (4х2,5) с допустимой токовой нагрузкой 35А;

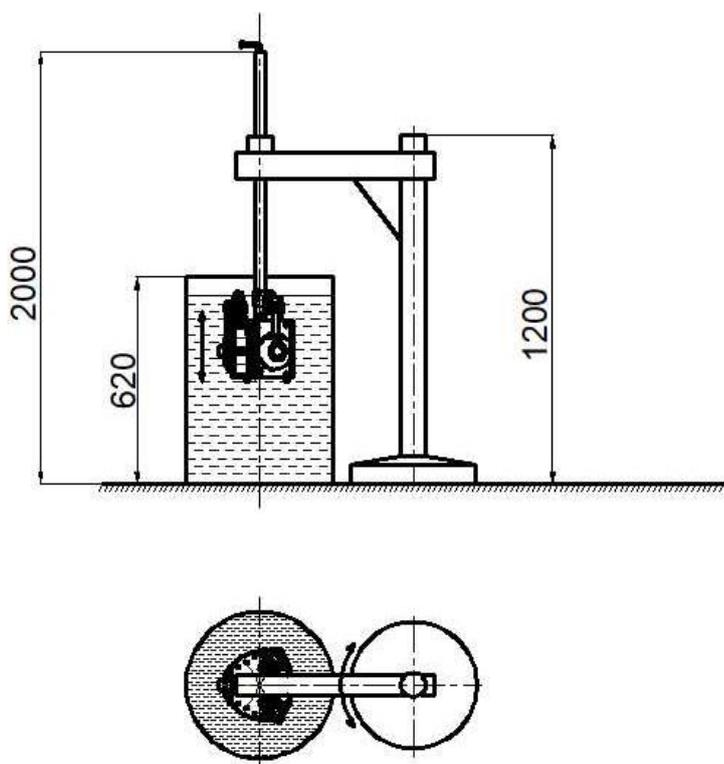


Рисунок 21 - Схема технологического места приготовления красок

Проводимый процесс называют диспергированием. К новому виду диспергаторов относится диспергатор с внедренной технологией ВСМА, характеризующийся высокой объемной производительностью и малоэнергозатратностью. Основными операциями технологического процесса производства краски является: смешение пигментов с раствором полимера, т.е. приготовление пигментной пасты; диспергирование пигментной пасты; составление краски; очистка и фасовка краски.

## **ГЛАВА 6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖЕМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Целью данного раздела ВКР является определение экономических показателей проекта «Электромагнитный активатор высоковязких жидкостей» с точки зрения ресурсоэффективности. Для этого необходимо провести анализ конкурентных технических решений, определить трудоемкость проводимых работ, создать график проведения работ, а также сформировать бюджет затрат.

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1 Анализ рынка, его сегментация, доля аналогов и спрос потенциальных потребителей результатов исследования**

Анализ потенциальных потребителей подразумевает рассмотрение целевого рынка с последующим его сегментированием.

Целевой рынок можно сегментировать по следующим критериям: энергопотребление, тип преобразователя, диапазон регулирования скорости, удобство в эксплуатации, надежность.

Выберем два типа исполнения для изменения частоты: преобразователь частоты и импульсный регулятор напряжения.

– Частотные преобразователи нашли широкое применение в самых различных производственных нишах и оборудовании. Столь высокий спрос на подобные устройства обусловлен следующими преимуществами их использования: уменьшение тока запуска, экономичность, повышенная адаптивность, ремонтпригодность.

– Импульсные регуляторы напряжения применяются для регулирования постоянного напряжения. По сравнению с другими методами регулирования они обеспечивают лучшие энергетические характеристики, имеют меньшую массу и габариты.

Для построения карты сегментирования рынка выберем два наиболее значимых критерия: тип преобразователя и диапазон регулирования скорости. Карта сегментирования рынка проектирования представлена в 12.

Таблица 12 – Карта сегментирования рынка

	Частотный преобразователь	Импульсный регулятор напряжения
Высокая	А, Б, В	А, Б
Средняя	А, В	Б
Низкая	Б	

\* – А – активатор топлива, Б – активатор для увеличения выхода светлых из продуктов переработки, В – активатор для высоковязких жидкостей

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для частотного преобразователя.
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с высокой и средней надежностью преобразователя
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются частотные преобразователи с высокой надежностью.

## 6.2. Анализ конкурентных решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В качестве объектов сравнения были рассмотрены следующие способы изготовления красок:

1. Диссоolver
2. Установка с применением технологии ВСМА

Детальный анализ конструктивного исполнения необходим, т.к. каждый тип конструктивного исполнения имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты, приведенной в таблице 13. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Таблица 13 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерий	Вес	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б <sub>К1</sub>	Б <sub>К2</sub>	К <sub>К1</sub>	К <sub>К2</sub>
Экономичность	0,15	3	5	0,45	0,75
Простота эксплуатации	0,07	2	5	0,14	0,35
Энергоэффективность	0,18	4	3	0,72	0,54
Надежность	0,2	5	4	1	0,8
Повышение производительности труда пользователя	0,09	3	5	0,27	0,45
Цена	0,11	2	4	0,22	0,44
Предполагаемый срок эксплуатации	0,15	3	3	0,45	0,45
Уровень проникновения на рынок	0,05	3	3	0,15	0,15
ИТОГО	1			3,4	3,93

Где Б<sub>К1</sub> – диссоolver;

Б<sub>К2</sub> – установка с применением технологии ВСМА;

Конкурентоспособность технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \times B_i$$

где К – конкурентоспособность вида;

$V_i$  – вес критерия (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Результаты расчета представлены в таблице 2, по которым можно сделать вывод, что установка с применением технологии ВСМА намного дешевле и проще в эксплуатации, в отличие от синхронного.

### **6.3 SWOT-анализ проекта**

SWOT – анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, в которую записываются слабые и сильные стороны проекта, а также возможности и угрозы.

При составлении матрицы SWOT удобно использовать следующие обозначения:

С – сильные стороны проекта;

Сл – слабые стороны проекта;

В – возможности;

У – угрозы;

Матрица SWOT приведена в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны проекта:</b> С1. Простота подключения к энергосистеме С2. Надежность системы при аварийных ситуациях С3. Хорошие энергетические показатели	<b>Слабые стороны проекта:</b> СЛ1. Большая стоимость оборудования СЛ2. Большой уровень шума при работе СЛ3. Высокий уровень вибрации при работе
<b>Возможности проекта</b> В1. Дополнительное резервное питание ВСМА В2. Повышение стоимости конкурентных систем	– При необходимости дополнительного резервного питания ВСМА осуществляется простым способом подключения к энергосистеме – Повышение стоимости конкурентных систем обеспечивает высокую надежность при аварийных ситуациях	– Дополнительное резервное питание увеличивает стоимость оборудования
<b>Угрозы проекта</b> У1. Исчезновение питания электропривода ВСМА У2. Некачественные элементы конструкции У3. Введение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции У4. Отсутствие финансового обеспечения со стороны государства	– Введение дополнительных государственных требований к стандартизации и сертификации продукции позволит улучшить энергетические показатели	– Некачественные элементы конструкции способствуют увеличению шума и вибраций при работе

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

Анализ интерактивных матриц, приведенных в таблице 3, показывает, что сильных сторон у проекта значительно больше, чем слабых.

Кроме того, угрозы имеют низкие вероятности, что говорит о высокой надежности проекта.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«+» – сильное соответствие;

«-» – слабое соответствие. Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 15 и 16.

Таблица 15 - Интерактивные матрицы возможностей

		Сильные стороны проекта		
		C1	C2	C3
Возможности проекта	B1	+	+	+
	B2	+	+	-
		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	
Возможности проекта	B1	-	-	
	B2	+	+	
	B3	-	+	

Таблица 16 – Интерактивные матрицы угроз

		Сильные стороны проекта		
		C1	C2	C3
Возможности проекта	У1	-	-	+
	У2	-	-	+
	У3	-	-	+
	У4	-	-	-
		Слабые стороны проекта		
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	У1	-	+	-
	У2	+	-	-
	У3	+	-	+
	У4	-	-	-

В результате анализа было установлено, что разрабатываемая установка имеет следующие минусы и угрозы: некачественная разработка конструкции и финансовое обеспечение, и поддержка со стороны государства. Данные проблемы решаются путем подбора квалифицированного персонала, который сможет обучить пользователей установки правильно пользоваться ей, и также представить данное изобретение государству как экономически и энергоэффективным, полезным и инновационным.

## **6.4 Планирование научно-исследовательских работ**

### **6.4.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Разработкой данного проекта будут заниматься два человека – руководитель (преподаватель) и проектировщик (студент-бакалавр). Обязанности между ними четко разделены. План работ необходим для выполнения проекта в срок, а также для определения начисляемой заработной платы за объем работ, выполненный руководителем и проектировщиком.

Сведения о необходимом перечне этапов и работ в рамках разработки проекта, а также о распределении исполнителей согласно видам работ, представлена в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень работ и распределение исполнителей

№	Содержание работ	Должность исполнителя
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
2	Подбор и изучение материалов и нормативных документов	Проектировщик
3	Календарное планирование работ	Руководитель
4	Исследование технологии виброструйной магнитной активации жидкостей (ВСМА)	Проектировщик
5	Разработка конструкции рабочего органа	Проектировщик
6	Математическое моделирование устройства	Проектировщик
7	Анализ режимов работы виброактиватора	Проектировщик
8	Выбор элементов электропривода установки	Проектировщик
9	Разработка общей схемы подключения виброактиватора	Проектировщик
10	Обобщение и оценка результатов	Руководитель
11	Социальная ответственность	Проектировщик
12	Финансовый менеджмент	Проектировщик
13	Составление пояснительной записки	Проектировщик

#### 6.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

Где:

$t_{ожі}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы человек-дней;

$t_{mini}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человек-дней;

$t_{maxi}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человек-дней.

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

$$T_{Pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

Где:

$T_{Pi}$  - продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

### **6.4.3 Разработка графика проведения научного исследования**

Диаграмма Ганта - горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}$$

Где:

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

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

$k_{\text{кал}}$  - коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = \frac{365}{299} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 18.

Таблица 18 – Временные показатели выполнения проекта.

№ раб.	Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
		$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожi}$ , чел-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
		Руковод.	Проектир.	Руковод.	Проектир.	Руковод.	Проектир.	Руковод.	Проектир.	Руковод.	Проектир.
1	Составление и утверждение технического задания	2		4		2,8		3		3	
2	Подбор, изучение материалов и нормативных документов		4		5		4,4		4		7
3	Календарное планирование работ	2		3		2,4		2		3	
4	Исследование технологии виброструйной магнитной активации жидкостей (ВСМА)		5		7		3,4		3		8
5	Разработка конструкции рабочего органа		4		6		4,8		5		7
6	Математические моделирование устройства		4		8		5,6		5		8
7	Анализ режимов работы виброактиватора		10		13		11,2		11		17
8	Выбор элементов электропривода установки		9		12		8,2		8		15

9	Разработка общей схемы подключения виброактиватора		4		5		4,4		4		7
10	Обобщение и оценка результатов	4		6		4,8		5		6	
11	Социальная ответственность		3		5		3,8		4		6
12	Финансовый менеджмент		3		5		3,8		4		6
13	Составление пояснительной записки		7		10		8,2		8		12
Итого	Общее количество дней для выполнения ВКР							календарных	105		
								рабочих	66		
	Общее количество дней, в течение которых работал инженер							календарных	93		
								рабочих	56		
	Общее количество дней, в течение которых работал руководитель							календарных	12		
								рабочих	10		

Календарная продолжительность выполнения проекта составит 105 дней. Руководитель при этом задействован в течение 12 календарных дней, инженер в течение 93 календарных дней. При этом общее количество рабочих дней руководителя составляет 10, инженера – 56. Реальная продолжительность работ, учитывая вероятностный характер оценки трудоемкости, может быть как меньше (при благоприятном стечении обстоятельств), так больше указанной продолжительности (при неблагоприятном стечении обстоятельств).

Проектировщик работает большее количество дней, чем руководитель. Это можно объяснить тем, что цель руководителя – ставить задачи для проектировщика. Также на руководителе лежит ответственность за выполнение проекта. В свою очередь проектировщик должен выполнять работу, не нарушая календарного плана.

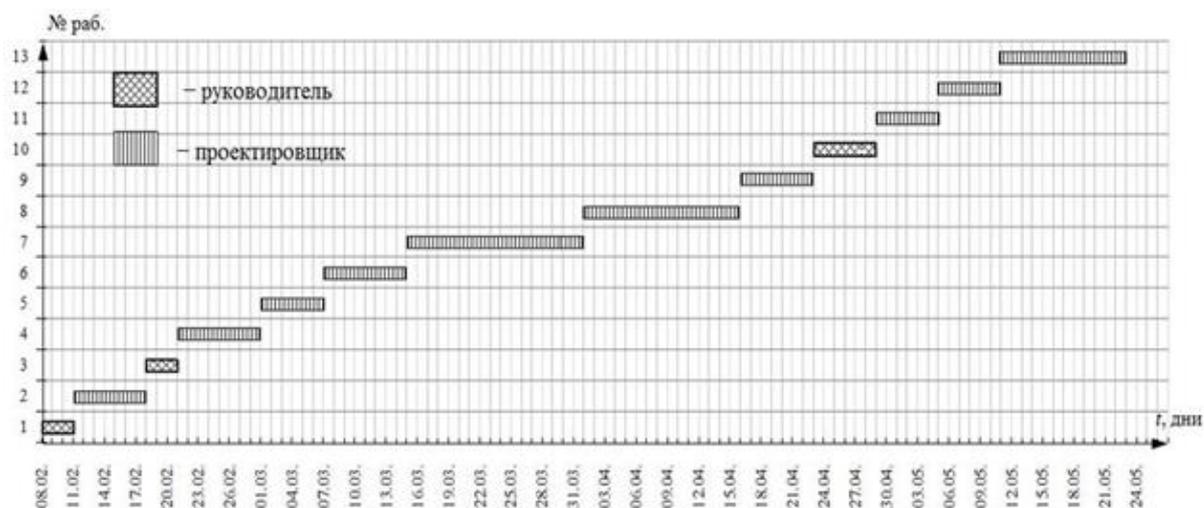


Рисунок 18 – Диаграмма Ганта

## 6.5 Бюджет научно-технического исследования

В данном разделе будет производиться отражение всех видов расходов, связанных с проектированием. Основными пунктами определения бюджета является затраты по статьям:

- Материальные затраты
- Основная и дополнительная заработная плата исполнителей
- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)
- Накладные расходы

### 6.5.1 Материальные затраты

Материальные затраты, необходимые для данной разработки.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
ПК	шт.	1	14000	14000
Преобразователь частоты	шт.	1	22000	22000
Электромагнит	шт.	1	5362	5362
Диод	шт.	1	1180	1180
Автоматический выключатель	шт.	1	889	889
Итого		5	43431	43431

Из таблицы 19 видно, что материальные затраты составляют 43431 рублей.

### 6.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

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

Полная заработная плата сотрудника ГПУ:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}$$

Где:

$Z_{\text{осн}}$  - основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  - дополнительная заработная плата (12-15 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где кдоп – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Среднедневная заработная плата для сотрудника ТПУ рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{осн}} + Z_{\text{допл}} + Z_{\text{р.к.}}}{F_{\text{д}}}$$

Где:

$F_{\text{д}}$  – количество рабочих дней в месяце (26 при 6-дневной рабочей неделе), раб. дн.

Баланс рабочего времени работников, занятых в выполнении данного проекта сведен в таблицу 20.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Проектировщик
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные/праздничные	66	118
Потери рабочего времени - отпуск	56	28
- невыходы по болезни	6	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	209

Баланс рабочего времени составлен с действующим производственным календарем по территории Российской Федерации в отношении 5 и 6 дневной

рабочей недели. Отпуск предоставляется в соответствии ТК РФ. Больничные предоставляются в соответствии с корпоративным порядком организации, осуществляющей научно-техническое исследование.

Основная заработная плата Зосн руководителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p$$

Где:

$T_p$  - продолжительность работ, выполняемых техническим работником, раб.дн.

Расчет основной заработной платы приведен ниже.

$$Z_{\text{рук}} = 12\text{д} * 2140 \text{ руб/д} = 25680 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{инж.осн}} = 56\text{д} * 1830 \text{ руб/д} = 102480 \text{ руб}$$

$$Z_{\text{общ.осн}} = 25680 + 102480 = 128160 \text{ руб}$$

Дополнительная заработная плата составляет 12 – 15% от основной, расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{полн}}$ , руб.
Руководитель	0,15	25680	3852	29532
Проектировщик	0,15	102480	15372	117852

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

### 6.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, установленный на уровне 30,2 % на основании ФЗ от 24.07.2009 №212-ФЗ.

Результаты расчетов отчислений сведем в таблицу 22.

Исполнители	Зп, руб.	$k_{\text{внеб}}$	$Z_{\text{внеб}}$ , руб
Руководитель	29532	0,302	8918,6
Инженер	117852	0,302	35591,3

### 6.5.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) * k_{\text{нр}}$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$Z_{\text{накл}} = (128160 + 19224 + 44509 + 43431) \cdot 0,16 = 37,651 \text{ руб.}$$

Таблица 23 – Накладные расходы

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128 160
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19 224
3. Отчисления во внебюджетные фонды	44 509,9
4. Материальные затраты	43 431
Коэффициент накладных расходов	0,16
Итого	37 51

## 6.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Затраты на научно технический проект

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	128 160
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19 224
3. Отчисления во внебюджетные фонды	44 509,9
4. Накладные расходы	37 651
5. Материальные затраты	43 431
6. Бюджет затрат на технический проект	272 975

Исходя из представленной выше таблицы, можно сделать вывод, что общие затраты на реализацию технического проекта составят примерно 275 тысяч рублей, из которых большую часть составят затраты по основной з/п. При необходимости снизить общие затраты на реализацию проекта, рекомендуется использовать в качестве выборки оборудования какое-либо другое исполнение.

## 6.7 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где

$I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

$b_i$  – бальная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Оценку характеристик проекта проведем на основе критериев, соответствующих требованиям к системе электроснабжения промышленных предприятий:

1. Экономичность: оптимизация затрат на электрическую часть предприятия на стадии проектирования приводит к их уменьшению на доли процентов, в абсолютном же измерении речь идет об экономии значительных средств;

2. Гибкость: возможность частых перестроек технологии производства и развития предприятия;

3. Безопасность: обеспечение безопасности работ, как для электротехнического персонала, так и для не электротехнического;

4. Надежность: бесперебойное снабжение электроэнергией в пределах допустимых показателей ее качества и исключение ситуаций, опасных для людей и окружающей среды;

5. Простота и удобство в эксплуатации: возможность использования персоналом более доступного, автоматизированного и адаптивного по конструкции техническим характеристикам электрооборудования на предприятии;

6. Энергоэффективность: использование меньшего количества энергии для обеспечения установленного уровня потребления энергии в зданиях либо при технологических процессах на производстве.

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности сведем в общую таблицу 25.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии оценки	Весовой коэффициент, $a_i$	Балльная оценка, $b_i$		
		P	M	C
1. Надежность	0,15	4	2	4
2. Безопасность	0,1	4	2	3
3. Простота эксплуатации	0,15	5	2	3
4. Гибкость	0,2	4	2	3
5. Экономичность	0,1	4	5	3
6. Энергоэффективность	0,1	4	4	3
Итого	1,0	4,1	2,85	3,2

Таким образом ресурсоэффективность радиальной схемы была подтверждена ( $I_{pP} =$ ) с помощью расчета интегрального показателя.

$$I_{p-исп 1} = 4 * 0,15 + 4 * 0,1 + 5 * 0,15 + 4 * 0,2 + 4 * 0,1 + 4 * 0,1 = 4,15$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение (по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности использования технического проекта. Высокие баллы надежности и помехоустойчивости позволяют судить о надежности системы. [8]

## **ВЫВОД ПО РАЗДЕЛУ**

В данном разделе с помощью SWOT- анализа были выявлены сильные и слабые стороны разрабатываемого проекта. Составлен план- график проведения научного исследования с помощью построения ленточного графика в форме диаграммы Ганта. Произведены необходимые расчеты заработной платы, материальных затрат, сформирован бюджет затрат научно-исследовательского проекта, который равен 275000 руб. Определена ресурсоэффективность проекта, интегральный показатель которого составил 4,15.

## **7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

Данный раздел посвящен вопросам обеспечения необходимых условий труда (санитарно-гигиеничные требования, защита от негативных производственных факторов, обеспечение пожарной безопасности) в соответствии с действующими нормативными документами, а также вопросам экологической безопасности и обеспечения 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.

В настоящей выпускной квалификационной работе ведется исследование установки для приготовления красок технологией виброструйной магнитной активации (ВСМА). Виброструйный магнитный активатор – электромагнитный аппарат. При подаче напряжения на обмотки которого создается переменное магнитное поле, которое заставляет активатор вибрировать с определенной частотой. Магнитная активация красок изменяет их фракционный состав, температуру застывания и температуру кипения и позволяет повысить качество за счёт большей диспергации частиц пигмента.

Исследование проводится в аудитории ТПУ, г. Томск. При выполнении работы рабочей зоной является аудитория, в которой расположен рабочий компьютер со специализированными программами предназначенными для расчета параметров модуля ВСМА, разработки конструкции виброактиватора, математического моделирования устройства.

### **7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

Правовые нормы трудового законодательства изложены в документе Трудовой кодекс Российской Федерации [13]. Согласно статье 94 данного документа для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего

времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;

при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

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

Минимальный размер повышения оплаты труда работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, составляет 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда. Работниками в данном случае являются: руководитель проекта и проектировщик.

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать такие физические нагрузки на работающего при которых энергозатраты организма в течение рабочей смены не превышали бы 1046,7 кДж/ч (250 ккал/ч).

Конструкция всех элементов производственного оборудования, с которыми человек в процессе трудовой деятельности осуществляет непосредственный контакт, должна соответствовать его антропометрическим свойствам.

Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать возможность организации трудового процесса, исключая монотонность труда, путем ограничения частоты повторения простых трудовых действий и длительности непрерывного пассивного наблюдения за ходом производственного процесса или его части.

Конструкция производственного оборудования должна обеспечивать оптимальное распределение функций между человеком и производственным оборудованием с целью обеспечения безопасности, ограничения тяжести и

напряженности труда, а также обеспечения высокой эффективности функционирования системы "человек - производственное оборудование"[14].

Согласно с ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ стандарт устанавливает общие эргономические требования к рабочим местам при выполнении работ в положении стоя при проектировании нового и модернизации действующего оборудования и производственных процессов.

На основе общих требований настоящего стандарта должны разрабатываться стандарты и нормативно-технические документы, устанавливающие требования эргономики к конкретным рабочим местам.

Рабочее место для выполнения работ стоя организуют при физической работе средней тяжести и тяжелой, а также при технологически обусловленной величине рабочей зоны, превышающей ее параметры при работе сидя. Категория работ - по ГОСТ 12.1.005-88.

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

## 7.2 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в технологическом процессе рассматриваемой среды.

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы	Нормативные документы
1. Вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
2. Вредные производственные факторы, связанные со световой средой	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [15].
3. Сенсibiliзирующие (аллергенные) вещества	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [16].

4. Опасные производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.[17]
5. Вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

1. Правильно спроектированное и выполненное освещение на предприятии, обеспечивает возможность нормальной производственной деятельности. Отсутствие или недостаток естественного освещения вызывает ухудшение самочувствия, приводит к потере сна и ослаблению здоровья. Дневной свет не может обеспечить нужное освещение в течение всего рабочего дня, а также зависит от погодных условий. Поэтому цех обеспечивают естественным и искусственным освещением. В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы.

На рабочих местах, где трудовая деятельность ведется в условиях отсутствия естественного освещения, необходимо проводить мероприятия, направленные на уменьшение уровня вредности условий труда. Такие как:

- сокращение продолжительности пребывания работников в помещении без естественного освещения;
- профилактическое ультрафиолетовое облучение работников.

2. Технологический процесс рассматриваемой среды основан на работе с электроприводом, который является источником повышенного уровня шума, который является одним из вредных факторов производственной среды.

Шум — один из наиболее распространенных неблагоприятных факторов производственной среды, который 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, что в конечном счете приводит к понижению работоспособности.

Работающее технологическое оборудование (моторы, двигатели, вентиляторы и т.) является источником повышенного шума и вибрации.

Предельно допустимые уровни шума представлены в таблице 27.

Таблица 27 - Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цех	107	95	87	82	78	75	73	71	69
Щит управления	96	83	74	68	63	60	57	55	54

### 3. Сенсibiliзирующие (аллергенные) вещества

Сенсibiliзирующие вещества повышают чувствительность организма к химическим веществам, а в производственных условиях приводят к аллергическим заболеваниям.

Один из способов защиты человека от воздействия вредных веществ является нормирование, или установление ПДК - предельно - допустимой концентрации, которая при ежедневной работе в течение всего рабочего стажа не вызывает заболеваний или нарушений здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующего поколений.

К сенсibiliзирующим веществам относят микрочастицы, образующиеся в процессе приготовления красок. Данный стандарт регламентирует максимально допустимые концентрации вредных веществ и способы снижения воздействия данного фактора. Сенсibiliзирующие вещества на производстве – с низкой опасностью, ПДК >10 мг/ м<sup>3</sup>.

4. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов

Источниками опасности для персонала на производстве могут быть: различные механизмы, инструменты не участвующие в процессе изготовления.

Основные последствия механических опасностей: защемление; порезы; отрезание или разрубание; попадание под удар; поверхностное повреждение наружных тканей.

Согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности, к средствам защиты от механического травмирования (физического опасного фактора) относятся:

- СИЗ (перчатки, очки, костюм, ботинки, каска и т.д.)
- ограждения (кожухи, козырьки, дверцы, экраны, щиты, барьеры и т. д.);
- предохранительные блокировочные устройства (механические, электрические, электронные, пневматические, гидравлические и т. д.);
- сигнальные устройства (звуковые, световые), которые могут встраиваться в оборудование или быть составными элементами.

5. Вещества, вызывающие серьезные повреждения или раздражение глаз.

В процессе приготовления не исключено попадание сухого пигмента либо других составляющих в глаза. ГОСТ регламентирует правила проведения работ.

- Средства защиты работающих должны обеспечивать предотвращение или уменьшение действия опасных и вредных производственных факторов.
- Средства защиты не должны быть источником опасных и вредных производственных факторов.
- Средства защиты должны отвечать требованиям технической эстетики и эргономики.
- Выбор конкретного типа средства защиты работающих должен осуществляться с учетом требований безопасности для данного процесса или вида работ.

- Средства индивидуальной защиты следует применять в тех случаях, когда безопасность работ не может быть обеспечена конструкцией оборудования, организацией производственных процессов, архитектурно-планировочными решениями и средствами коллективной защиты.

### 7.3 Экологическая безопасность

Проблема защиты окружающей среды – одна из важнейших задач современности. Выбросы промышленных предприятий в атмосферу, водоёмы и недра на современном этапе развития достигли таких размеров, что в ряде районов земного шара, особенно в крупных промышленных центрах, уровень загрязнений существенно превышает допустимые санитарные нормы.

В технологических процессах используется большое количество воды. Использованная вода, загрязнённая краской, солями, сернистыми соединениями и другими веществами, находящиеся в составе в виде примесей, отводится в специальную сеть канализации и далее поступает в системы централизованной очистки на городских очистных сооружениях.

Объекты производства, здания и сооружения с технологическими процессами, являющимися источниками выделения в окружающую природную среду вредных веществ, следует отделять от жилой застройки санитарно-защитной зоной.

Санитарно-защитная зона или какая-либо ее часть не могут рассматриваться как резервная территория для расширения предприятия.

К мероприятиям по защите экологии относятся:

- четкое соблюдение согласованных технологических режимов работы компьютера;
- своевременная замена и обслуживание поврежденных частей оборудования.

## 7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Возникновение чрезвычайной ситуации могут вызвать:

- пожары
- разрушение зданий и сооружений
- аварии на электроэнергетических системах

Наиболее вероятные чрезвычайные ситуации на рассматриваемом рабочем месте в цехе производства красок: возникновение пожара.

Основными причинами пожара могут быть: перегрузка проводов, короткое замыкание, большие переходные сопротивления в электрических цепях, электрическая дуга, искрение и неисправности оборудования.

Организационно-технические мероприятия: наглядная агитация и инструктаж работающих по пожарной безопасности, разработка схемы действия администрации и работающих в случае пожара и организация эвакуации людей, организация внештатной пожарной дружины. При обнаружении загорания работающий немедленно сообщает по телефону в пожарную охрану, сообщает руководителю, приступают к эвакуации людей и материальных ценностей. Тушение пожара организуется первичными средствами с момента обнаружения пожара. Пострадавшим при пожаре обеспечивается скорая медицинская помощь.

Современная система электробезопасности обеспечивает защиту от поражения в двух наиболее вероятных и опасных случаях:

- при прямом прикосновении к токоведущим частям электрооборудования;
- при косвенном прикосновении.

Даже если при электропоражении работающий внешне сохранил формат нормального самочувствия, он должен быть осмотрен врачом с заключением о состоянии здоровья, т.е. пострадавшему должна быть обеспечена скорая медицинская помощь. Предварительно пострадавший должен быть освобожден от действия электрического тока. Если при этом отключить напряжение быстро невозможно, освобождение от электричества пострадавшего необходимо производить, изолировав себя диэлектрическими перчатками или галошами. При необходимости перерезать провода (каждый в отдельности) инструментом с

изолированными ручками. Если есть необходимость (при потере сознания, остановке сердца и т.п.) оказания первой помощи, то до прибытия медработника необходимо начать делать: наружный массаж сердца, искусственное дыхание.

Для предотвращения от поражения электрическим током при прикосновении к корпусам электроустановок, находящихся под напряжением при пробое изоляции или в других случаях, необходимо рассчитать и установить защитное заземление.

### **Вывод по разделу**

В результате выполнения раздела ВКР «Социальная ответственность» были рассмотрены вредные и опасные факторы, воздействующие на рабочего, в момент выполнения его работы. Были предложены основные меры по профилактики и ликвидации воздействий отрицательных факторов на организм человека.

С точки зрения эффективности трудовой деятельности работника и производительности работ правильные условия труда и правильная организация рабочего места играет немаловажную роль, в то же время, обеспечивая безопасность сотрудника.

Из раздела о правовых и организационных вопросах обеспечения безопасности можно сделать вывод, что помещение, в котором осуществляется работа удовлетворяет требованиям по компоновке рабочей зоны, категория тяжести труда – вторая. По требованиям производственной безопасности рабочее место не соответствует по уровню (недопустимый уровень шума от электропривода). По освещенности рабочая зона удовлетворяет требованиям, так как устанавливается искусственное освещение в виде люминесцентных ламп. Также в помещении минимизирована вероятность поражения электрическим током, так как все оборудование имеет изолированные токоведущие части и регулярно подвергается осмотру (в соответствии с ПУЭ - помещение без повышенной опасности, отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность). Для контроля микроклимата в лаборатории имеются термометр и гигрометр. Возможные отходы оргтехники в рабочем помещении

относятся к отходам IV класса опасности. Наиболее вероятная ЧС – пожар, аудитория относится к Г-категории помещения (умеренная пожароопасность).

## **Заключение**

В результате проделанной работы по разработке электромагнитного активатора высоковязких жидкостей следует сделать следующие выводы:

Использование оборудования на основе технологий ВСМА повышает качество лакокрасочных изделий за счет большей диспергации частиц пигмента.

Разработана конструкция единичного модуля электромагнитного активатора, определены рекомендации по выбору начальных параметров.

Разработана математическая модель, позволяющая произвести оценку основных показателей на этапе проектирования. Рекомендуемый начальный зазор при настройке устройства ВСМА следует выбирать не более 7 мм, так как при нем можно добиться максимальной производительности активации. Во время работы необходимо периодически регулировать частоту и амплитуду напряжения питания для обеспечения работы виброактиватора в резонансном режиме. Диапазон регулирования частоты должен составлять от 35 до 45 Гц, диапазон регулировки амплитуды напряжения рекомендуется выбирать в пределах от 110 до 240 В.

## Список используемой литературы

1. Основы виброструйной магнитной активации жидких сред / Данекер В. В. Доленко // ТПУ. — Томск: Изд-во ТПУ, 2000
2. Данекер, Валерий Аркадьевич. Расчет и конструирование электромагнитных преобразователей для активации жидких систем : учебнометодическое пособие / В. А. Данекер; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2018. — 102 с.: ил.. — Библиогр.: с. 78-80.. — ISBN 978-5-4387-0829-2.
3. ГОСТ 26615-85. Провода обмоточные эмалевой изоляцией. Общие технические условия.— Москва:Изд-во стандартов, 1985.— 28 с.
4. В.А. Данекер, С.В. Рикконен, А.К. Хорьков, Резонансно-колебательные электромеханические преобразователи для обработки жидких систем. Материалы IV международной конференции. В 2-х томах.- Томск: «SST», 2000.-Т1-608с.
5. С.В. Рикконен Семинар Пермь 2004 г. Технология и оборудование виброструйной магнитной активации многокомпонентных жидких составов.
6. Электромагнитный активационный вибратор [электронный ресурс] <http://www.oil-info.ru/content/view/173/51/>
7. Расчет пружин [электронный ресурс] <http://alvo.ru/wpcontent/uploads/2015/06/raschet-pruzhiny-rastyazheniya.xls>
8. Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватуллина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова - Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. — 73 с.
9. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
10. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

11. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.  
Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

12. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда.

13. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

## Приложение А

Рисунок технологического участка приготовления красок

