

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический институт  
Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
Кафедра Электропривода и электрооборудования

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>			
<b>Динамические характеристики электропривода бесконтактного двигателя постоянного тока БК</b>			
УДК 621.313.2-83-047.42			
Студент			
<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2А	Хожиматов Нодиржон Рахмоналиевич		

Руководитель

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент, заведующий кафедры электропривода и электрооборудования	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Трофимова Маргарита Николаевна			

По разделу «Социальная ответственность»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

<b>Зав. кафедрой</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Электропривода и электрооборудования	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., доцент		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2А	Хожиматов Нодиржон Рахмоналиевич

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и Электротехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	<p>1. Описание рабочего места на предмет :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Описание места проведения работ по разделу;</li> <li>- проявлений факторов техносферной безопасности;</li> <li>- Объекта воздействия на окружающую среду (экологическая безопасность);</li> <li>- Места возникновения ЧС (в основном опасность пожара);</li> <li>- п.5. организация работы отдела охраны труда (либо комплексного отдела – ОТ ПБ и ООС ), его место расположение</li> </ul>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	<p>1. Анализ <b>вредных</b> факторов, проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выдержки из действующих нормативов на нормы с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно технический документ);</li> <li>-- предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> <li>- описание технических систем, обеспечивающих требования нормативов</li> </ul> <p>2. Анализ <b>опасных</b> факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-- механические опасности (источники, средства защиты)</li> <li>-- термические опасности (источники, средства защиты)</li> <li>-- электробезопасность ( в т.ч. статическое электричество, молниезащита - источники, средства защиты);</li> </ul> <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (твердые отходы и макулатура).</li> </ul> <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- либо, выбор наиболее типичной ЧС (пожаровзрыво- безопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul> <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия управления охраной труда, ООС, ЧС;</li> </ul> <p>Перечень законодательных и нормативных документов в порядке их цитирования по пунктам раздела</p>
<b>Перечень расч-го и граф-го материала</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- план помещения рабочей зоны;</li> <li>- расчет искусственного освещения для помещения;</li> <li>- план эвакуации.</li> </ul>

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

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2А	Хожиматов Нодиржон Рахмоналиевич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5Г2А	Хожиматов Нодиржон Рахмоналиевич

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Электроэнергетика и Электротехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы 13% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	27,1 отчисления на социальные нужды

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки : - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Оценочная карта QuaD</i>
3. <i>График Ганта</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Определение ресурсоэффективности проекта</i>

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

--	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Трофимова М.Н.			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
5Г2А	Хожиматов Нодиржон Рахмоналиевич		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

### 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» Бакалавр

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

## ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исследовать динамические характеристики электропривода на базе бесконтактного двигателя постоянного, входящего в состав лабораторного стенда:

- Ознакомиться с электроприводом, изучить принципиальную электрическую схему привода.
- Получить экспериментально и теоретически динамические характеристики электропривода на базе бесконтактного двигателя постоянного тока.
- Снять осциллограммы тока и скорости на холостом ходу и при нагрузке в различных режимах работы привода; (время переходного процесса  $t_{пп}$ , не более 0.3 с).

Основные технические данные двигателя БК – 1424 приведены в таблице 1 и таблице 2.

Таблица № 1 – Основные технические данные двигателя БК – 1424

Номинальное напряжение питания	В	27
Номинальная мощность	Вт	6
Номинальная угловая скорость вращения	рад/с	419(4000)±10%
Номинальный вращающий момент	Нм	0.0147
Сопротивление якоря	Ом	25
Электромеханическая постоянная времени	с	0.005
Механическая постоянная времени	с	0.025
Режимы работы	-	S1, S2, S3
Кратность пускового момента	-	1.5
Коэффициент полезного действия	%	51
Минимальная наработка двигателя	час	20 000
Минимальный срок службы	год	12
Минимальный срок сохраняемости в отапливаемом хранилище	год	12

Таблица № 2 – Параметры бесконтактного двигателя постоянного тока

Повышение атмосферного давления не выше	кПа	297 (3 атм)
Понижение атмосферного давления не ниже	Па	0.666 (5 мм рт. ст.)
Потребляемый ток при $U = 27$ В	А	0.46
Превышение предельной температуры воздуха или азотнокислородной среды не выше	$^{\circ}\text{C}$	+60
Понижение предельной температуры той же среды не ниже	$^{\circ}\text{C}$	-60
Масса	кг	0.54

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
 образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический институт  
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника  
 Уровень образования бакалавр  
 Кафедра Электропривода и электрооборудования  
 Период выполнения \_\_\_\_\_ (весенний семестр 2015/2016 учебного года) \_\_\_\_\_

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.03.2016 г.	Описание электропривода	
30.03.2016 г.	Обзор схемы вентильных электроприводов	
14.04.2016 г.	Расчет часть	
24.04.2016 г.	Экспериментальные исследования	
23.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
26.05.2016 г.	Социальная ответственность	
06.06.2016 г.	Оформление пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент, заведующий кафедры электропривода и электрооборудования	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электропривода и Электрооборудования	Дементьев Юрий Николаевич	к.т.н., доцент		

## **РЕФЕРАТ**

Настоящая выпускная квалификационная работа содержит 79 с., 27 рисунок, 23 таблицы, 34 источников и приложение.

Объектом исследования является бесконтактный ДПТ БК 1424.

Целью данного исследования является изучение лабораторного стенда на базе бесконтактного двигателя постоянного тока.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

Ключевые слова: электрический привод, бесконтактный двигатель постоянного тока, электрические машины, коллекторный двигатель постоянного тока, вентильные электропривода.



ВВЕДЕНИЕ.....	11
1. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	12
1.1 Особенности бесконтактных двигателей постоянного тока.....	12
1.2. Конструкция бесконтактных электрических машин.....	13
1.3. Аналогия коллекторного и бесконтактного ДПТ.....	14
2. ОБЗОР СХЕМЫ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ.....	18
2.1. Системы управления.....	18
2.2. Функциональная схема системы управления БДПТ.....	19
3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	24
3.1. Расчет статических характеристик.....	24
3.2. Расчет динамических характеристик.....	25
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	31
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	36
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	36
5.1.1 Технология QuaD.....	37
5.1.2 SWOT-анализ.....	39
5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	46
5.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	47
5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	48
5.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	48
5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	49
5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	52
5.3.4.1. Основная заработная плата исполнителей темы.....	52
5.3.4.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	55
5.3.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	56
5.3.4.4. Накладные расходы.....	56
5.3.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	57
5.4. Определение ресурсоэффективности проекта.....	57

6. Социальная ответственность.....	59
6.1. Техногенная безопасность.....	59
6.1.1. Освещение.....	59
6.1.2. Шум.....	63
6.1.3. Микроклимат.....	64
6.1.4. Электромагнитное поле.....	66
6.1.5. Психофизические факторы.....	67
6.2. Электробезопасность.....	68
6.3 Экологическая безопасность работы.....	68
6.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность.....	69
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	71
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	74
ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	75
Приложение.....	79

## **ВВЕДЕНИЕ**

Автоматизированный электропривод является не только силовой основной механизацией большинства производственных процессов, но и технической базой их автоматизации. Основным элементом электропривода служит электрическая машина, поэтому ее надежность, энергетические и весовые показатели, срок службы и хранения характеризуют соответствующие показатели привода в целом[1].

Для установок, требующих плавного регулирования скорости в широком диапазоне или автономного питания от химических или лучевых источников энергии, применяют двигатели постоянного тока. По своим регулировочным свойствам они превосходят электрические машины всех других видов. Однако наличие коллектора и щеток в главной цепи снижает надежность работы машин, ограничивает срок их хранения и службы, создает шум, делает невозможным их работу на больших высотах и в условиях глубокого вакуума. По этим причинам часто приходится заменять машины постоянного тока асинхронными или синхронными бесконтактными машинами.

Бесконтактные двигатели постоянного тока по своим энергетическим показателям не уступают, а в ряде случаев превосходят обычные коллекторные машины. Срок их службы весьма длительный и определяется в основном работоспособностью подшипников, а срок хранения практически не ограничен. Двигатели могут выполняться бесшумными и работать в тяжелых условиях.

В настоящее время бесконтактные двигатели постоянного тока применяются для портативной звукозаписывающей аппаратуры, привода ряда механизмов и устройств повышенной надежности, питаемых от химических или лучевых источников энергии и многих других установках.

В данной работе исследуется электропривод на базе бесконтактного двигателя постоянного тока БК 1424, входящего в лабораторный стенд.

# 1. ОПИСАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

## 1.1 Особенности бесконтактных двигателей постоянного тока

В общем случае к бесконтактным электрическим двигателям относят асинхронные двигатели(АД) с короткозамкнутым ротором(КЗ), синхронные двигатели(СД) с возбуждением от постоянных магнитов, индукторные двигатели, шаговые двигатели (и другие варианты синхронной бесконтактной машины) и бесконтактные двигатели постоянного тока. Предметом данной работы является бесконтактный двигатель постоянного тока [1].

Кроме этого в процессе развития бесконтактных ДПТ было предложено огромный выбор различных схем, многообразие которых может быть упорядочено путем классификации, основу которой составляют следующие признаки:

- способ соединения секций обмотки;
- число секций, образующих обмотку;
- способ питания, характеризующий возможность изменения направления тока в каждой секции[2].

В данное время максимальное распространение получила конструкция бесконтактного ДПТ на базе трехфазного СД (трехсекционная схема с соединением секций в звезду без нейтрали). Такая схема обеспечивает наибольшее быстродействие двигателя.

Неравномерность электромагнитного момента оценивается коэффициентом пульсации, равным отношению амплитуды переменной составляющей момента к его среднему значению. Трехсекционные схемы с реверсивным питанием обеспечивают пульсацию момента не более  $\pm 7\%$ . С увеличением числа секций коэффициент пульсации быстро падает.

Из рассмотренных схем двигателей с малым числом секций наилучшим электромагнитным КПД обладают трехсекционные схемы с реверсивным питанием. При этом в случае несинусоидального разделения индукции в зазоре машины более предпочтительно выполнение обмотки в виде звезды без

нейтрали, так как в замкнутой обмотке возникают контурные токи, несколько ухудшающие энергетические характеристики .

Конструктивно он должен быть несложным, технологичен в изготовлении, надежен в работе. Для микродвигателей важны минимальные габариты датчика и органическое его слияние с конструкцией других узлов машины. По температуре, влажности, вибрациям, ударам и другим условиям окружающей среды требования к датчику аналогичны требованиям к электромеханической части двигателя, в то время как коммутатор, если он не встроен в корпус машины, может выполняться по другим менее жестким условиям. Электрическая связь датчика с коммутатором, прежде всего диктует необходимость их согласования по выходному и входному сопротивлению. Если учесть, что уровень выходного сигнала влияет на структуру коммутатора, его сложность и стоимость, а повышение мощности выходного сигнала датчика, как правило, приводит к увеличению его размеров, то важность требования согласования внутренних сопротивлений становится очевидной.

Наиболее широкое распространение получили индуктивные датчики положения, датчики положения на основе эффекта Холла и оптические датчики. В индуктивных датчиках положения в качестве чувствительных элементов используются дроссели и трансформаторы насыщения. Для индуктивных датчиков положения и датчиков на основе эффекта Холла в качестве управляющего элемента применяется специальный ротор с постоянными магнитами, а в ряде случаев в качестве него может быть использован основной ротор двигателя.

## **1.2. Конструкция бесконтактных электрических машин**

У бесконтактного двигателя постоянного тока щеточно-коллекторный узел отсутствует, его роль выполняет вентильный коммутатор, управляемый датчиками углового положения ротора. Благодаря этому бесконтактный двигатель, сохраняя основные характеристики коллекторного двигателя, более надежен в работе, создает меньшие радиопомехи.

Бесконтактный двигатель состоит из трех частей: собственно двигателя, датчиков углового положения ротора и полупроводникового коммутатора

Датчики положения размещаются в специальных пазах по центрам полюсов обмотки якоря, коммутатор встроен в двигатель [3].

### 1.3. Аналогия коллекторного и бесконтактного ДПТ

Для устранения особенностей, лежащих в основе процессов, обуславливающих создание знакопостоянного электромагнитного момента бесконтактного двигателя при любом положении его ротора, рассмотрим вначале схему обращенного коллекторного двигателя (рис. 1.2, а). [4].

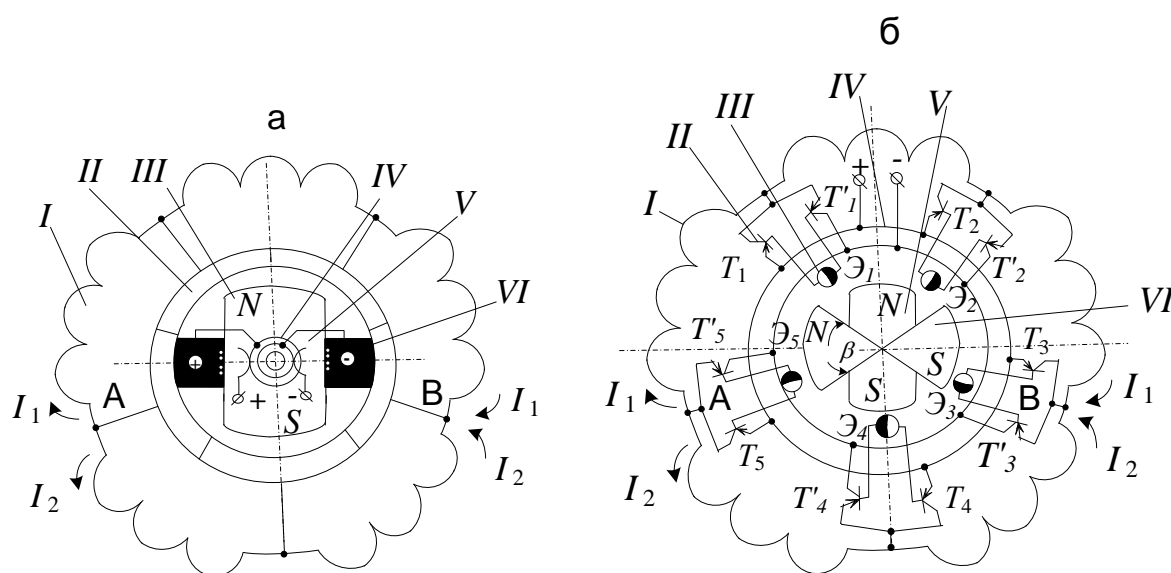


Рисунок 1.2 Коллекторный двигатель обращенной конструкции (а) и его бесконтактный аналог (б)

На этой схеме якорная обмотка  $I$  и система коллекторных пластин  $II$  неподвижны и расположены на статоре двигателя. Индуктор двигателя, представляющий собой постоянный магнит  $III$ , и расположенные по его нейтрали щетки  $VI$ , выполнены вращающимися и образуют ротор двигателя. Питание к щеткам подводится через контактные кольца  $IV$  и скользящие контакты  $V$ . Совершенно очевидно, что принцип действия и сопровождающие его процессы в таком двигателе полностью аналогичны коллекторному двигателю постоянного тока обычного типа.

Теперь построим бесконтактный аналог коллекторного двигателя обращенной конструкции. На схеме рис. 1.2, б якорная обмотка  $I$  неподвижна и повторяет обмотку схемы  $a$ . Система коллекторных пластин и щеток в бесконтактном аналоге заменяете системой полупроводниковых ключей  $II$  (на схеме транзисторы  $(T_1 - T_5, T'_1 - T'_5)$ ), управляемых чувствительными элементами  $II$  ( $\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_5$ ) в зависимости от положения ротора  $V$ . Ключи  $II$  и чувствительные элементы  $III$  расположены неподвижно, в частности, чувствительные элементы размещены на статоре и могут быть ориентированы по отношению к секциям обмотки так же, как ориентированы коллекторные пластины на схеме  $a$ . Для того чтоб организовать процесс коммутации секций бесконтактного аналога в той же последовательности, что и коллекторного двигателя схем  $a$ , ротор бесконтактного двигателя имеет два сектора  $VI$ , образующих управляющий элемент датчика положения.

Для того чтобы продолжить эту аналогию, заметим, что количество секторов  $VI$  датчика положения на рис. 1.2,б и их расположение по отношению к основному магниту  $V$  соответствует количеству щеток и их расположение на схеме  $a$  коллекторного двигателя. Угловой раздор секторов  $\beta = 2\pi/S$  на схеме б равен угловому размеру коллекторной пластины на рис. 1.2, а. Последовательность перехода щеток при вращении ротора с одной коллекторной пластины на другую и вызываемое этим переходом изменение направления тока в коммутируемых секциях схемы  $a$  в точности соответствует последовательности перехода секторов  $VI$  от одного чувствительного элемента  $\mathcal{E}$  к другому на рис. 1.2, б что также приводит к изменению направления тока в тех же секциях обмотки за счет отпираания и запираания соответствующих ключей  $T$ .

Таким образом, для обеих схем (рис. 1.2, а, б) существует ряд общих признаков:

- одинаковая схема обмотки;
- одинаковая ориентация коллекторных пластин на рис. 1.2, а и чувствительных элементов на рис. 1.2, б по отношению к осям секций;

- одинаковая ориентация щеток на рис. 1.2, а и секторов датчик на рис. 1.2, б по отношению к нейтрали индуктора;
- одинаковая последовательность коммутации секций обмоток.

Такая общность признаков вместе с высказанными ранее соображениями позволяет утверждать, что рассматриваемый бесконтактный двигатель по принципу работы является аналогом коллекторного ДПТ.

Несмотря на определенную общность свойств, обусловленную принципом работы коллекторного двигателя и бесконтактного ДПТ с датчиком положения ротора, следует иметь в виду ряд особенностей, являющихся специфическими для бесконтактных ДПТ и выделяющих их в отдельный класс электрических машин. Эти особенности сводятся к следующему:

1. В отличие от процесса перехода щетки с одной коллекторной пластины на другую процесс переключения силовых ключей полупроводникового коммутатора можно считать мгновенным, предполагая применение полностью управляемых переключающих элементов (например, транзисторов). Последнее оказывает заметное влияние на протекание электромагнитных процессов на коммутационном интервале;

2. Практические схемы бесконтактных двигателей постоянного тока содержат, как правило, малое число секций (2-3), что приводит к необходимости считаться с влиянием пульсаций ЭДС вращения и электромагнитного момента на характеристики двигателя, а также учитывать в расчетных соотношениях для двигателей в зоне сравнительно больших мощностей (больше  $10^2$ ) влияние индуктивностей и взаимоиндуктивностей элементов обмотки;

3. Схемный соединений секций между собой и с коммутирующим устройством для бесконтактного двигателя гораздо более многообразны, чем для коллекторной машины, в которой применяется, как правило, замкнутая обмотка, состоящая из одной или нескольких пар параллельных ветвей;

4. Для двигателей с малым числом секций благодаря большой угловой величине межкоммутационного периода продольной составляющая реакция якоря на краях этого периода достигает больших значений. В расчете двигателя



при определении необходимого объема постоянного магнита, устойчивого против размагничивания под действием реакции якоря, это обстоятельство должно быть учтено для наиболее тяжелых режимов пуска и реверса двигателя;

5. Внутреннее расположение вращающегося индуктора в конструкции бесконтактного двигателя определяет специфику его расчета. Поперечная геометрия машины рассчитывается как бы «изнутри», при этом вначале определяется объем магнита (в большинстве случаев минимальный по условиям размагничивания в момент пуска), затем диаметр расточки, очертания зубцовой зоны и, наконец, зона ярма статора и наружный диаметр. Иногда в схему такого расчета вводятся дополнительные условия, ограничивающие, например, величину наружного диаметра статора;

6. Вид механической характеристики и мгновенного значения электромагнитного момента обуславливает специфику протекания и механических переходных процессов при пуске и реверсе бесконтактного двигателя по сравнению с коллекторными двигателями;

7. Наличие полупроводникового коммутатора в схеме бесконтактного двигателя открывает новые возможности построения систем управления и регулирования скоростью по сравнению с коллекторным двигателем.

Таким образом, бесконтактные ДПТ представляют собой самостоятельный класс электрических машин, требующий разработки новых методов теоретического исследования, расчета и проектирования, а также выявления возможностей использования в системах, предусматривающих регулирование скорости исполнительных механизмов[5].

## **2. ОБЗОР СХЕМЫ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

### **2.1. Системы управления**

Бесконтактные системы управления (БСУ) предназначены для организации устройств и систем автоматического управления отдельными объектами и технологическими процессами [6]

БСУ применяют в тех случаях, когда к аппаратуре систем управления предъявляются требования не обеспечиваются контактно-релейной аппаратурой, а именно: надежность, быстродействие, технологичность производства и монтажа, унификация (конструктивная и функциональная), высокая функциональная емкость при ограниченных габаритах и потребляемой мощности, сложность реализуемых функций, программ, вычислительных операций и т.д., возможность достаточно простого сопряжения с УВМ.

В настоящее время в БСУ широкое применение находит интегральная техника. Электронная промышленность выпускает много серий интегральных, дискретных и аналоговых микросхем, позволяющих решать задачи построения систем управления и регулирования самыми различными объектами.

## 2.2. Функциональная схема системы управления БДПТ

Схема поясняет процессы в отдельных функциональных частях в системе электропривода в целом. Система предназначена для стабилизации частоты вращения  $\omega$  вала двигателя и механизма, являющегося потребителем механической энергии, отбираемой с вала двигателя. При этом значение частоты вращения должно быть регулируемым и постоянным при изменении момента нагрузки на валу двигателя [7].

Стабилизация частоты вращения двигателя достигается организацией замкнутого контура регулирования, использованием отрицательной обратной связи по истинному или фактическому значению частоты вращения. Другими словами, использованием принципа регулирования по отклонению, принципа Понселе. В обобщенном виде функциональная схема представлена на рис. 2.1.

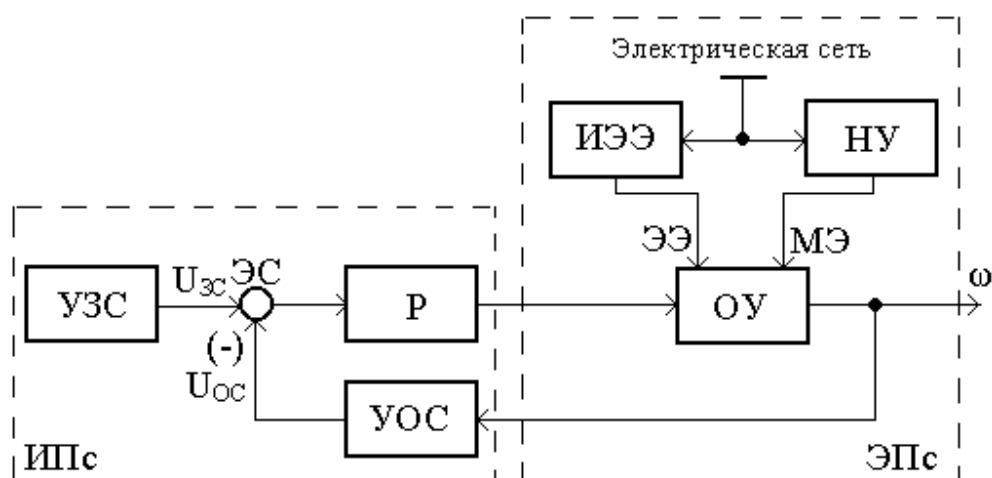


Рисунок 2.1 – функциональная схема

На рисунке:

- ОУ – объект управления системы, включающий двигатель и преобразователь (П).
- Р – регулятор.
- УОС – устройство обратной связи.
- УЗС – устройство задания потребного значения частоты вращения.
- ИЭЭ – источник электрической энергии.
- НУ – нагрузочное устройство.

- ЭПС – энергетическая подсистема.
- ИПС – информационная управляющая подсистема.
- $\omega$  – частота вращения вала
- $U_{ЗС}$  – напряжение задания частоты вращения.
- $U_{ОС}$  – напряжения обратной связи.
- ЭС – элемент сравнения напряжения задания и напряжения физического значения частоты вращения.

Система состоит из двух подсистем – энергетической ЭПС и информационной ИПС.

Энергетическая подсистема (силовая) обеспечивает преобразование электрической энергии, потребляемой двигателем из сети, в механическую энергию, «снимаемую» с вала двигателя в приводимый механизм или в нагрузку. Электромеханическое преобразование неуправляемого потока электрической энергии из сети в управляемый поток механической энергии на валу двигателя (и механизма) осуществляется введением в систему преобразователя. Потому в состав энергетической подсистемы введен преобразователь, функции которого выполняет коммутатор на четырех транзисторах VT1 – VT4, VT9 – VT10 (рис.2.1).

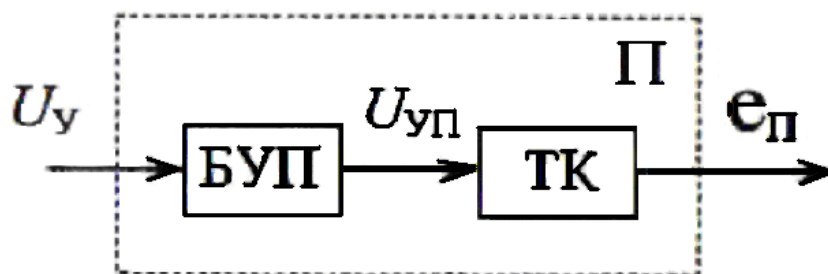
Преобразователь вместе с двигателем входит в состав объекта управления системы стабилизации частоты вращения.

В энергетическую часть системы включается и ИЭЭ – вторичный источник энергии, согласующий энергетическую сеть с объектом управления, а также ИМЭ – источник регулируемого значения механической энергии или устройство формирования нагрузки на валу электродвигателя.

Информационная (управляющая) подсистема состоит из устройства задания скорости  $U_{ЗС}$ , элемента сравнения ЭС, регулятора Р и устройства обратной связи. ИПС обеспечивает задание частоты вращения, измерения и преобразования истинного значения частоты вращения, выявления сигнала ошибки и формирования требуемого закона управления.

### Преобразователь.

На функциональной схеме (рис. 2.2) преобразователь входит в состав объекта управления системы стабилизации частоты вращения и предназначен для преобразования нерегулируемого напряжения на выходе источника электрической энергии ИЭЭ в управляемый поток электрической энергии, подводимой к электрическому двигателю, его обмотке. Основой преобразователя в данной системе является транзисторный коммутатор ТК. В общем плане преобразователь функционально представляется состоящим из двух частей - силовой ТК и управляющей БУП. Силовая схема реализована на четырех транзисторах VT3, VT 4, VT 9, VT10, обеспечивающих питание



четырёх секций двигателя.

Рисунок 2.2 – Функциональная схема преобразователя

База каждого транзистора подключена к выводам датчиков Холла  $HG$ . Переменная составляющая напряжения на этих выводах (относительно общего провода) не превышает 200 мВ. На токовые выводы датчиков Холла подается напряжение питания  $+U_n$ , которое формируется специальной схемой. Размыкание цепи питания датчиков (транзистор VT1 закрыт) приводит к закрыванию транзисторов VT9, VT10, VT3, VT4. Напряжение  $+U_n$  в этом случае равно напряжению источника питания (+26 В). При открытом VT1 напряжение  $+U_n$  не превышает +5В. Два диодных моста VD1, VD2, резистор R11 и конденсатор C1 защищают транзисторы от перенапряжений.

### *Устройство обратной связи.*

Измерение истинного значения частоты вращения  $\omega(t)$  осуществляется первичным измерительным элементом, в качестве которого используется тахообмотка ТГ, расположенная непосредственно в пазах статорного пакета вместе с силовой обмоткой. В силу наличия взаимоиндуктивности этих обмоток на выходе тахообмотки формируется сигнал, пропорциональный ЭДС вращения и частоте вращения с точностью до ЭДС взаимоиндукции обмоток.

В состав устройства обратной связи вместе с тахообмоткой включается трансформатор TV, диодный мост VD3, фильтр ЕС. Преобразованный сигнал  $U_{oc}$  подается на элемент сравнения ЭС. Сигнал с тахообмотки подается, кроме того, на цифровой тахометр и далее через переходное плато к компьютеру.

### *Устройство задания скорости .*

Его назначением является сформировать напряжение заданного значения частоты вращения  $U_{ЗС}$ .

В состав УЗС входит источник напряжения  $U_n$ , выключатель S1 и потенциометр  $R_3$ . Заданное значение частоты вращения поступает на элемент сравнения.

### *Регулятор частоты вращения.*

Назначением регулятора частоты вращения является формирование сигнала  $U_y$  на входе блока управления преобразователя БУП такой величины и знака, которые обеспечивают коммутацию транзисторов преобразователя и стабилизацию частоты вращения. В его состав входят компенсатор (compensator), транзистор VT1 и переключатель реверса S3. Регулятор частоты вращения своим транзистором VT1 замыкает и размыкает цепи питания датчиков Холла двигателя. При замкнутой цепи датчиков двигатель создает вращающий момент, при размыкании совершает выбег. Суммарный за период коммутации вращающий момент двигателя определяется соотношением времен замкнутого и разомкнутого состояния цепи.

При превышении заданного значения  $U_{3C}$  над величиной  $U_{OC}$  элемент сравнения ЭС открывает транзистор VT1, что соответствует включению двигателя и увеличению его частоты вращения. Рост значения  $\omega(t)$  идет до тех пор, пока величина  $U_{OC}$  не превысит величину  $U_{3C}$ . При  $U_{OC} = U_{3C}$  VT1 закрывается, и двигатель отключается от ИЭЭ и переходит в режим выбега.

Таким образом, осуществляется стабилизация частоты вращения вала двигателя.

#### *Источник электрической энергии.*

Назначением ИЭЭ является обеспечение согласования трехфазной сети переменного тока 380В, 50Гц с преобразователем системы. В его состав основным элементом входит выпрямитель с потенциометром R1, регулирующим напряжение на двигателе при снятии механических характеристик двигателя и системы в целом.

#### *Нагрузочное устройство.*

Назначение НУ - создание регулируемого значения момента нагрузки на валу двигателя. Реализовано НУ в виде электромагнитного тормоза по принципу «баланс-динамо». НУ позволяет определить момент по угловым отклонениям отградуированного лимба.

### 3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

#### 3.1. Расчет статических характеристик

*Расчетные параметры электродвигателя*

Коэффициент ЭДС и электромагнитного момента [9]

$$c = \frac{U_{\text{дв.н}} - I_{\text{дв.н}} \cdot R_{\text{ДВГОР}}}{\omega_{\text{дв.н}}} = \frac{27 - 0.46 \cdot 25}{419} = 0.038 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}.$$

Максимально допустимый ток

$$I_{\text{дв.макс}} = 3 \cdot I_{\text{дв.н}} = 3 \cdot 0.46 = 1.38 \text{ А}.$$

Определяем скорость идеального холостого хода

$$\omega_0 = \frac{U_{\text{н}}}{c} = \frac{27}{0.038} = 710.52 \text{ рад/с}.$$

Проведем расчет естественных электромеханической  $\omega = f(I)$  и механической  $\omega = f(M)$  характеристик двигателя (рис. 3.1).

Выражения для расчета электромеханической и механической характеристик имеют вид

$$\omega = \frac{U_{\text{н}}}{c} - \frac{I \cdot R_{\text{в}}}{\tilde{n}}, \quad \omega = \frac{U_{\text{н}}}{c} - \frac{M \cdot R_{\text{я}}}{c^2}.$$

Так как между током и моментом у ДПТ независимого возбуждения есть линейная зависимость  $M = c \cdot I$ , то для получения механической характеристики достаточно пересчитать по оси X численные значения токов на значения моментов. Расчетные данные сведем в таб. 3.

Таблица № 3 – Расчетные данные для построения статических характеристик

I, А	0	$I_{\text{н}} = 0,46$	$2 \cdot I_{\text{н}} = 0,92$
M, Н·м	0	0,0147	0,0294
$\omega$ , рад/с	710,52	419	105,26



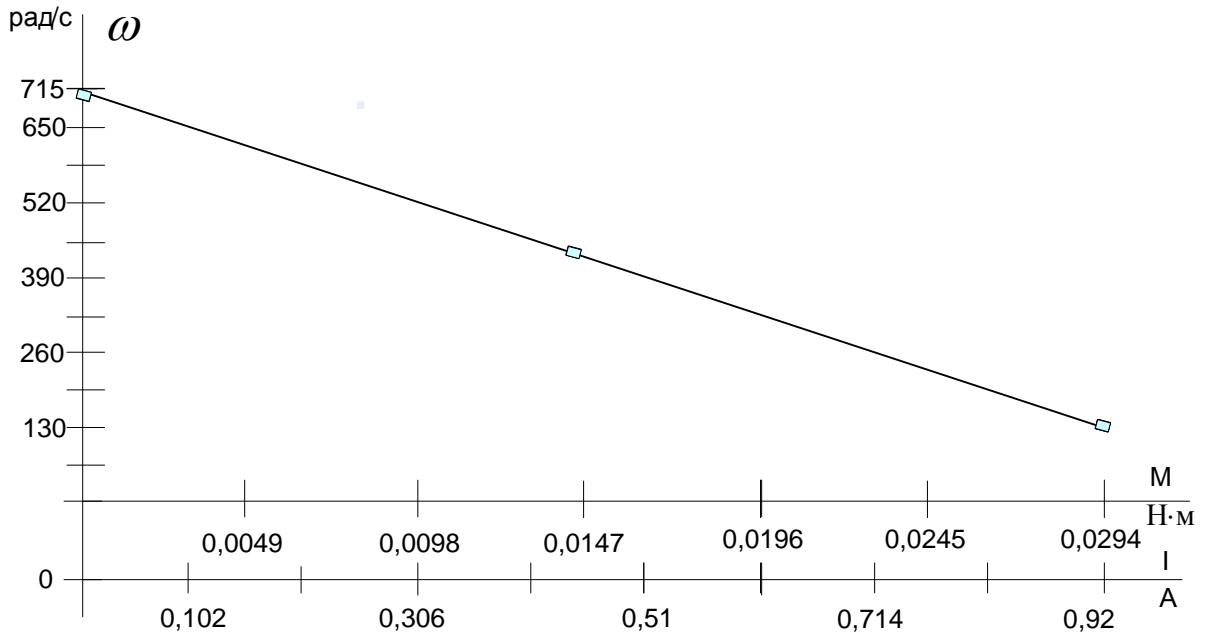


Рисунок 3.1 – Естественные электромеханическая  $\omega = f(I)$  и механическая  $\omega = f(M)$  характеристики двигателя

### 3.2. Расчет динамических характеристик

*Структурная схема и передаточные функции элементов системы.*

В общем виде структурная схема систем управления частотой вращения представлена на рис. 3.2.

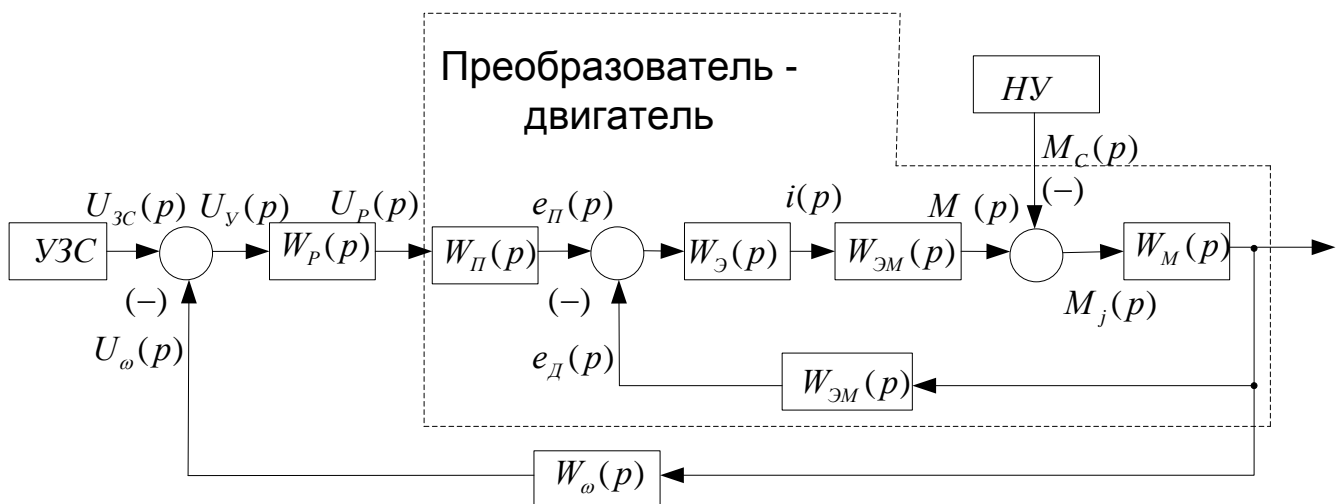


Рисунок 3.2 – Структурная схема управления частотой вращения

На структурной схеме представляются элементы системы с их передаточными функциями и связями между ними. Передаточные функции

определяются на основе математического описания или математической идентификации физических процессов в элементах:

$\omega(p)$  [рад/с] – частота вращения вала двигателя – регулируемая координата системы.

$U_{zc}(p)$  [В] – напряжение задания частоты вращения, формируется устройством задания скорости УЗС.

Входным воздействием системы является  $U_{zc}(p)$  и  $M_c(p)$  – момент сопротивления, значение которого формируется нагрузочным устройством НУ.

Двигатель с преобразователем представлен состоящим из элементов с  $W_\Delta(p)$ ,  $W_{\Delta M}(p)$ ,  $W_M(p)$ ,  $W_\Pi(p)$ .

$$W_\Delta(p) = \frac{i(p)}{e_\Pi(p) - e_d(p)} = \frac{k_\Delta}{T_\Delta p + 1} = \frac{0.04}{0.005p + 1} \quad - \quad \text{передаточная функция}$$

электрического системы:

$$k_\Delta [Cm] = \frac{1}{R} = \frac{1}{25} = 0.04 \quad - \quad \text{коэффициент передачи;}$$

$$T_\Delta [c] = \frac{L}{R} = 0.005 \quad - \quad \text{постоянная времени электрического контура;}$$

$$L [Гн] = T_{\Delta M} \cdot R = 0.005 \cdot 25 = 0.125 \quad - \quad \text{индуктивное сопротивление,}$$

$R$  [Ом] – активное сопротивление контура;

$e_\Pi(p)$  [В],  $e_d(p)$  [В] – ЭДС преобразователя и противо ЭДС вращения двигателя.

$$W_{\Delta M}(p) = \frac{M(p)}{i(p)} = \frac{e_d(p)}{\omega(p)} = k_{\Delta M} = 0.038 \quad - \quad \text{передаточная функция}$$

электрохимической связи;

$$k_{\Delta M} = \frac{U_H - I_H \cdot R}{\omega_H} = \frac{27 - 0.46 \cdot 25}{419} = 0.038 \quad - \quad \text{коэффициент электрохимической}$$

связи.

$$W_M(p) = \frac{\omega(p)}{M(p) - M_c(p)} = \frac{\omega(p)}{M_j(p)} = \frac{k_M}{T_M \cdot p} = \frac{17310}{0.025 \cdot p} \quad - \quad \text{передаточная функция}$$

механического контура системы;

$$k_M = \frac{1}{k_{эм}^2 \cdot k_э} = \frac{1}{0.038^2 \cdot 0.04} = 17310 \quad - \text{коэффициент передачи механического}$$

контура;

$T_M [с]$  – постоянная времени механического контура;

$J [Нм \cdot с^2 / рад]$  – момент инерции системы.

$$W_{\Pi}(p) = \frac{e_{\Pi}(p)}{U_p(p)} = k_{\Pi} \quad - \text{передаточная функция преобразователя};$$

$$k_{\Pi} = \frac{\omega_0}{U_{зс}} \cdot k_{эм} = \frac{710.52}{10} \cdot 0.038 = 2.7 \quad - \quad \text{передаточный} \quad \text{коэффициент}$$

преобразователя;

$U_p(p) [В]$  – напряжение на выходе регулятора.

Для бесконтактного двигателя постоянного тока в качестве преобразователя выступает транзисторный коммутатор, который здесь включен в состав самого двигателя.

$$W_p(p) = \frac{U_p(p)}{U_{зс}(p) - U_{\omega}(p)} = k_p = 0.423 \quad - \text{передаточная функция и коэффициент}$$

регулятора:

$U_{\omega}(p) [В]$  – напряжение обратной связи по частоте вращения.

$$W_{\omega}(p) = \frac{U_{\omega}(p)}{\omega(p)} = k_{\omega} = 0.024 \quad - \text{передаточная функция и коэффициент обратной}$$

связи.

Теоретическое исследование динамических характеристик бесконтактного двигателя постоянного тока производилось с использованием структурной схемы, полученной с помощью компьютерной программы «Win DORA». Имитационная модель вентильного электропривода представлена на рис. 3.3. В ходе данного исследования рассматривается работа двигателя (с нагрузкой и без нее) при различных режимах работы. Таких как:

- пуск;
- реверс;
- пуск – останов.

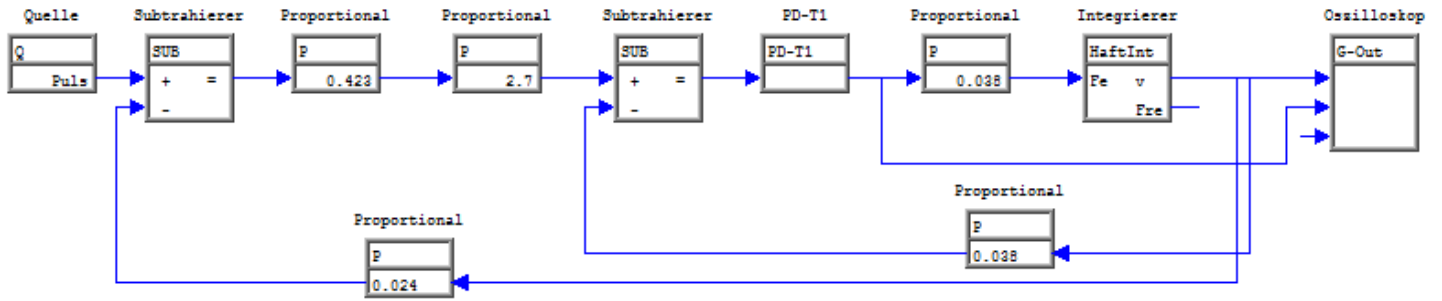


Рисунок 4.3 – Имитационная модель вентильного электропривода

Графики переходных процессов  $\omega = f(t)$   $i = f(t)$  представлены на рисунках 3.4 ,..., 3.9.

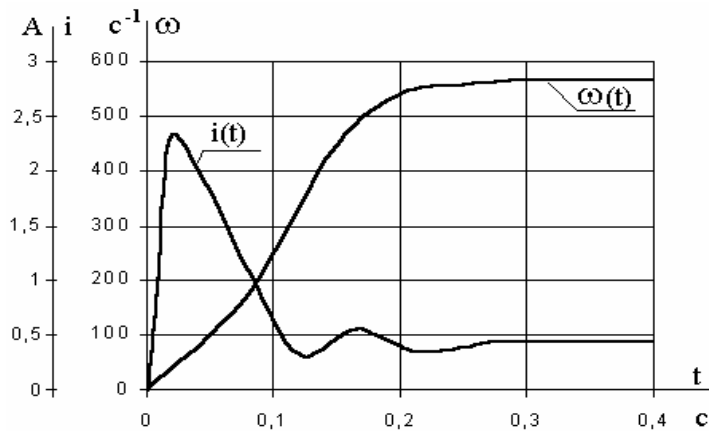


Рисунок 3.4 – Переходные процессы при пуске двигателя:

при  $U_y=7,5B$  ;  $I_{нарп}=0 A$  ;  $\omega_{уст}=560 c^{-1}$  ;  $t_{пп}= 0.26 c$

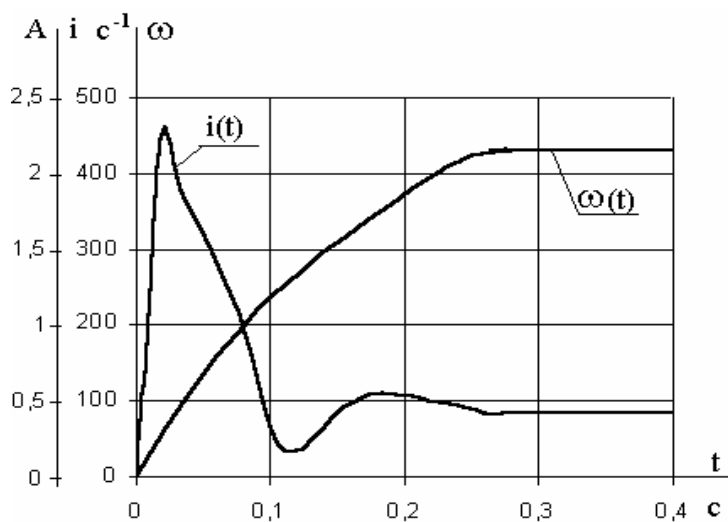


Рисунок 3.5 – Переходные процессы при пуске двигателя:

при  $U_y=7,5B$  ;  $I_{нарп}=0,2$  ;  $\omega_{уст}=430 c^{-1}$  ;  $t_{пп}= 0.24 c$

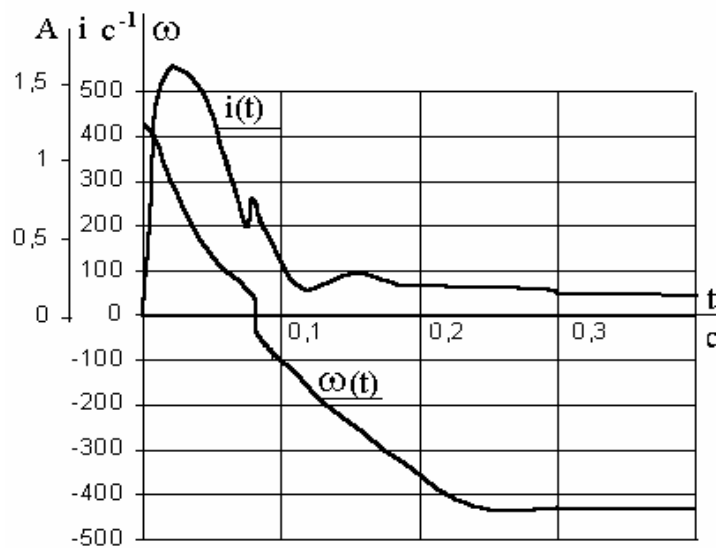


Рисунок 3.6 – Переходные процессы при реверсе двигателя:  
 при  $U_y=5B$  ;  $I_{нагр}=0 A$ ;  $\omega_{уст}=419 c^{-1}$ ;  $t_{пп}= 0.22 c$

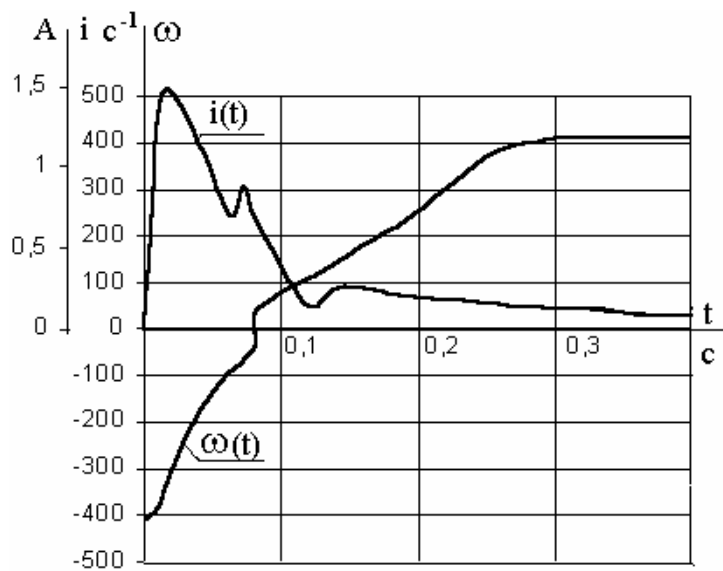


Рисунок 3.7 – Переходные процессы при реверсе двигателя:  
 при  $U_y=5B$  ;  $I_{нагр}=0,2 A$ ;  $\omega_{уст}=412 c^{-1}$ ;  $t_{пп}= 0.27 c$

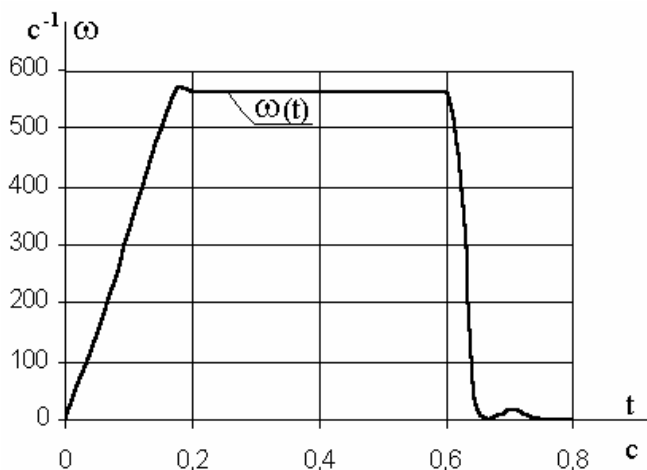


Рисунок 3.8 – Переходные процессы двигателя в режиме пуск-останов:  
 при  $U_y=7,5В$ ;  $I_{нагр}=0 А$ ;  $\omega_{уст}=570 с^{-1}$ ;  $t_{пн}= 0.19 с$

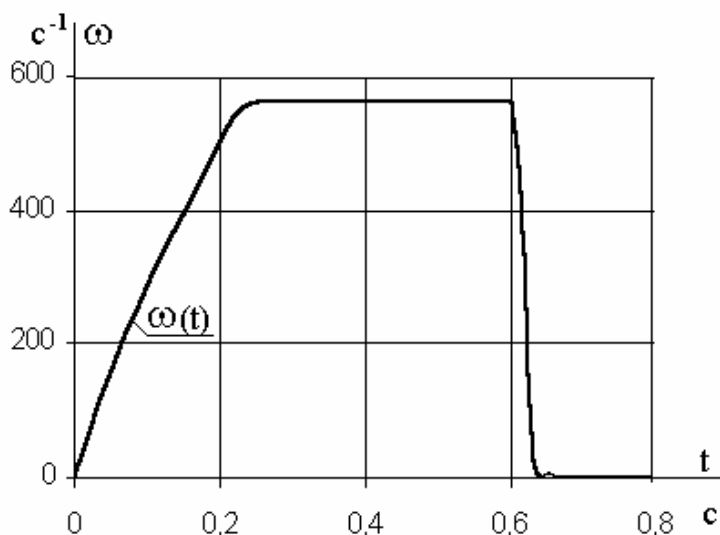


Рисунок 3.9 – Переходные процессы двигателя в режиме пуск-останов:  
 при  $U_y=7,5В$ ;  $I_{нагр}=0,2 А$ ;  $\omega_{уст}=560 с^{-1}$ ;  $t_{пн}= 0.21 с$

Вывод: При исследовании модели вентильного электропривода в программной среде «Win DORA» было снято несколько характеристик, графиков переходных процессов пуска, реверса и останова с и без нагрузки. Из вышеприведенных рисунков (графиков) видно, что при пуске с нагрузкой система обрабатывает гораздо лучше заданные параметры, чем при пуске без нагрузки, что нельзя сказать про реверс и пуск останов. При реверсе и при режиме пуск-останов, при отсутствии нагрузки, время переходного процесса оказалось меньше, и скорость практически выходит на номинальную (при реверсе).

## 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### *Динамические характеристики бесконтактного ДПТ*

Для изучения механических и динамических характеристик бесконтактного двигателя постоянного тока предусмотрено использование компьютера для автоматизации снятия осциллограмм. Для получения и обработки осциллограмм используется программа “Sbdpt”, созданная разработчиками стенда. Программа “Sbdpt” реализована на языке программирования “Паскаль” и предназначена для использования на ЭВМ типа АТ/ХТ. Полученные осциллограммы  $\omega = f(t)$  приведены на рисунках 4.1 ,...,4.13 и были получены с использованием двухлучевого осциллографа типа UTD2025CL.

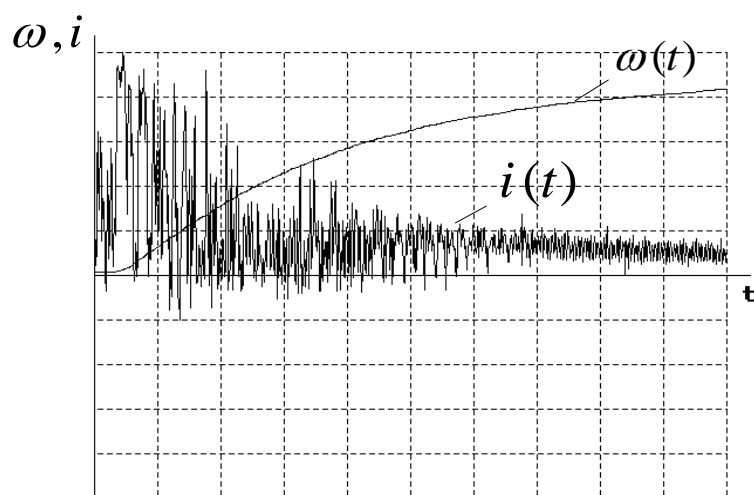


Рисунок 4.1 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=565$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0$ , ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

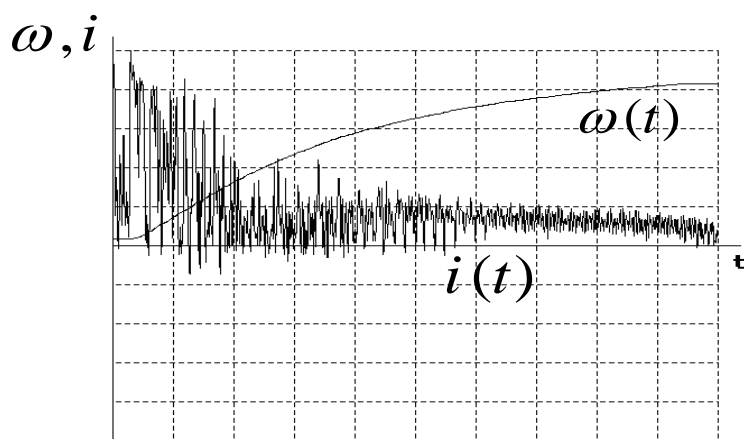


Рисунок 4.2 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=6$  В,  $\omega_{уст}=510$   $c^{-1}$ ,  $I_{нагр}=0$ , ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$   $c^{-1}$ /дел)

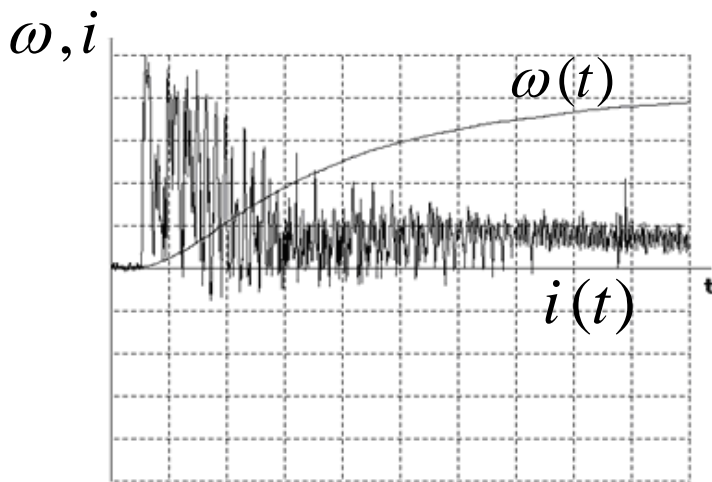


Рисунок 4.3 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=520$   $c^{-1}$ ,  $I_{нагр}=0.1$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$   $c^{-1}$ /дел)

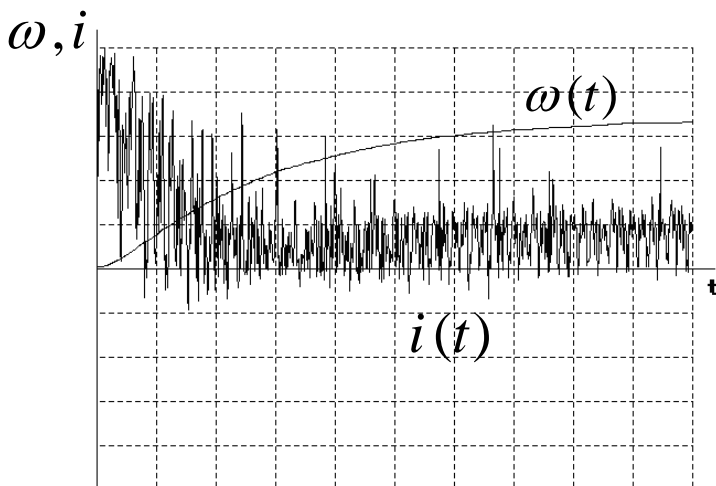


Рисунок 4.4 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=430$   $c^{-1}$ ,  $I_{нагр}=0.2$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$   $c^{-1}$ /дел)

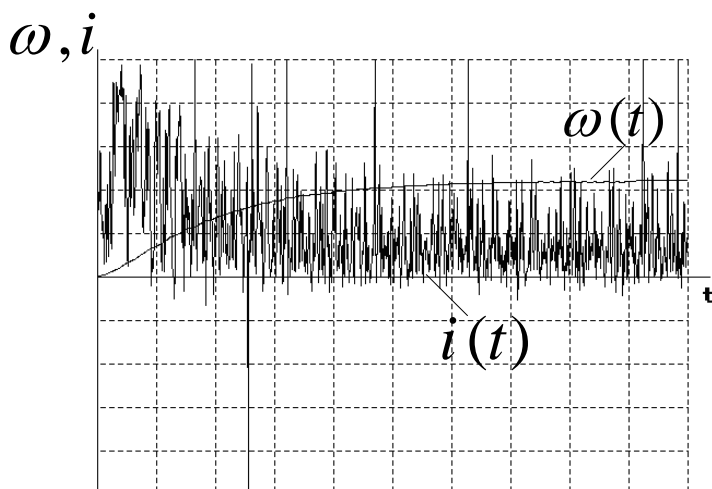




Рисунок 4.5 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=270$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.4$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

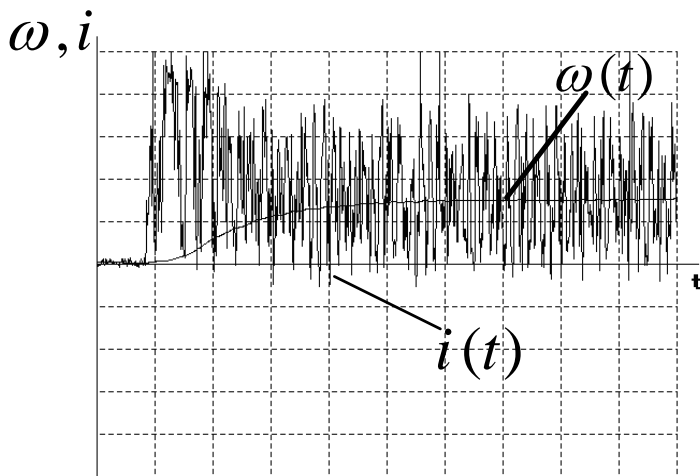


Рисунок 4.6 – Переходные процессы при пуске двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=190$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.5$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

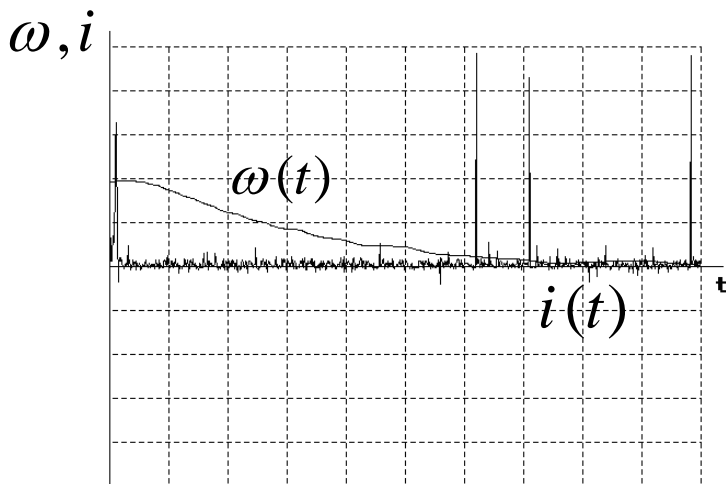


Рисунок 4.7 – Переходные процессы при торможении двигателя: при  $U_y=7.5$  В,  $\omega_{уст}=255$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.4$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

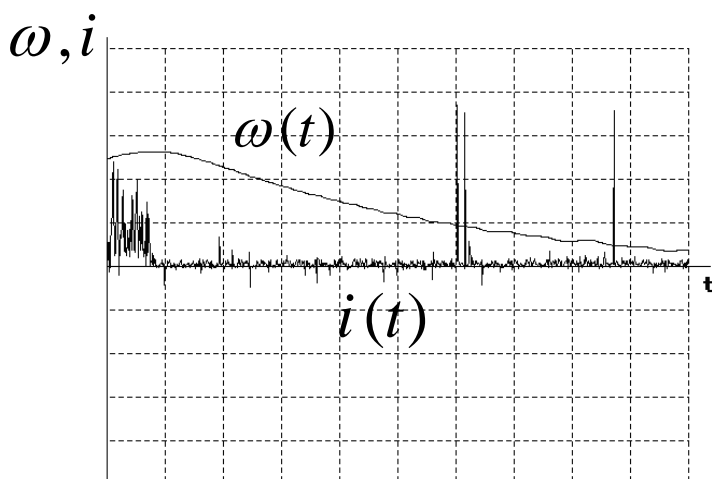


Рисунок 4.8 – Переходные процессы при торможении двигателя: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=330$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.3$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

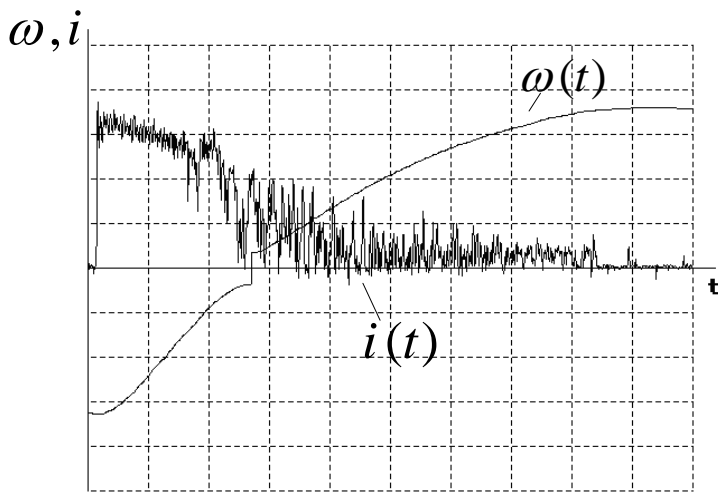


Рисунок 4.9 – Переходные процессы при реверсе двигателя: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=435$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0$ , ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.4$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

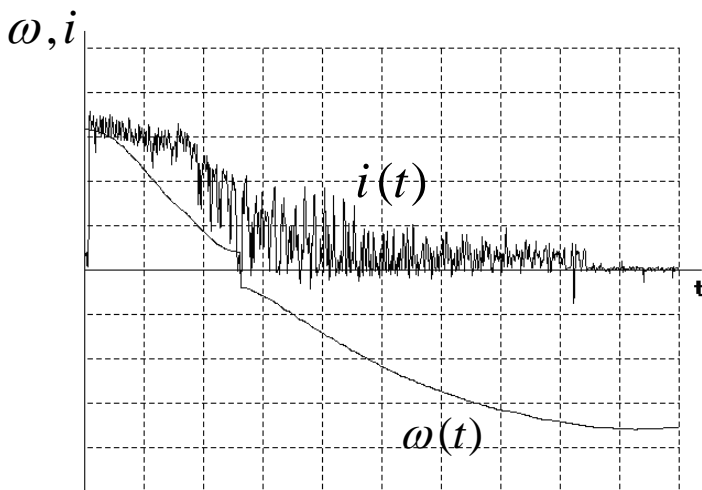


Рисунок 4.10 – Переходные процессы при реверсе двигателя: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=-435$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0$ , ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.4$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

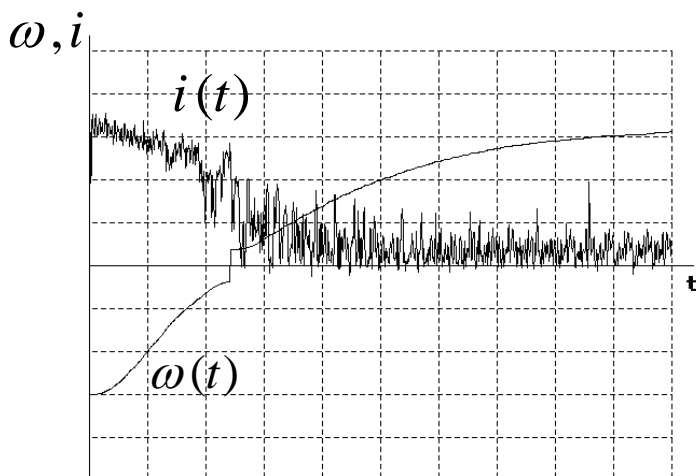


Рисунок 4.11 – Переходные процессы при реверсе двигателя под нагрузкой: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=420$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.2$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.4$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

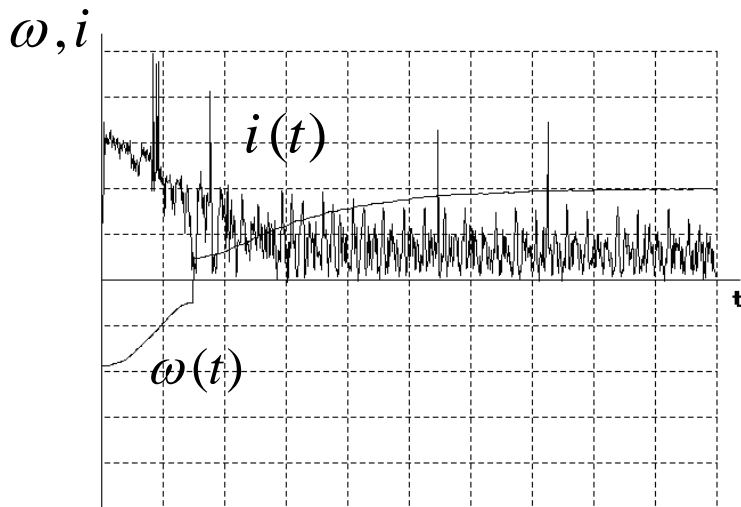


Рисунок 4.12 – Переходные процессы при реверсе двигателя под нагрузкой: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=250$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0.4$  А, ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.4$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

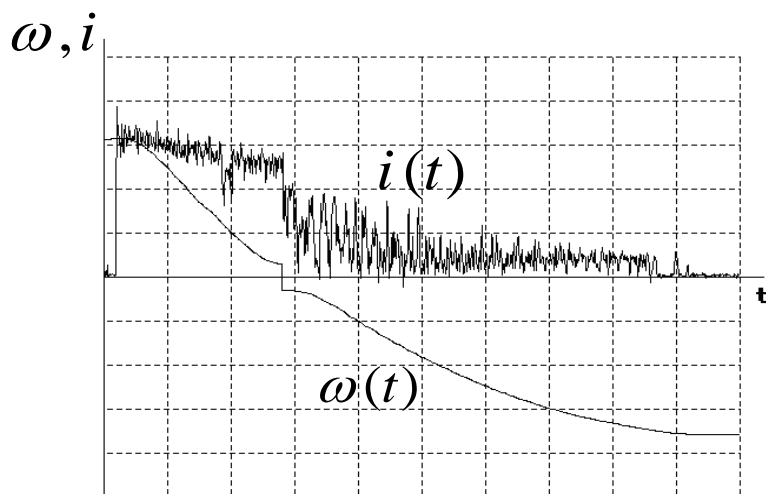


Рисунок 4.13 – Переходные процессы при реверсе двигателя: при  $U_y=5$  В,  $\omega_{уст}=440$  с<sup>-1</sup>,  $I_{нагр}=0$ , ( $t_{баз}=30$  мс/дел,  $I_{баз}=0.2$  А/дел,  $\omega_{баз}=120$  с<sup>-1</sup>/дел)

Анализируя полученные графики переходных процессов видим, что переходные процессы в двигателе имеют аperiodический характер, перерегулирование  $\sigma=0$ , время переходных процессов удовлетворяет условиям технического задания, причем наблюдается достаточная сходимость характеристик, полученных теоретически, моделированием с помощью компьютерной программы “DORA” и экспериментально, снятых с помощью платы интерфейса и компьютерной программы “Sbdpt”

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела ВКР заключается в выполнении анализа и проведения комплекса работ в рамках данного проектирования. Будет определена трудоемкость проводимых работ, создан график проведения работ, произведен расчет стоимости материальных затрат, а так же заработной платы и сформирован бюджет затрат на проектирование.

### 5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию точности, т.к. как для разных типов режимов работы, требуется разная величина подачи угля в установки соответствующей мощности.

А также следует выделить сегменты рынка:

- по разработке, проектированию и производству;
- по установке и пуско-наладке;
- по дальнейшему обслуживанию и ремонту.

Исходя из сегмента рынка, будет произведено сегментирование коммерческих организаций по отраслям. Сегментирование приведено в табл.9.

Таблица 9. Карта сегментирования рынка разработок для ЭП

	Электропривода постоянного тока с датчиками скорости	Асинхронные электропривода с датчиками скорости	Бездатчиковые асинхронные электропривода
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
<b>Фирма А</b>		<b>Фирма Б</b>	

Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для электроприводов постоянного тока и асинхронных электроприводов с датчиками скорости

- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых асинхронных электроприводов;

- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой бездатчиковых асинхронных электроприводов.

### 5.1.1 Технология QuaD

*Технология QuaD* (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

1) *Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:*

- влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
- перспективность рынка;
- пригодность для продажи;
- перспективы конструирования и производства;
- финансовая эффективность.
- правовая защищенность и др.

2) *Показатели оценки качества разработки:*

- динамический диапазон;
- вес;
- ремонтпригодность;
- энергоэффективность;
- долговечность;
- эргономичность;
- унифицированность;

- уровень материалоемкости разработки и др.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 10).

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)x100
1	2	3	4	5	
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	95	100	0,95	6,65
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,12	87	100	0,87	10,44
3. Помехоустойчивость	0,03	90	100	0,9	2,7
4. Энергоэкономичность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Надежность	0,06	97	100	0,97	5,82
6. Уровень шума	0,03	80	100	0,8	2,4
7. Безопасность	0,01	80	100	0,8	2,4

Продолжение таблицы 10.

8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	75	100	0,75	1,5
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,04	85	100	0,85	3,4
10. Простота эксплуатации	0,04	98	100	0,98	3,92
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	96	100	0,96	4,8
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	100	100	1	6
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
1. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,9	3,6
2. Уровень проникновения на рынок	0,04	70	100	0,7	2,8
3. Цена	0,1	65	100	0,65	6,5
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	95	100	0,95	6,65
5. Послепродажное обслуживание	0,03	90	100	0,9	2,7
6. Финансирование научной разработки	0,05	78	100	0,78	3,9
7. Срок выхода на рынок	0,03	71	100	0,71	2,13
8. Наличие сертификации разработки	0,04	80	100	0,8	3,2
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>91,41</b>

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i = 0,07 \cdot 95 + 0,12 \cdot 87 + \dots + 0,04 \cdot 80 = 91,41,$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Значение  $P_{cp}$  получилось равным 91,41, что говорит о том, что данная разработка является перспективной.

### 5.1.2 SWOT-анализ

**SWOT** – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

**Первый этап** заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1. **Сильные стороны.** Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции. Другими словами, сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован. При этом рекомендуется задавать следующие вопросы:

- Какие технические преимущества вы имеете по сравнению с конкурентами?
- Что участники вашего проекта умеют делать лучше всех?
- Насколько ваш проект близок к завершению по сравнению с конкурентами?

2. **Слабые стороны.** Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами. Чтобы прояснить в каких аспектах вас, возможно, превосходят конкуренты, следует спросить:

- Что можно улучшить?
- Что делается плохо?
- Чего следует избегать?

3. **Возможности.** Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты



проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Формулирование возможностей проекта можно упростить, ответив на следующие вопросы:

- Какие возможности вы видите на рынке? Проводите поиск свободных ниш, но помните, что свободными они остаются недолго. Благоприятная возможность, увиденная сегодня, может перестать существовать уже через три месяца. Благоприятные возможности могут возникать в силу действия следующих факторов:

- изменения в технологической сфере и на рынке – как мирового, так и регионального масштаба;

- изменения правительственной политики в отношении отрасли, где проводится научное исследование;

- изменения социальных стандартов, профиля населения, стиля жизни и т.д.

- В чем состоят благоприятные рыночные возможности?

- Какие интересные тенденции отмечены?

- Какие потребности, пожелания имеются у покупателя, но не удовлетворяются конкурентами?

4. **Угроза** представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту. Для выявления угроз проекта рекомендуется ответить на следующие вопросы:

- Какие вы видите тенденции, которые могут уничтожить ваш научно-исследовательский проект или сделать его результаты устаревшими?

- Что делают конкуренты?

- Какие препятствия стоят перед вашим проектом (например, изменения в законодательстве, снижение бюджетного финансирования проекта, задержка финансирования проекта и т.п.)?

- Изменяются ли требуемые спецификации или стандарты на результаты научного исследования?

- Угрожает ли изменение технологии положению вашего проекта?

- Имеются ли у руководства проекта проблемы с материально-техническим обеспечением?

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (табл. 11).

Таблица 11. Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p> <p>С4.Повышение производительности труда.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p> <p>С6. Высокий срок эксплуатации.</p> <p>С7.Надежность данной системы по сравнению с другими.</p> <p>С8. Высокое качество продукции.</p> <p>С9. Универсальность схемы управления.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>Сл2. Большой срок выхода на рынок</p> <p>Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследованиях</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p>В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>		
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p> <p>У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.</p> <p>У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>		

Описание сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта, его возможностей и угроз должно происходить на основе результатов анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

**Второй этап** состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Полученная интерактивная матрица проекта представлена в табл. 12.

Таблица 12. Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта										
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	B1	0	+	0	0	+	0	+	+	+
	B2	+	+	+	+	-	+	+	+	+
	B3	+	-	+	+	-	+	+	0	+
	B4	+	-	-	0	+	+	+	+	+
	B5	+	0	+	+	+	+	+	+	+

Результаты анализа таблицы:

B2B3B4C1C6C7C9

B1C2C5C7C8C9

B4C1C5C6C7C8C9

B5C1C3C4C5C6C7C8C9

Продолжение таблицы 12.

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-
	B4	-	-	0
	B5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:  
B5C1C3

Продолжение таблицы 12.

Сильные стороны проекта										
Угрозы		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	У1	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	У2	0	0	-	-	-	-	-	-	+
	У3	+	0	+	+	-	+	0	0	0
	У4	-	-	-	0	-	-	-	-	-
	У5	0	-	-	-	+	-	-	-	-

У1C5 Результаты анализа таблицы:  
У3C1C3C4C6  
У2C9  
У5C5

Окончание таблицы 12.

Слабые стороны проекта				
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	0	0
	У2	-	0	+
	У3	+	+	+
	У4	+	-	+
	У5	+	0	+

Результаты анализа таблицы:  
У1Сл1  
У2Сл3  
У3Сл1Сл2Сл3  
У4У5Сл1Сл3

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (табл. 13).

Таблица 13. Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Повышение производительности труда. С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл2. Большой срок выхода на рынок Сл3. Высокая стоимость лицензионного программного обеспечения</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 13.

<p><b>Возможности:</b>          В1.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ          В2.Появление дополнительного спроса на новый продукт          В3. Снижение стоимости на электроэнергию и материалы, используемые при научных исследований          В4. Повышение стоимости конкурентных разработок          В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>B2B3B4C1C6C7C9          B1C2C5C7C8C9          B4C1C5C6C7C8C9          B5C1C3C4C5C6C7C8C9</p>	<p>B5Cл1Cл3</p>
<p><b>Угрозы:</b>          У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.          У2. Развитая конкуренция технологий производства          У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции          У4.Экономическая ситуация в стране, влияющая на спрос.          У5. Появление новых конкурентных разработок.</p>	<p>У1С5          У3С1С3С4С6          У2С9          У5С5</p>	<p>У1Сл1          У2Сл3          У3Сл1Сл2Сл3          У4У5Сл1Сл3</p>

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

## 5.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

В предыдущем разделе были описаны методы, которые позволяют выявить и предложить возможные альтернативы проведения исследования и доработки результатов. К их числу относятся технология QuaD, оценка конкурентных инженерных решений, SWOT-анализ. К ним можно добавить ФСА-анализ, метод Кано. Однако, в большей степени все приведенные методы ориентированы на совершенствование результатов научного исследования, находящегося на стадии создания макета, модели системы, прототипа, конечного продукта. Если разработка находится на перечисленных стадиях жизненного цикла нового продукта, можно предложить не менее трех основных вариантов совершенствования разработки или основных направлений научного исследования.

Разработка относится к вышеописанным стадиям, поэтому нет необходимости использовать морфологический подход.

### 5.3. Планирование научно-исследовательских работ

#### 5.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в табл.14.

Таблица 14. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер
	6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер
	7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер
	8	Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»	Инженер
	9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Инженер
	10	Оптимизация САР электропривода	Инженер
	11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель

Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	13	Технико-экономические расчеты	Инженер
	14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер
	15	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 5.3.2. 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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

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

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

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

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{p_i}$  – 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.

### 5.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (3)$$

Где  $T_{ки}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (4)$$

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

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

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

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

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 15).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \approx 2 \text{ чел} - \text{дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня};$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 116 - 14} = 1,553;$$

$$T_{к} = T_p \cdot k_{кал} = 2 \cdot 1,553 = 3,106 \approx 4 \text{ дня}.$$



Таблица 15. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях		Длительность работ в календарных днях	
	$t_{min}$ чел-дни		$t_{max}$ чел-дни		$t_{ожс}$ чел-дни		$T_{pi}$		$T_{ki}$	
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление и утверждение технического задания	1		2		2		2		4	
Подбор и изучение материалов по теме		5		8		7		7		11
Описание объекта автоматизации (модернизации)		3		4		4		4		7
Календарное планирование работ по теме	3		5		4		4		7	
Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП		4		9		6		6		10
Расчет параметров двигателя и модели		4		6		5		5		8
Выбор способа регулирования скорости		2		4		8		8		12
Расчет предельных характеристик системы «преобразователь–электродвигатель»		2		4		3		3		5
Разработка математической модели системы АУ ЭП	3		6		5		5		8	
Оптимизация САР электропривода		4		8		6		6		10
Разработка программы имитационного моделирования		5		8		7		7		11
Оценка эффективности полученных результатов	2		3		3		3		5	
Технико-экономические расчеты		3		7		5		5		8
Вопросы безопасности и экологичности проекта		3		7		5		5		8
Составление пояснительной записки		1		3		2		2		4

На основе табл. 15 строим календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 16. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				фев.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11														
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7														
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10														
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8														
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12														
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5														
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3														
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10														
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11														

Продолжение таблицы 16.

12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2																	
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8																	
14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8																	
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4																	
	Общее время на проект		111																	
	Время работы инженера		95																	
	Время работы руководителя		16																	

#### 5.3.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Все необходимое оборудование и материалы имеются в лаборатории, поэтому расчет материальных затрат проводить не будем.

##### 5.3.4.1. 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. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 17.

Таблица 17. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4	2351	9404
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	11	1523	16753
3	Описание объекта автоматизации (модернизации)	Инженер	7	1523	10661
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	7	2351	16457
5	Разработка структурной (принципиальной) схемы ЭП	Инженер	10	1523	15230
6	Расчет параметров двигателя и модели	Инженер	8	1523	12184
7	Выбор способа регулирования скорости	Инженер	12	1523	18276
8	Расчет предельных характ. системы «преобр.– электродвиг.»	Инженер	5	1523	7615
9	Разработка математической модели системы АУ ЭП	Руководитель	3	2351	7053
10	Оптимизация САР электропривода	Инженер	10	1523	15230
11	Разработка программы имитационного моделирования	Инженер	11	1523	16753
12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	2	2351	4702
13	Технико-экономические расчеты	Инженер	8	1523	12184

Продолжение таблицы 17.

14	Вопросы безопасности и экологичности проекта	Инженер	8	1523	12184
15	Составление пояснительной записки	Инженер	4	1523	6092
Итого:					180778

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 16);

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{53594 \cdot 10,4}{237} = 2351 \text{ руб.},$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (табл.18).

Таблица 18. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	237	237

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{TC} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p = 27484 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53594 \text{ руб}$$

где  $Z_{TC}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $Z_{TC}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $Z_{TC}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{TC}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_T$  и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл.19.

Таблица 19. Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	27484	0,3	0,2	1,3	53594	2351	16	37616
Инженер	17808	0,3	0,2	1,3	34725	1523	95	144685
Итого $Z_{осн}$								182301

### 5.3.4.2. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,12 \cdot 37616 = 4514 \text{ руб}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

### 5.3.4.3. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 0,271 \cdot (37616 + 4514) = 11417 \text{ руб}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2015 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представляем в табличной форме (табл.20).

Таблица 20. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	37616	4514
Студент-дипломник	144685	17362
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>		
<b>Руководитель</b>	<b>11417</b>	
<b>Инженер</b>	<b>43914</b>	

### 5.3.4.4. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие 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:

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{нр} = (З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (182301 + 21876 + 55331) = 41521 \end{aligned}$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 5.3.4.5. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл.21.

Таблица 21. Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	182301	Пункт
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21876	Пункт
3. Отчисления во внебюджетные фонды	55631	Пункт
4. Накладные расходы	41521	16 % от суммы ст.
5. Бюджет затрат НТИ	301329	Сумма ст.

### 5.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Финансовую эффективность проекта можно оценить при помощи интегрального финансового показателя:

$$I_{фин}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где:

$I_{фин}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Расчёт интегрального финансового показателя проводим в виде табличной формы.

Таблица 22 – Расчёт интегрального финансового показателя конкурентных технических решений

Вариант схемы	$\Phi_{max}$ , руб.	$\Phi_{pi}$ , руб.	$I_{фин}^{исп.i}$ , о.е.
1	43115,6	43115,6	1
2		32850	0,76
3		30600	0,709



Величина интегрального финансового показателя разработки схемы 3 (бездатчиковый асинхронный электропривод) отражает соответствующее численное удешевление стоимости электропривода при одинаковой мощности. Схема 3 имеет наименьший интегральный показатель среди трёх конкурентных технических решений, и, следовательно, вариант схемы является наиболее финансово эффективным, что является определяющим критерием.

Определение ресурсоэффективности проекта схемы 3 можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

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

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

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

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности схем проводим в виде табличной формы.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Электропривод постоянного тока, с датчиком скорости	Асинхронный электропривод, с датчиком скорости	Бездатчиковый асинхронный электропривод
1. Безопасность	0,25	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,10	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,10	4	4	4
4. Энергосбережение	0,15	4	4	5
5. Надёжность	0,25	5	5	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	4	5
Итого:	1,00	4,5	4,5	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,25 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 = 4,6.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет достаточно высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, применение электроприводов постоянного тока и сейчас остается эффективным. Переход к бездатчиковому приводу, целесообразен в момент реструктуризации производства, или в тех производственных процессах, когда применение других представленных схем не целесообразно.

### *Заключение по разделу*

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения в сравнении с другими перспективами, был произведен SWOT-анализ, планирование, которое ограничило выполнение работы в 111 дня. Также был посчитан бюджет НИИ равный 301329 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

## 6. Социальная ответственность

### 6.1. Техногенная безопасность

Рабочей зоной является аудитория 253 восьмого корпуса ТПУ. Это помещение линейными размерами 5x10 м, высотой 3 м находится на второй этаже здания. Имеется окна, в которые проникает солнечный свет. С противоположной от окна стороны находится дверной проем. Кабинет оборудован восемью светильниками общего освещения. Аудитория располагает шестью рабочими местами, оборудованными персональными компьютерами. Расположение элементов рабочей зоны приведено на рис. 6.1.



Рисунок 6.1 – План аудитории 253 восьмого корпуса ТПУ

В параграфе «Техногенная безопасность» необходимо проанализировать факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных и опасных проявлений. К первой группе факторов относят микроклимат помещения, освещение рабочей зоны, электромагнитное поле и шум, а также психофизические факторы. В качестве второй группы необходимо рассмотреть возможность поражения электрическим током.

#### 6.1.1. Освещение

Большее количество информации внешнего мира воспринимается человеком через зрительные органы. Качество этой информации зависит в большей степени от освещенности зоны, в которой находится человек. В случае, если освещение является неудовлетворительным, возможно искажение получаемой информации, утомление зрения и организма в целом, причинение травм вследствие потери ориентации, снижение производительности труда [18].

Одним из основных количественных показателей, характеризующих освещение, является освещенность – это поверхностная плотность светового

потока. Единица освещенности – люкс (лк). Один лк – это освещенность  $1 \text{ м}^2$  поверхности при падении на нее светового потока в 1 лм.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода, искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и комбинированное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. В случае данной рабочей зоны естественное освещение чрезвычайно мало, поэтому выбору искусственного освещения уделено высокое внимание [19].

Освещение в помещениях регламентируется нормами в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки для создания заданной освещённости. В расчётном задании должны быть решены вопросы выбора и расчета [20]:

- системы освещения;
- источников света;
- светильников и их размещение;
- нормируемой освещённости;
- освещения методом светового потока.

*Выбор системы освещения.* Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Для данной рабочей зоны рассчитывается общее равномерное освещение.

*Выбор источников света.* Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. Выбираем люминесцентные лампы стандартной цветопередачи T8 G13, диаметром 26 мм фирмы Philips [21].

*Выбор светильников и их размещение.* Светильник – прибор, перераспределяющий свет ламп внутри больших телесных углов и обеспечивающий угловую концентрацию светового потока. При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические

показатели, условия среды. Выбираем светильник накладной WRS/S, крепящийся на поверхность потолка, под люминесцентную лампу 26 мм (T8 G13), мощностью 4x18 Вт, производитель «Световые Технологии» [22]. Параметры светильника: 610x625x80 мм.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

- $H=2,8$  – высота помещения, м;
- $h_c=0,08$  – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;
- $h_n = H - h_c=2,72$  – высота светильника над полом, высота подвеса, м;
- $h_p=0,7$  – высота рабочей поверхности над полом, м;
- $h = h_n - h_p = 2,02$  – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м;
- $L$  – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются  $L_A$  и  $L_B$ ),
- $l$  – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.

Оптимальное расстояние  $l$  от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным  $L/3$ .

Наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное размещение и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны). Разместим светильники по сторонам квадрата.

При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно рядами – параллельно рядам оборудования. Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина  $\lambda = L/h$  – наивыгоднейшее расстояние между осветительными приборами, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. Эта величина зависит от кривая силы света светильника. Для косинусной кривой силы света (кривая типа Д), характерной для выбранного светильника,  $\lambda = 1,2 \dots 1,6$ . Принимаем  $\lambda = 1,4$ .

Расстояние между светильниками  $L$  определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,02 = 2,83 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены:

$$l = L/3 = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,02 = 0,94 \text{ м.}$$

Количество рядов светильников и светильников в ряду одинаково (по причине квадратной формы помещения) определим по формуле:

$$N = M = \frac{A}{L} = \frac{5}{2,83} = 1,77 \approx 2,$$

где  $A$  – ширина помещения;

$L$  – расстояние между светильниками.

Общее количество светильников равно:

$$n = N^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8.$$

*Выбор нормируемой освещённости.* Основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95 [23]. Выбор освещённости осуществляется в зависимости от размера объёма различения (толщина линии, риски, высота буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона.

В соответствии с требованиями по работе ПК, при работе с экраном в сочетании с работой над документами наиболее оптимальной для работы с экраном является освещённость 300 лк [24].

*Расчёт общего равномерного освещения.*

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле [2]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta} \cdot 100 = \frac{300 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 8 \cdot 53} \cdot 100 = 1459 \text{ лм},$$

где  $E_n$  – нормируемая минимальная освещённость, лк;

$S$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$K_3$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, наличие в атмосфере цеха дыма, пыли; для помещения с малым выделением пыли принимаем равным 1,5 [20];

$z$  – коэффициент неравномерности освещения, отношение  $E_{\text{ср.}}/E_{\text{min}}$ ; для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

$N$  – число ламп в светильнике, шт;

$n$  – число светильников;

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

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения  $i$ , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью  $h$  и коэффициентов отражения стен  $\rho_c$  и потолка  $\rho_n$ .

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = 1,238.$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно  $\rho_c=50\%$  и потолка  $\rho_n=30\%$ . Значения коэффициента использования светового потока  $\eta$  светильников с люминесцентными лампами примем равным 53 % [20].

Рассчитав световой поток  $\Phi$ , зная тип лампы, выбираем ближайшую стандартную лампу – Philips TL-D 18W/54-765 мощностью 18 Вт. Характеристики такого типа ламп приведены в табл. 4 [21].

Таблица 4 – Характеристики выбранного типа ламп

Артикул	Мощность, Вт	Световой поток, Лм	Цветовая температура, К	Цоколь	L, мм	D, мм	Производитель
TL-D 18W/54-765	18	1450	6500	G13	590	26	Philips

Проведенный расчет вполне соответствует реализованному в настоящее время варианту освещения в помещении – четыре светильника с четырьмя люминесцентными лампами по 18 Вт каждая. Приведем план расположения светильников в помещении в соответствии с расчетом (рис. 6.2).

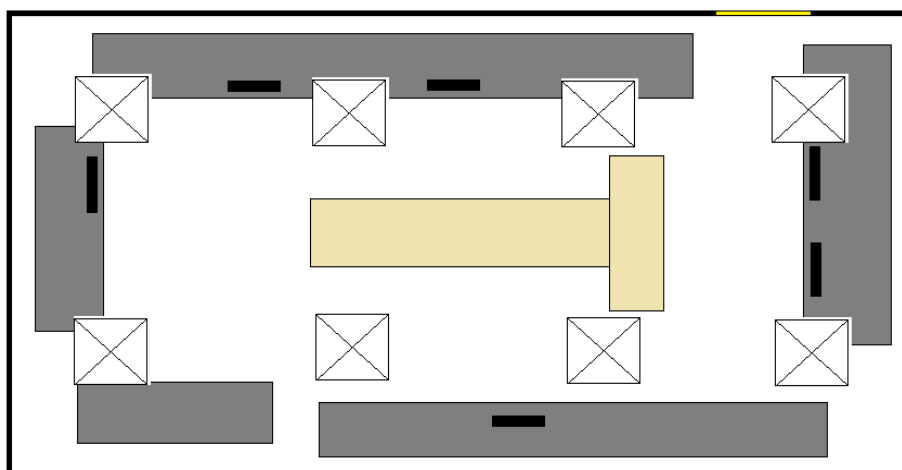


Рисунок 6.2 – План размещения светильников в помещении

### 6.1.2. Шум

Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры.

Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем

месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [24, 25]. Рабочая зона соотносится с категорией «Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях». Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для такой категории приведены в табл. 5 [25].

Таблица 5. – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
93 дБ	79 дБ	70 дБ	68 дБ	58 дБ	55 дБ	52 дБ	52 дБ	49 дБ	60

Приведем уровни шума источников в помещения (дБ): жесткий диск – 40, вентилятор – 45, монитор – 17, клавиатура – 10, ноутбук – 40, МФУ – 42.

Для расчета уровня шума, возникающего от нескольких источников, используется принцип энергетического суммирования излучений отдельных источников [19]:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_i} ;$$

$$L = 10 \lg (5 \cdot 10^{0.140} + 5 \cdot 10^{0.145} + 5 \cdot 10^{0.117} + 5 \cdot 10^{0.110} + 10^{0.140} + 2 \cdot 10^{0.142}) = 53,98 \text{ дБА.}$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления  $i$ -го источника шума;

$n$  – количество источников шума.

По расчету получено значение звука в помещении ~54 дБА, которое не превышает предельно установленную величину в 60 дБА, что говорит о соблюдении уровня шума в рабочей зоне. Дополнительно снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Также звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в



складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна [27].

### 6.1.3. Микроклимат

Под микроклиматом производственных помещений понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей. Перечисленные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают влияние на работоспособность человека, его здоровье. Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального течения физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Когда это условие соблюдается, наступают условия комфорта и у человека не ощущается беспокоящих его тепловых ощущений - холода или перегрева [19, 26].

В соответствии с [24, 27], параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Тип работ, выполняемых в рассматриваемом помещении, относится к категории Ia. Это работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные величины показателей микроклимата приведены табл. 6 [27].

Таблица 6 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-25	22-26	60-40	0,1

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры — обычными системами вентиляции и отопления [26].

#### 6.1.4. Электромагнитное поле

Электромагнитное поле – это особая форма материи, представляющая собой взаимосвязанные электрическое и магнитное поля. Основными источниками электромагнитных полей в помещении являются системы распределения и потребления электроэнергии; средства визуального отображения информации (мониторы); оборудование на электропитании. Фактически основным источником электромагнитного излучения является ПК, частоты излучения приведены в табл. 7 [26]. Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля современная теория признает тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне электромагнитного поля (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см<sup>2</sup>) принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм. Механизмы действия электромагнитного поля в этом случае еще мало изучены.

Таблица 7 – ПК как источник электромагнитных полей

Источник	Диапазон частот
<b>Монитор:</b>	
- сетевой трансформатор блока питания	50 Гц
- статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания	20 - 100 кГц
- блок кадровой развертки и синхронизации	48 - 160 Гц
- блок кадровой развертки и синхронизации	15 - 110 кГц
- ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	0 Гц (электростатика)
<b>Системный блок (процессор)</b>	50 Гц - 1000 МГц
<b>Устройства ввода/вывода информации</b>	0 Гц, 50 Гц
<b>Источники бесперебойного питания</b>	50 Гц, 20 - 100 кГц

В России система стандартов по электромагнитной безопасности складывается из ГОСТ [28, 29, 30] и СанПиН. Предельно допустимые значения плотности потока энергии электромагнитного поля составляют – 25 мкВт/см<sup>2</sup> в течение 8 часов, 100 мкВт/см<sup>2</sup> в течение 2 часов, при этом максимальное значение не превышает 1000 мкВт/см<sup>2</sup>.

ЭМ поле с частотой от 60 кГц до 300 МГц нормируются отдельно по электрической и по магнитной составляющей, т.к. на этих частотах на человека действуют и электрическое, и магнитное поле. Для полей СВЧ диапазона (300 МГц - 300 ГГц) нормируют предельно-допустимую плотность потока энергии, которая не должна превышать 10 Вт/м<sup>2</sup>.

Предельно допустимые уровни электромагнитного поля для ПК приведены в табл. 8 .

Таблица 8 – Предельно допустимые уровни электромагнитного поля

Источник	Диапазон	Значение ПДУ
Видеодисплейный терминал ПЭВМ	5 Гц - 2 кГц	$E_{пду} = 25 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 250 \text{ нТл}$
	2 - 400 кГц	$E_{пду} = 2,5 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 25 \text{ нТл}$
	поверхностный электростатический потенциал	$V = 500 \text{ В}$

### 6.1.5. Психофизические факторы

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия подразделяются на физические перегрузки и нервно-психические перегрузки.

В случае работы за ПК имеет место статическая физическая нагрузка, связанная с нахождением в вынужденной позе. При проектировании рабочего места следует учитывать, что фиксированная рабочая поза физиологически не оправдана, так как она вызывает нарушение кровообращения в нижних конечностях и органах тазовой области, приводящие к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и др.).

Отрицательно на состояние здоровья работающих отражается гиподинамия - нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения, дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц. Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п. [19,26].

Труд оператора ПЭВМ относится к формам труда с высоким нервно-эмоциональным напряжением. Это обусловлено необходимостью постоянного слежения за динамикой изображения, различения текста рукописных и печатных материалов, выполнением машинописных и графических работ. В процессе работы требуется постоянно поддерживать активное внимание. В этом случае помогает организация комнат психологической разгрузки, способствующих снижению усталости и повышению производительности

труда работающих, улучшает их настроение, что в конечном счете способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

## **6.2. Электробезопасность**

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих электрического тока и электрической дуги. Современное производство характеризуется широким применением различных электроустановок. В этой связи большое значение в общей системе инженерно-экологических мероприятий приобретают вопросы обеспечения электробезопасности. В данном помещении присутствуют только электроустановки напряжением до 1кВ. По электробезопасности помещение относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%) [30].

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на термические, электролитические, механические, биологические действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека.

Основными техническими средствами защиты, согласно Правилам устройства электроустановок являются защитное заземление, автоматическое отключение питания (зануление), устройства защитного отключения. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности [31].

## **6.3 Экологическая безопасность работы**

Состояние экологической безопасности работы контролируется региональными органами санитарно-эпидемиологического надзора и экологической экспертизы.

Охрана атмосферного воздуха включает выполнение требований по предельно допустимым концентрациям (ПДК) вредных веществ в атмосфере воздуха территории корпусов. Величины ПДК принимаются согласно [24] в зависимости от места, для которого определяется концентрация веществ.

Согласно [25] уровень шума на территории корпусов не должен превышать 60 дБА и согласно [26] уровень шума на территории, непосредственно прилегающей к зоне жилой застройки, - 45 дБА. Для обеспечения требований по уровню шума должны предусматриваться

необходимые устройства шумоглушения, либо корпуса должны размещаться на соответствующем расстоянии от зоны жилой застройки

Основными источниками загрязнения гидросферы являются сбрасываемые сточные воды. Загрязнение воды обуславливает подавление функций экосистем, замедляет естественные процессы биологической очистки пресных вод, а также способствует изменению химического состава пищи и организма человека. Гигиенические и технические требования к источникам водоснабжения и правила их выбора в интересах здоровья населения регламентируются документами .

Твердые отходы, которые появляются в результате монтажа, наладки или ввода в работу оборудования, ремонтов (части кабелей, изоляции, неисправные крепежные изделия), неподдающиеся ремонту оборудование, непригодные для дальнейшего использования порошки, бытовой мусор, металлическая пыль и стружка из слесарных мастерских, остатки и огарки стальных сварочных электродов, лом черных и цветных металлов согласно [21] удаляются в мусорные контейнеры, установленные возле корпусов, а затем вывозятся мусоровозным транспортом на полигон. Нормирование химического загрязнения почв проводится по предельно допустимым концентрациям ПДКп в соответствии с [27].

#### **6.4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность**

Чрезвычайно высокие потоки негативных воздействий создают чрезвычайные ситуации (ЧС), которые изменяют допустимое состояние среды обитания и переводят жизнедеятельность в условия высокой травмоопасности или гибели. При ЧС на первое место выходят задачи защиты от высоких уровней негативного воздействия, ликвидации последствий, реабилитации пострадавших и восстановления повседневной жизнедеятельности.

Одним из наиболее распространенных и опасных видов ЧС является пожар. Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. основополагающими законодательными актами в области пожарной безопасности являются Федеральные законы "О пожарной безопасности" и "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" определяющие общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации [32, 33].

Как известно для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Устойчивость функционирования объекта при

возникновении пожара зависит от огнестойкости элементов оборудования и зданий, от их конструктивной и функциональной пожарной опасности, от наличия на объекте средств локализации и тушения пожаров и возможностей их своевременного применения. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности регламентирует классификацию зданий по степени огнестойкости, конструктивной и функциональной пожарной опасности. Учебные заведения относятся к классу Ф4.1. По пожарной опасности помещение и здание возможно отнести к классу Д, т.е. к помещениям, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

К основным видам техники, предназначенной для защиты различных объектов от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения. В 8 корпусе предусмотрена электрическая пожарная сигнализация. Она должна быстро и точно сообщать о пожаре с указанием места его возникновения. Сигнализация обеспечивает также автоматический ввод в действие предусмотренных на объекте средств пожаротушения и дымоудаления.

Наиболее широко применяемым средством тушения является вода. Для такого способа тушения в 8 корпусе существуют пожарные краны. В качестве первичных средств пожаротушения используют огнетушители. В качестве огнетушителей в корпусе распространены огнетушители углекислотные ОУ-5. Преимущества углекислотных огнетушителей: эффективность тушения жидких и газообразных веществ и электроустановок под напряжением до 1000 В; отсутствие следов тушения; диапазон рабочих температур от -40 °С до +50 °.

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для того чтобы чётко обозначить пути эвакуации, эвакуационные выходы, обеспечивающие безопасность процесса организованного самостоятельного движения людей из помещений, а также указать расположение пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напомнить о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации. Разработка плана эвакуации людей в случае пожара, инструкции к нему, устройство системы оповещения людей о пожаре в школах, а также назначение лиц имеющих право на её включение регламентированы п.п.16,17,102 ППБ 01-03 [34]. План эвакуации для правого крыла второго этажа восьмого корпуса, в где находится рассматриваемое помещение, изображен в приложении .

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

Безопасность в любой сфере жизнедеятельности является объектом правового регулирования и правовой защиты. Безопасность регламентируется множеством законов, кодексов, постановлений и иных нормативных правовых

актов, в том числе и международных. Все они базируются на Конституции России и корректируются в соответствии с действующей в настоящее время Стратегией национальной безопасности до 2020 года.

Руководящим федеральным органом исполнительной власти управляющим охраной труда является министерство труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруд России). Оно осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере демографии, труда, уровня жизни и доходов, оплаты труда, пенсионного обеспечения, включая негосударственное пенсионное обеспечение, социального страхования, условий и охраны труда, социальной защиты и социального обслуживания населения, а также по управлению государственным имуществом и оказанию государственных услуг в установленной сфере деятельности.

Помимо Конституции РФ другими источниками права в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере являются:

- федеральные законы;
- указы Президента Российской Федерации;
- постановления Правительства Российской Федерации;
- приказы, директивы, инструкции, наставления и другие нормативные акты министерств и ведомств;
- правовые акты субъектов Российской Федерации и муниципальных образований (указы, постановления):
- приказы (распоряжения) руководителей организаций (учреждений, объектов).

Разработкой документации в области обеспечения безопасности жизнедеятельности занимаются следующие органы:

- гигиенические нормативы (ГН), санитарные нормы (СН), санитарные правила (СП) - Министерство труда Российской Федерации (Минтруд России);
- санитарные правила и нормы (СанПиНы) - Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор);
- государственные стандарты (ГОСТ) - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт);
- строительные нормы и правила (СНиП) - Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России);
- на уровне отраслей разрабатываются ОСТы, правила и т.д.

Также ряд функций возложено на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России), Федеральную службу

по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и специально уполномоченные органы управления по отдельным направлениям обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере.

Надзором за соблюдением рассматриваемых законов занимается Генеральный прокурор РФ и местные органы прокуратуры. Также вопросами соблюдения законодательства по безопасности труда занимаются профсоюзы РФ. Для осуществления этого контроля в организации создаются службы охраны труда (ОТ), которые совместно с профсоюзом проверяют состояние производственных условий для работающих, проверяют выполнение подразделениями обязанностей в области охраны труда. Лица, которые осуществляют данный контроль, назначаются приказом по административному подразделению. Руководитель организации несет ответственность за безопасность труда во всех подразделениях.

В задачи службы охраны труда входят [34]:

1. Организация работы по обеспечению выполнения работниками требований охраны труда;

2. Контроль за соблюдением работниками законов и иных нормативных правовых актов по охране труда, коллективного договора, соглашения по охране труда, других локальных нормативных правовых актов предприятия;

3. Организация профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и заболеваний, обусловленных производственными факторами, а также работы по улучшению условий труда;

4. Информирование и консультирование работников предприятия, в том числе его руководителя, по вопросам охраны труда;

5. Изучение и распространение передового опыта по охране труда, пропаганда вопросов охраны труда.

Службой охраны труда при участии комитетов профсоюзов разрабатываются инструкции по безопасности труда, которые учитывают специфику работы для различных специальностей. Ими же проводятся инструктажи и обучение правилам техники безопасности работающего персонала.

Различают следующие виды инструктажа:

- вводный – проводится со всеми рабочими до приема на работу;

- первичный на рабочем месте – проводится непосредственно руководителем работ перед допуском к работе и сопровождается показом безопасных приемов работ;



- повторный – проводится не реже чем раз в шесть месяцев с целью восстановления в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разбора нарушений из практики предприятия;

- внеплановый – проводятся в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе – для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.

- текущий - проводятся для работников, которые оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

В организации заводятся специальные журналы, в которые вносят результаты всех видов инструктажа. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматриваются в зависимости от тяжести нарушения дисциплинарная, административная уголовная либо материальная ответственности.

Трудовые отношения регулируются трудовым кодексом (ТК). Статьи 2-4 ТК устанавливают основные трудовые права работников, в соответствии с Декларацией прав и свобод человека и Конституцией РФ. В соответствии со статьей № 209 Трудового Кодекса Российской Федерации, рабочее место –

это место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

### ***Заключение по разделу***

В ходе разработки настоящей главы ВКР была описана рабочая зона, выявлены опасные и вредные производственные факторы, а также предложены меры по ограничению их воздействия на персонал лаборатории. Определены наиболее вероятные чрезвычайные ситуации, разработаны меры по предупреждению данных ситуаций, описаны порядок действий при их возникновении. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Данный раздел является важным в связи с рассмотрением в нем вопросов сохранения здоровья и трудоспособности персонала, соблюдения всех законодательных норм и правил при проведении научно-технических и производственных процессов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В представленной выпускной квалификационной работе рассматривалась система управления лабораторного стенда на базе бесконтактного двигателя постоянного тока БК-1424. Проанализированы основные силовые схемы электроприводов на базе вентильных двигателей.

Приведено описание регулятора частоты вращения бесконтактного двигателя.

Осуществлено теоретическое и экспериментальное исследование динамических характеристик двигателя при различных режимах работы (пуск, реверс, пуск-останов).

Сравнительный анализ характеристик, полученных экспериментально и методом теоретического расчета, показывает их достаточную сходимость. Переходные процессы удовлетворяют условиям технического задания.

При экспериментальном исследовании динамических характеристик двигателя, наблюдаются значительные пульсации переходного процесса в графике тока. Это объясняется тем, что в модели не учитывается дискретность преобразователя, используемого в лабораторном стенде.

Были рассмотрены вопросы экономики (произведен SWOT-анализ, посчитан бюджет НИИ), охраны труда и техники безопасности (осуществлен расчет освещения, приведены требования пожаро-и электробезопасности).

## ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адволоткин Н.П., Гращенко В.Т., Лебедев Н.И. Управляемые бесконтактные двигатели постоянного тока. – Л: Энергоатомиздат, 1984. - 160 с., ил.
2. Богданов, Александр Александрович диссертация ... кандидата технических наук : 05.09.03 Томск 2007.
3. Дубенский А.А. Бесконтактные двигатели постоянного тока. - М.: Энергия, 1967.
4. 4. Инновационные процессы в современном профессиональном образовании специалистов в области энергетики и электротехники.
5. Авиационные бесконтактные генераторы и бесконтактные вентильные электродвигатели, страница 17.
6. Овчинников И.Е., Лебедев Н.И. Бесконтактные двигатели постоянного тока. – Л: Наука, 1979. – 270 с.
7. Лебедев Н.И., Овчинников И.Е. и др. Управляемые бесконтактные двигатели постоянного тока. – Л.: Энергоатомиздат, 1984.
8. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. - М.: Высш. Шк., 1990.
9. Балагуров В.А., Галтеев Ф.Ф., Ларионов А.Н. Электрические машины с постоянными магнитами, М.-Л., Издательство «Энергия», 1964, 486 с. с черт.
10. Кенио Т., Нагамори С. Двигатели постоянного тока с постоянными магнитами. - М.: Энергоатомиздат, 1989.
11. Крупович В.И., Барыбина Ю.Г. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами. – М: Энергоиздат, 1982. – 416 с., ил.
12. Дементьев Ю.Н., Семенов С.М., Боровиков Ю.С. Лабораторный практикум к выполнению работ по курсу «Теория электропривода». – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 143 с.

13. Алехин А.Е., Ляпушкин С.В. Лабораторный практикум к выполнению работ по курсу «Системы управления электроприводами». – Томск: Изд. ТПУ, 2004. – 99 с.
14. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 1. – Введение в технику регулирования линейных систем. Часть 2. – Оптимизация контура регулирования: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 144 с.
15. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование электроприводов. Часть 4. – Тиристорные преобразователи для электроприводов постоянного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 152 с.
16. Удут Л. С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5. – Применение программы DORRA–FUZZY в расчётах электроприводов постоянного тока: Учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2002. – 156 с.
17. Чернышев А.Ю., Кояин Н.В. Проектирование электрических приводов. Учебн-метод. пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2005. – 120 с.
18. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
19. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности / Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф.. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
20. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
21. Люминесцентные лампы стандартной цветопередачи T8 G13, диаметр 26 мм. – Электронный ресурс: <http://svetgrupp.ru/catalog/30/11957>.

22. WRS/S. Светильники с белой экранирующей решеткой. – Электронный ресурс: <http://www.ltcompany.com/model.php?id=138>.
23. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". Утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Минздрав России, Москва. – 2003.
25. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России, Москва. – 1996.
26. Новиков С.Г., Маслова Т.Н., Копылова Л.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методический комплекс. Электронный учебник. <http://ftek.mpei.ac.ru/bgd/>.
27. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Минздрав России, Москва. – 1997.
28. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов, Москва. – 1984
29. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
30. ГОСТ 12.1.045-84. Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
31. Правила устройства электроустановок. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

32. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "О пожарной безопасности".
33. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
34. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. Государственная противопожарная служба, Москва. – 2003.

# Приложение

СОГЛАСОВАНО: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
ДИРЕКТОР « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

## ПЛАН ЭВАКУАЦИИ из помещений 8 корпуса (2 этаж – правое крыло)

ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАРЕ			
СОХРАНЯТЬ СПОКОЙСТВИЕ!			
1	<p>СООБЩИТЬ ПО ТЕЛЕФОНУ <b>01</b>, <b>112</b> /С МОБИЛЬНОГО/</p> <p>-АДРЕС ОБЪЕКТА; -МЕСТО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРА; -СВОЮ ФАМИЛИЮ.</p>		
2	<p>ЭВАКУИРОВАТЬ ЛЮДЕЙ</p> <p>-ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ ПО ЗНАКАМ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ; -ВЗЯТЬ С СОБОЙ ПОСТРАДАВШИХ; -НЕ ПОЛЬЗОВАТЬСЯ ЛИФТОМ.</p>		
3	<p>ПО ВОЗМОЖНОСТИ ПРИНЯТЬ МЕРЫ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРА</p> <p>-ПРИВЕСТИ В ДЕЙСТВИЕ ПОЖАРНУЮ АВТОМАТИКУ; -ИСПОЛЬЗОВАТЬ СРЕДСТВА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ; -ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ ОБЕСТОЧИТЬ ПОМЕЩЕНИЕ.</p>		
УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ			
	ПОЖАРНЫЙ КРАН		ВЫ НАХОДИТЕСЬ ЗДЕСЬ
	ТЕЛЕФОН		ЭЛЕКТРОЩИТ
	ОГНЕТУШИТЕЛЬ		
	КНОПКА ВКЛЮЧЕНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОМАТИКИ		
	МЕСТО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ		
	НАПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЯ К ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ		
	ЭВАКУАЦИОННЫЙ ВЫХОД		АПТЕЧКА
	ЗАПАСНОЙ ВЫХОД		ПУТЬ ЭВАКУАЦИИ К ОСНОВНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ
	ПУТЬ ЭВАКУАЦИИ К ЗАПАСНОМУ ЭВАКУАЦИОННОМУ ВЫХОДУ		
ДЕЙСТВИЯ ПРИ АВАРИИ			
СОХРАНЯТЬ СПОКОЙСТВИЕ!			
1	<p>СООБЩИТЬ ПО ТЕЛЕФОНУ <b>01</b>, <b>112</b> /С МОБИЛЬНОГО/</p> <p>-АДРЕС ОБЪЕКТА; -ЧТО СЛУЧИЛОСЬ; -ИМЕЮТСЯ ЛИ ПОСТРАДАВШИЕ; -СВОЮ ФАМИЛИЮ.</p>		
2	<p>ЛОКАЛИЗОВАТЬ АВАРИЮ</p> <p>-ПРЕДОТВРАТИТЬ РАЗВИТИЕ АВАРИИ; -ИСПОЛЬЗОВАТЬ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ; -ОБОЗНАЧИТЬ МЕСТО АВАРИИ.</p>		
3	<p>ЭВАКУИРОВАТЬ ЛЮДЕЙ</p> <p>-ОКАЗАТЬ ПОМОЩЬ ПОСТРАДАВШИМ; -ОРИЕНТИРОВАТЬСЯ ПО ЗНАКАМ; -ВЗЯТЬ С СОБОЙ ПОСТРАДАВШИХ.</p>		

