

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

---

Энергетический институт  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика электротехника  
Кафедра ЭПЭО

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Электропривод заслонки нефтепровода</b>
УДК <u>62-83-523:621.646.5:622.692.4</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Г2А	Зубков Антон Игоревич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кояин Н.В.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трофимова М.Н.			

По разделу «Социальная ответственность»

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

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Дементьев Ю.Н.	Ph.D., к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ОПП

Код Результата	Результаты обучения (выпускник должен быть готов)
<i><b>Профессиональные компетенции</b></i>	
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания, для разработки и расчета электропривода экструдера
P2	Применять знания в области современных технологий производства для решения инженерных задач
P3	Ставить и решать задачи инженерного анализа, связанные с проектированием системы регулирования скорости электропривода экструдера
P4	Проводить расчетные исследования в области современных систем экструзии
P5	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и выбирать подходящие аппараты управления и защиты
<i><b>Универсальные компетенции</b></i>	
P6	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

## **Реферат**

Представленная выпускная квалификационная работа содержит страниц, 25 таблиц, 46 рисунков.

Выпускная квалификационная работа посвящена вопросам разработки и исследования электропривода заслонки нефтепровода.

В работе произведен выбор асинхронного двигателя, преобразователя частоты и способа управления. Проведены имитационные исследования разработанного электропривода в основных технологических режимах.

Работа выполнена с использованием пакета программ: MathCAD, Matlab 2014b, MS Office.

## Содержание

Введение.....	6
1. Технологический процесс .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.1 Обоснование выбора принципа регулирования давления .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.2 Выбор регулирующей заслонки .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.3 Описание заслонки Vanessa 30.000 .	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
1.4 Функциональная схема системы автоматического регулирования давления .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2. Проектно-расчетная часть .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.1 Выбор электродвигателя .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.2 Выбор и обоснование системы управления электроприводом ..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Выбор преобразователя частоты .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4. Анализ линеаризованной САУ РЭПО	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4.1. Структурная схема силового канала электропривода.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4.2. Структурная схема линеаризованной САУ частотно-регулируемого асинхронного электропривода с векторным управлением .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5. Оптимизация контуров регулирования	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.1 Оптимизация САР потокосцепления	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.2 Оптимизация САР скорости .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.6 Исследование нелинейной САУ РЭПО	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.7 Разработка функциональной схемы регулируемого электропривода .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.8 Разработка контура положения .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.8.1 Оптимизация контура положения	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.8.2 Определение параметров задатчика положения	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.8.3 Контур положения с задатчиком интенсивности .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность.....	8
3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	8
3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования .....	8

3.1.2. Технология QuaD .....	9
3.1.3. SWOT-анализ.....	11
3.2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований .....	14
3.2.1. Структура работ в рамках научного исследования .....	14
3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ .....	15
3.2.3. Разработка графика проведения научного исследования .....	16
3.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	19
3.2.5. Основная заработная плата исполнителей темы .....	19
3.2.6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	21
3.2.7. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	22
3.2.10. Накладные расходы .....	22
3.2.11. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	23
3.3. Определение ресурсоэффективности проекта .....	23
4. Социальная ответственность .....	26
4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды .....	26
4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды.....	29
4.3 Охрана окружающей среды .....	31
4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	32
4.5 Утилизация твердых отходов.....	33
4.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	34
Заключение .....	35
Список литературы .....	36

## **Введение**

Современный электропривод представляет собой конструктивное единство электромеханического преобразователя энергии (двигателя), силового преобразователя и устройства управления. Он обеспечивает преобразование электрической энергии в механическую в соответствии с алгоритмом работы технологической установки.

Сфера применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется. В настоящее время уже более 60% всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электрическими двигателями. Следовательно, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью электропривода. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники.

В последнее время было освоено промышленное производство биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT), силовых модулей на их основе (стойки и целые инверторы), а также силовых интеллектуальных модулей (IPM) с встроенными средствами защиты ключей и интерфейсами для непосредственного подключения к микропроцессорным системам управления. Рост степени интеграции в микропроцессорной технике и переход от микропроцессоров к микроконтроллерам с встроенным набором специализированных периферийных устройств, сделали необратимой тенденцию массовой замены аналоговых систем управления приводами на системы прямого цифрового управления

Под прямым цифровым управлением понимается не только непосредственное управление от микроконтроллера каждым ключом силового преобразователя (инвертора и управляемого выпрямителя, если он есть), но и обеспечение возможности прямого ввода в микроконтроллер сигналов различных обратных связей (независимо от типа сигнала: дискретный, аналоговый или импульсный) с последующей программно-аппаратной обработкой внутри микроконтроллера.

Таким образом, система прямого цифрового управления ориентирована на отказ от значительного числа дополнительных интерфейсных плат и создание одноплатных контроллеров управления приводами. В пределах встроенная система управления проектируется как однокристалльная и вместе с силовым преобразователем и исполнительным двигателем конструктивно интегрируется в одно целое мехатронный модуль движения.

Анализ продукции ведущих мировых производителей систем привода и материалов опубликованных научных исследований в этой области позволяет отметить следующие тенденции развития электропривода:

- неуклонно снижается доля систем привода с двигателями постоянного тока и увеличивается доля систем привода с двигателями переменного

тока. Это связано с низкой надежностью механического коллектора и более высокой стоимостью коллекторных двигателей постоянного тока по сравнению с двигателями переменного тока. По прогнозам специалистов доля приводов постоянного тока сократится до 10% от общего числа приводов;

- преимущественное применение в настоящее время имеют привода с короткозамкнутыми асинхронными двигателями. Большинство таких приводов (около 80%) нерегулируемые. В связи с резким удешевлением статических преобразователей частоты доля частотно-регулируемых асинхронных электроприводов быстро увеличивается.

### 3. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность

В настоящее время перспективность проектирования для нефтегазовой отрасли определяется коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения исследования рынка, разработки технологии и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

#### 3.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

##### 3.1.1. 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 таблице 10.

Таблица 10

	Задвижка нефтепровода на базе ДПТ	Задвижка нефтепровода на базе АД с ПЧ	Задвижка нефтепровода на базе АД с прямым пуском
Проектирование и производство			
Установка и пуско-наладка			
Обслуживание и ремонт			
Фирма А		Фирма Б	



Результаты сегментирования:

- Основными сегментами рынка являются все виды деятельности для электроприводов постоянного тока и асинхронных электроприводов
- Наиболее сильно предприятие должно быть ориентировано на сегменты рынка связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой асинхронных электроприводов;
- Наиболее привлекательными сегментами рынка являются отрасли, связанные с проектированием и производством, установкой и пуско-наладкой асинхронных электроприводов с прямым пуском.

### 3.1.2. 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.

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 (таблица 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 11

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 11.

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.

### 3.1.3. 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.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представляем в табличной форме (таблица 12).

Таблица 12

	<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. С6. Высокий срок эксплуатации. С7.Надежность данной системы по сравнению с другими. С8. Высокое качество продукции. С9. Универсальность схемы управления.	<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
<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 исследованиях В4. Повышение стоимости конкурентных разработок В5. Развитие технологий в данной отрасли		
<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.		

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

В рамках данного этапа 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 матрицы проекта представлена в таблице 13.

Таблица 13

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 13.

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

Результаты анализа таблицы:

B5Сл1Сл3

Таблица 13.

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	-	-	-	+	-	-	-	-

У1С5 Результаты анализа таблицы:

У3С1С3С4С6

У2С9

У5С5

Окончание таблицы 13.

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 (таблица 14).

Таблица 14

	<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>
<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 исследованиях  В4. Повышение стоимости конкурентных разработок  В5. Развитие технологий в данной отрасли</p>	<p>B2B3B4C1C6C7C9  B1C2C5C7C8C9  B4C1C5C6C7C8C9  B5C1C3C4C5C6C7C8C9</p>	<p>B5Сл1Сл3</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.

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

#### 3.2.1. 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.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ. Результат представлен в таблице 15.

Таблица 15

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

### 3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаях 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:

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

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i},$$

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

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

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

### 3.2.3. 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

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

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

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

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

Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 16).

Пример расчета (составление и утверждение технического задания):

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

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

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

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

Таблица 16

Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни		



	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 таблицы 7 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 (табл 17) выделяем различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 17

№ работ	Вид работ	Исполнители	$T_{ki}$ , 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 17.

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 руководи- теля		16																	
--------------------------------	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### 3.2.4. 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 научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

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

### 3.2.5. 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. 18.

Таблица 18

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная 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)	Инженер	10	1523	15230

	схемы ЭП				
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 18.

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. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

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

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.19).

Таблица 19

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

Исполнители	$Z_{TC}$ , руб.	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_r$ , 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

### 3.2.6. 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 га-

рантий 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).

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

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

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

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

### 3.2.10. 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:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 3.2.11. 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

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 НИИ	301329	Сумма ст.

### 3.3. 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

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

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 23.

Таблица 23

Критерии	Весовой коэффициент	Задвижка нефтепровода на базе ДПТ	Задвижка нефтепровода на базе АД с ПЧ	Задвижка нефтепровода на базе АД с прямым пуском
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.

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 НТИ равный 301329 руб, основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.





#### **4. Социальная ответственность**

Данный раздел ВКР посвящен выполнению анализа и разработке мер по обеспечению благоприятных условий труда при ее выполнении. Произведен анализ вредных факторов таких как: отклонение показателей микроклимата в помещении, повышение уровня шума и вибрации, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений, а также освещенности помещения. Рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в случае чрезвычайной ситуации, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

##### **4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды**

ВКР выполнялась в учебном помещении, в городе Томске. Общая площадь рабочего помещения составляет  $24 \text{ м}^2$  (длина  $A = 8 \text{ м}$ , ширина  $B = 3 \text{ м}$ ), объем составляет  $72 \text{ м}^3$  (высота  $C = 3 \text{ м}$ ). В помещении находятся 3 человека, на каждое одно рабочее место приходится в среднем  $6 \text{ м}^2$  общей площади и  $20.5 \text{ м}^3$  объема. По санитарным нормативам на одного человека приходится  $6 \text{ м}^2$  площади и  $24 \text{ м}^3$  объема [2].

Исходя из приведенных выше значений, можно сказать, что офисное помещение удовлетворяет размерам по санитарным нормативам для работы в нем 3 человек.

Значительным физическим фактором является микроклимат рабочей зоны, особенно температура и влажность воздуха.

Микроклимат помещений – климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха. При определенных значениях микроклимата, человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний.

При работе в помещениях, которая связана с длительным использованием ПЭВМ, возможны нервно-эмоциональные напряжения. В таких помещениях должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений. Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха представлены в таблице 24.

Таблица 24

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходный	Легкая Ia	22÷24	60÷40	0,1
	Легкая Ib	21÷23	60÷40	0,1
	Средней тяжести Pa	19÷21	60÷40	0,2
	Средней тяжести Pb	17÷19	60÷40	0,2
	Тяжелая III	16÷18	60÷40	0,3
Теплый	Легкая Ia	23÷25	60÷40	0,1
	Легкая Ib	22÷24	60÷40	0,1
	Средней тяжести Pa	20÷22	60÷40	0,2
	Средней тяжести Pb	19÷21	60÷40	0,2
	Тяжелая III	18÷20	60÷40	0,3

Если помещения оборудованы ПЭВМ, то необходимо еженедельно проводить влажную уборку и систематическое проветривание после каждого часа работы на ПЭВМ.

В кабинете осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. Основной недостаток - воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Проанализировав приведенные выше требования к микроклимату, можно сказать, что все правила соблюдаются и выполняются.

С физиологической точки зрения шумом является всякий нежелательный, неприятный для восприятия человека шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное воздействие на организм человека. При длительном воздействии шума на организм человека происходят нежелательные явления: утомляющее неблагоприятное влияние, замедляется скорость психических реакций, способствует повышенной нервозности и снижению работоспособности и производительности труда.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в Дб в октавных полосах со среднегеометрическими частотами: 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Допустимым уровнем звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочем месте следует принимать данные из таблицы 18.

Таблица 25

№	Вид трудовой деятельности	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Творческая деятельность, научная деятельность, программирование, преподавание, обучение	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Измерительные и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	68	58	53	52	50	49	60

В нашем помещении источниками шума являются работающие электроприборы: вентиляторы охлаждения ПЭВМ и шумы проникающие извне. Уровень шума колеблется от 30 до 40дБА. По СанПиН при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА. Следовательно, можно считать, что в рабочей зоне уровень шума не превышает предельно допустимые значения действующих санитарно-эпидемиологических нормативов.

Вибрацией называют - малые механические колебания, возникающие в упругих телах или телах, находящихся под воздействием переменного физического поля. Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. Если при выполнении работ используются ПЭВМ, то уровень вибрации в помещениях не должен превышать допустимых значений вибрации для рабочих мест в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

При воздействии на организм общей вибрации страдает в первую очередь нервная система и анализаторы: вестибулярный, зрительный, тактильный. У рабочих наблюдаются головокружения, расстройство координации движений и симптомы укачивания.

Существует множество способов снизить шум и вибрации. При работе использовать качественные и технически исправные машины и агрегаты. Если в помещении или за его пределами находится сильные источники вибрации, то в нем используется звукоизоляционное покрытие стен или можно обнести агрегат специальными вибропоглощающими и звукопоглощающими перегородками. В нашем случае нет наличия машин или агрегатов, которые бы вызывали вибрации, превышающие санитарно-эпидемиологические нормативы.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. В соответствии со СанПин напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Lenovo Y570 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В.

Согласно конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч(100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год. [2]

Освещение рабочего места - важнейший фактор создания нормальных условий труда.

Действие на человека недостаточной освещенности рабочей зоны и пониженной контрастности. Неудовлетворительное освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление всего организма в целом. Неправильное освещение часто является причиной травматизма (плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы и блики от них). Резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю ориентации работающих, а также вызывают потерю чувствительности глазных нервов, что приводит к резкому ухудшению зрения.

Согласно санитарным нормативам, помещения для эксплуатации ПЭВМ должны иметь естественное и искусственное освещение, также оконные проемы должны быть оборудованы регулирующими устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков.

В помещении и светильниках местного освещения используются лампы накаливания в качестве источников искусственного света, которые по сравнению с другими видами ламп имеют ряд существенных преимуществ: по спектральному составу свет привычен и комфортен для глаз, близок к естественному свету; обладают большим выбором ламп по напряжению и мощности; не имеют токсичных составляющих, а значит они экологичны. Для ограничения яркого естественного освещения в офисе на оконных проемах используются занавеси.

По СанПин освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего места должна быть в пределах 300÷500 лк, что может достигаться установкой местного освещения. Местное освещение не должно создавать бликов на экране и ослеплять человека. За счет правильного выбора типов и расположения (с боку от рабочего места) светильников, яркость бликов на экране ПЭВМ не должна превышать 40 кд/м<sup>2</sup>. Светильники местного освещения должны иметь не просвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов. Нормы естественного и искусственного освещения представлены в СНиП 23-05-95.

При длительной и монотонной работе на ПЭВМ возникают: нервное напряжение, усталости глаз, шеи, рук и поясничного отдела. Следовательно, необходимо делать перерывы во время работы, продолжительностью 15 минут через каждый час работы при 8 - часовом рабочем дне.

#### **4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды**

В помещении к опасным факторам можно отнести наличие большого количества электрических приборов, использующее однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения офис относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возмож-

ность одновременного соприкосновения с имеющими соединением с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования [4]. Опасность электропоражения во время нормального режима работы оборудования крайне мала, однако возможны аварийные режимы работы, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями.

Поражение человека электрическим током может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении незаземленного от земли человека к незаземленным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;
- при возможном коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания, блоке развертки монитора.

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

Однако недостаток освещенности рабочей зоны и лаборатории в целом плохо сказывается на здоровье работника. Для улучшения ситуации, необходимо установить светильники на основании следующего расчета:

Данные, необходимые для расчета искусственного освещения:

– длина помещения	$A_{\text{пом}} = 8 \text{ м};$
– ширина	$B_{\text{пом}} = 3 \text{ м};$
– высота	$H_{\text{пом}} = 3 \text{ м};$
– коэффициент отражения стен $R_c=30\%$ ;	
– высота рабочей поверхности	$h_p = 0,5 \text{ м};$
– коэффициент отражения потолка	$R_n = 50\%$ ;
– коэффициент запаса	$k = 1,5;$
– коэффициент неравномерности	$Z = 1,1.$

Требуется создать освещенность  $E = 300 \text{ Лк};$

Рассчитаем систему общего освещения (люминесцентного).

Выбором являются светильники типа ОД с  $\lambda = 1,4.$

Принимаем  $h_c = 0,1 \text{ м}$  и получаем

$$h = H - h_c - h_p = 3 - 0,1 - 0,5 = 2,6 \text{ м};$$

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,6 = 3,64 \text{ м};$$

$$\frac{L}{3} = \frac{3,64}{3} = 1,21 \text{ м};$$

Светильники размещаем в два ряда. В каждом из рядов будет установлено 5 светильников типа ОД. Мощность светильника 30 Вт, длина 0,9 м. Разрывы между светильниками, которых будет 4 в ряду, составят 27 см. План размещения светильников представлен на рисунке 1. В каждом светильнике установлено по две лампы, соответственно общее число ламп в помещении  $n = 20$ .

Найдем индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 3}{2,6 \cdot (8 + 3)} = 0,84$$

Тогда, коэффициент использования светового потока равен:

$$\eta = 0,67.$$

Рассчитаем световой поток:

$$\Phi = \frac{E_H \cdot S \cdot k \cdot Z}{n \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{20 \cdot 0,67} = 897 \text{ Лм}$$

Определим потребный световой поток ламп в ряду. Для этого выбираем ближайшую стандартную лампу – ЛДД 30 Вт со световым потоком 1110 Лм. Делаем проверку условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{л.станд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.станд}}} \cdot 100\% = \frac{1110 - 897}{1110} \cdot 100 \leq 20\%$$

Получаем

$$-10\% \leq 19,1\% \leq +20\% \text{ – условие выполнено.}$$

Определяем электрическую мощность осветительной установки

$$P = 20 \cdot 30 = 600 \text{ Вт}$$

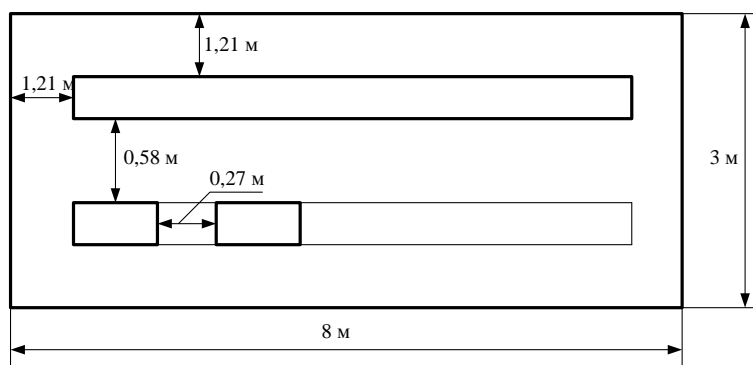


Рисунок 45 – План размещения светильников с люминесцентными лампами

### 4.3 Охрана окружающей среды

В ПВЭМ огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);

- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу)[5];

Поэтому ПВЭМ требует специальных комплексных методов утилизации. В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке;

В настоящее время ведется создание и внедрение безотходной технологии в ряде отраслей промышленности, однако, полный перевод ведущих отраслей промышленности на безотходную технологию, потребует решения большого комплекса весьма сложных технологических, конструкторских и организационных задач [4].

#### **4.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

В помещении, где производилась выпускная квалификационная работа, используется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и при коротком замыкании электрической цепи, может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования.

Необходимо проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные мероприятия, связанные с правильным размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

Организационные мероприятия:

- Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- Обучение персонала правилам техники безопасности;
- Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.
- Эксплуатационные мероприятия:
- Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- Обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопле-



ния, вентиляции, освещения и использовать отделочные материалы, которые обладают необходимыми пределами огнестойкости. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, звуковое оповещение при срабатывании датчика реагирующего на задымления в помещениях, рубильник на достигаемом расстоянии, пожарный кран с рукавом, на двери приведен план эвакуации, памятка в случае пожара.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор.

Огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5 должны использоваться для устранения возгораний в электроустановках. Кроме устранения самого очага пожара нужно, сообщить о возникновении пожара в пожарную охрану, поставить в известность руководство и своевременно организовать эвакуацию людей [3].



Рисунок 46 – План эвакуации сотрудников из 125 аудитории 8 корпуса ТПУ в случае возникновения чрезвычайной ситуации

#### 4.5 Утилизация твердых отходов

Также нужно помнить о том, что ЭВМ в среднем обеспечивают 7 лет работы. По окончании срока своей службы они должны быть подвержены утилизации. В данном случае крайне важно, чтобы утилизацией занимались профессионалы, так как внутри микросхем содержатся драгоценные металлы, которые могут использоваться в дальнейшем. Утилизация ЭВМ прописана в законодательстве РФ и является обязательной для всех лиц.

Выброс ЭВМ на свалку недопустим и приводит к загрязнению окружающей среды, поэтому для их утилизации следует обратиться к специальным компаниям, которые занимаются данным вопросом.

В процессе утилизации ЭВМ разделяются на составные части: провода, штекеры, пластмассы, стекло и металлы. В процесс переработки компьютера входят:

- сортировка плат по преобладающим материалам;
- измельчение и дробление;
- гранулирование;
- сепарация;
- обжиг полученной массы;
- расплавление;
- рафинирование;
- точное извлечение отдельных компонентов
- использование полученного сырья в дальнейшем производстве

В Томске можно обратиться в компанию РУСУТИЛИТ, занимающуюся утилизацией ЭВМ, которая работает на основании лицензии Федеральной службы по надзору в сфере природопользования 066 № 00329 от 04 февраля 2016 г. на деятельность по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию размещению отходов I-IV классов опасности [14].

Отработанные люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681 [13]. Люминесцентные лампы, применяемые для искусственного освещения, являются ртутьсодержащими и относятся к 1 классу опасности. Отработанные газоразрядные лампы помещают в защитную упаковку, предотвращающую повреждение стеклянной колбы, и передают специализированной организации для обезвреживания и переработки.

Данные мероприятия позволяют обеспечить максимально эффективную утилизацию отходов и максимально уменьшить их неблагоприятное воздействие на окружающую среду.

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

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами (в направлении тыла поверхности одного видеомонитора и экрана другого видеомонитора) должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м. [4]

Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 - 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

## **Заключение**

В соответствии с техническим заданием в работе разработан электропривод переменного тока заслонки нефтепровода Vanessa 30,000.

Выбран специализированный асинхронный двигатель с малой инерцией ротора, предназначенный для совместной работы с преобразователем частоты КЕВ COMBIVERT 10.F5.M2B-3A10 с реализацией принципов частотно-токового векторного управления. Выполнен синтез и оптимизация контуров регулирования, разработана математическая модель системы управления и выполнены имитационные исследования, результаты которых подтвердили соответствие показателей качества ожидаемым. В целом, по результатам исследований даны практические рекомендации по настройке контуров преобразователя частоты и соответствующие этому переходные процессы по регулируемым величинам.

Результаты аналитических и имитационных исследований доказывают, что разобранный система автоматизированного электропривода соответствует требованиям технического задания.

## Список литературы

1. Vanessa valve/description adobe pdf
2. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 448 с.
3. Servomotors KEB ST. <http://www.servotechnica.ru/servomotors>
4. Servomotor KEB ST 90. <http://www.servotechnica.ru/servomotors>
5. Frequency converter KEB Combivert F5-M/S.
6. Кояин Н. В., Удут Л. С., Мальцева О. П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Часть 5.- Применение программы DORA-FUZZY в расчетах электроприводов постоянного тока: учебное пособие. – Томск: Изд. ТПУ, 2001. – 156 с.
7. Удут Л.С., Кояин Н.В., Мальцева О.П. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 6. Механическая система электропривода постоянного тока: учебное пособие. – Издание 2-е, перераб. и дополн.– Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 148 с.
8. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 7. Теория оптимизации непрерывных многоконтурных систем управления электроприводов: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 164 с.
9. Мальцева О.П., Удут Л.С., Кояин Н.В. Системы управления электроприводов: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 152 с.
10. Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»
11. Гигиенические требования к электронно-вычислительным машинам и организации работы. Санитарные правила и нормы 2.2.2 2.4.1340 – 03. – М., 2003
12. Основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.
13. Правила устройства электроустановок. Минэнерго СССР, 6-е издание – Энергоатомиздат, 1996. – 640с.
14. Охрана окружающей среды. Под ред. С.В. Белова. – М.: Высшая школа, 1991.