

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

Школа Инженерная школа энергетики
 Направление подготовки Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Регулируемый электропривод центробежного насоса для заправки криогенной емкости»

УДК 62-83-52:621.67

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А7К	Передерей Н.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И. Г.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Клемашева Е.И.	К.Э.Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тютева П.В.	К.Т.Н.		

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

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

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

Школа Инженерная Школа Энергетики
 Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Тютева П.В.
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
5А7К	Передерей Н.

Тема работы:

«Регулируемый электропривод центробежного насоса для заправки криогенной емкости»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 25.01.2021 г. № 25-19/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является насосная установка «Vanzetti DSM 230» для заправки криогенной емкости.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор технической литературы, содержащий описание оборудования, применяемого для заправки криогенных емкостей; 2. Выбор силового оборудования системы; 3. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя; 4. Исследование динамических характеристик электропривода; 5. Проработка разделов финансового менеджмента и социальной ответственности; 6. Прodelать соответствующие выводы по данной работе.
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</p>
--	---------------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Основной раздел ВКР	Однокопылов И. Г.
Финансовый менеджмент...	Клемашева Е.И.
Социальная ответственность	Черемискина М.С.

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

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И. Г.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А7К	Передерей Н.		

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

Школа Инженерная Школа Энергетики
 Направление подготовки (специальность) 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение электроэнергетики и электротехники
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2020 /2021 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.11.2020	<i>Обзор технической литературы</i>	20
25.11.2020	<i>Расчет и выбор силового оборудования системы электропривода</i>	20
03.02.2021	<i>Исследование математической модели, исследование разомкнутой системы ПЧ-АД</i>	40
17.02.2021	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
20.02.2021	<i>Социальная ответственность</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Однокопылов И. Г.	К.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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

Студенту

Группа	ФИО
5А7К	Передерей Никита

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием предприятия.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Районный коэффициент – 1,3. Накладные расходы – 16%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды: 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	SWOT - анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ и оценка их выполнения. Разработка диаграммы Ганта. Бюджет проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Матрица SWOT 2. Диаграмма Ганта 3. Основные показатели эффективности НИ
--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Клемашева Елена Игоревна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А7К	Передерей Никита		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A7K	Передерей Никита

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Тема ВКР:

«Регулируемый электропривод центробежного насоса для заправки криогенной емкости»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является электропривод центробежного насоса для заправки криогенной жидкости. Область применения – использование в конструировании мощных холодильных установок. Основное рабочее оборудование - электропривод центробежного насоса для заправки криогенной жидкости.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ (Система стандартов безопасности труда). – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021) – ГОСТ Р ИСО 6385-2016.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Анализ, потенциально возможных, вредных и опасных факторов проектируемой среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> – Неудовлетворительный микроклимат; – Повышенный уровень шума на рабочем месте; – Повышенное электромагнитное излучение; – Наличие в воздухе токсичных паров и газов криогенных продуктов.

3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – Атмосфера: загрязнение отходами производства (токсичные пары); – Литосфера: засорение почвы производственными отходами (криогенными продуктами) – Гидросфера: загрязнение отходами производства (криогенными продуктами)
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Возможные ЧС: пожар, техногенные катастрофы, ураганы, наводнения; – наиболее типичные ЧС: пожар, взрыв (при контакте с окислителями).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.02.21
--	----------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А7К	Передерей Никита		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 92с., 35 рисунков, 18 таблиц, 32 источника. Ключевые слова: электропривод центробежного насоса, скалярное управление, асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, преобразователь частоты, насос. Объектом исследования является электропривод центробежного насоса для заправки криогенной емкости.

Цель работы – Расчет и моделирование частотно-регулируемого электропривода центробежного насоса для заправки криогенной емкости.

В результате исследования был разработан частотно-регулируемый электропривод центробежного насоса «Vanzetti DSM 230». Достигнутые технико-эксплуатационные показатели: полностью соответствующие заданию. Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 на листах белой бумаги формата А4 с помощью программных средств MATLAB Simulink, Mathcad 15.0.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС	15
1.1. Анализ технологического процесса завода по сжижению газа	15
1.2. Обзор насосов для заправки криогенной жидкости.....	17
1.3. Особенности центробежных насосов	20
1.4. Описание и технические характеристики насосной установки.....	21
2. Расчетная часть.....	24
2.1. Выбор насоса.....	24
2.2. Расчет мощности и выбор электродвигателя.....	24
2.3. Выбор преобразовательного устройства.....	26
2.4. Выбор аппаратуры управления	29
2.5. Проектирование системы защиты от просадки напряжения и перекоса фаз в сети	29
3. СТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	31
3.1. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя	31
3.2. Расчет естественных характеристик	36
3.3. Определение характера и вида статической нагрузки ЦН	41
4. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА	44
4.1. Разработка имитационной модели асинхронного двигателя	44
4.2. Исследование прямого пуска АД от сети при реактивной нагрузке.	50
4.3. Исследование разомкнутой системы ПЧ-АД при пуске и торможении с задатчиком интенсивности без вольт частотной добавки	53
4.4. Исследование разомкнутой системы ПЧ-АД при пуске и торможении с задатчиком интенсивности с вольт частотной добавкой.....	56

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	58
5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	58
5.1.1. Оценка перспективности проведения научных исследований	58
5.1.2. SWOT – анализ работы электропривода для заправки криогенных емкостей.....	60
5.2. Планирование технического проекта	64
5.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	64
5.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	65
5.3. Бюджет научно – технического исследования	70
5.3.1. Полная заработная плата исполнителя ВКР	70
5.3.2. Отчисления во внебюджетные фонды.....	73
5.3.3. Расчет материальных затрат НТИ.....	74
5.3.4. Накладные расходы	74
5.3.5. Формирование бюджета технического проекта	74
5.4. Определение ресурсоэффективности проекта.....	76
Вывод по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	78
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	79
Введение	80
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	81
6.2. Производственная безопасность	82
6.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	82
6.3.1. Повышенный уровень шума	82
6.3.2. Отклонение показаний микроклимата	82
6.3.3. Повышенный уровень вибрации	83

6.3.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	84
6.3.5. Повышенное значение напряжения электрической цепи.....	84
6.4. Экологическая безопасность	85
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
6.5.1. Анализ ЧС, которые могут произойти при проведении исследования	86
Заключение по главе «Социальная ответственность»	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	90

Введение

На промышленных предприятиях большая часть электроэнергии потребляется электродвигателями. Подавляющее количество электроэнергии расходуется приводными системами насосов, вентиляторов и других систем с периодической нагрузкой.

В абсолютно большинстве случаев, энергопотребление является основной составляющей стоимости жизненного цикла насосной системы. В связи с этим встает вопрос о снижении расходов на электроэнергию. Как сделать производство менее энергозатратным. Проведя анализ расходов электроэнергии на некотором количестве предприятий, можем сделать вывод, что решить поставленную задачу можно несколькими способами – применение более совершенного, в техническом плане, оборудования, или же ряд мероприятий, направленных на оптимизацию расходов электроэнергии.

Электроприводы, сами по себе, являются электромеханической системой, служащей для приведения в движение основных компонентов механизма. Одними из часто встречающимися двигателями являются асинхронные электроприводы с короткозамкнутыми роторами. Это обусловлено тем, что Асинхронные двигателя с КЗ ротором имеют два несомненных плюса – относительно невысокую стоимость, а также простоту конструкции.

В данных двигателях присутствуют и недостатки, такие как: тяжелый пуск при прямом включении к сети (порядка 6 -7 кратные пусковые токи), затрудненное регулирование скорости вращения ротора. Асинхронные двигателя с КЗ ротором нашли широкое применение в насосных станциях водоснабжения, отопительных и канализационных системах.

Из – за относительно невысокого КПД насосной установки потребление электроэнергии расходуется в значительных пределах. Зачастую электроприводы насосных установок являются нерегулируемыми, что в свою очередь ведет к нерациональному использованию электроэнергии и,

соответственно, энергопотреблению при изменении технологического процесса.

В целом, весь принцип работы криогенных установок основан на сжижении воздуха и, в последствии, его разделении на аргон, кислород, азот. В данном случае используется метод глубокого охлаждения воздуха. Воздух сжимается в компрессоре, после чего подвергается очистке, удалению влаги, углекислоты и углеводородов, далее под воздействием низких температур расширяется, проходя через теплообменники сжижается и разделяется, в зависимости от режима, на азот или кислород либо в жидком, либо в газообразном состоянии. Обслуживание криогенных установок достаточно энергоёмко. Система очистки от примесей, смена температурных режимов требуют достаточно времени. Однако преимуществом данного способа является высокая чистота продукта на выходе и при этом возможность получения в очень больших объемах.

Стоит отметить, что работа с криогенными жидкостями требует особого внимания к материалам, которые используются при их производстве, транспортировке и хранении - в условиях сверхнизких температур у многих материалов значительно изменяются физико-механические свойства.

Цель данной выпускной квалификационной работы – разработка электропривода центробежного насоса по заправки криогенной жидкости с применением современных технологий и решений, а также расчет и подбор параметров необходимой для моделирования данной установки в среде MATLAB Simulink.

1. Технологический процесс

1.1. Анализ технологического процесса завода по сжижению газа

В связи с сокращением общемирового запаса углеводородных полезных ископаемых, таких как уголь и нефть, наиболее часто используемых за последние 200 лет индустриального развития человечества, приобретает всё большую значимость и экономическую целесообразность использование природного газа. Относительно угля и нефти, природный газ является более экологичным видом топлива. Основным газом в составе СПГ является метан, кроме этого могут входить этан, бутан, пропан и другие вещества. Для получения СПГ необходимо пройти стадию очистки природного газа от сероводорода, углекислого газа и ртути, осушить и удалить влагу. Газообразный метан в процессе охлаждения до $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ уменьшается в объеме примерно в 600 раз и переходит в жидкое состояние.

Существует два основных способа транспортировки газа на большие расстояния: прокладывание трубопроводов (что является наиболее выгодным вариантом) и сжижение газа, позволяющее перевозить большие объемы топлива удалённым потребителям. Введение санкций западными странами в отношении России в определенной степени подстегнуло развитие отечественных технологий добычи СПГ.

Местонахождение комплекса СПГ в географических районах с более низкой среднегодовой температурой, значительно снижает энергопотребление в процессе сжижения, что является экономически выгодным и позволяет снизить цену на конечный продукт, что в свою очередь делает отечественное СПГ более конкурентоспособным.

Сжиженный природный газ (СПГ) представляет собой жидкую многокомпонентную смесь легких углеводородов, основу которой составляет метан. Для получения СПГ природный газ вначале очищают от углекислого газа и сероводорода, затем осушают – удаляют влагу и очищают от ртути, затем отделяют фракцию C3 и более тяжелые углеводороды. Оставшийся

газообразный метан, в зависимости от требований к продукции по калорийности, может в качестве примесей иметь 3 – 4 % этана, 2 – 3 % пропана, до 2 % бутанов и до 1,5% азота. Если эту смесь метана с другими газами охладить примерно до температуры -160 °С при давлении чуть больше атмосферного (температура кипения чистого метана при атмосферном давлении -161,5 °С), то он превращается в жидкость.

Непосредственно процесс сжижения природного газа потребляет в зависимости от технологий и объемов от 15 до 30% от общей энергетики. Таким образом, даже небольшое увеличение в эффективности сжижения природного газа улучшает конкурентоспособность и сокращает огромные энергетические затраты.

Одной из успешных компаний по сжижению природного газа является «Сибирь – энерго». В июне 2017 года введена в эксплуатацию первая очередь завода по сжижению природного газа производственной мощностью 1,5 тонны СПГ в час.

Завод спроектирован и изготовлен «под ключ» в модульном исполнении на основе высокотехнологичного MRC-процесса, обеспечивающего 100%-е ожижение сырьевого газа, высокую энергоэффективность процесса и гибкость производства. Все это делает данный завод уникальным, не имеющим на сегодняшний день аналогов в Российской Федерации среди сопоставимых по производительности объектов.

Учитывая специфику Кузбасса и особенности сжиженного природного газа как энергетического продукта, основным направлением применения производимого компанией СПГ является его использование в качестве альтернативного топлива для средне- и крупнотоннажной самосвальной карьерной техники угледобывающих предприятий.

Для обеспечения доставки производимого СПГ и организации его заправки в качестве моторного топлива в транспортные средства клиентов компанией на сегодняшний день эксплуатируется 3 современных, не имеющих аналогов в РФ, криогенных передвижных автогазозаправщика,

оборудованных колонкой выдачи СПГ и системой учета топлива и криогенными цистернами объемом от 18 до 36,6 м³ [1].

1.2. Обзор насосов для заправки криогенной жидкости

В криогенной технике, зачастую, применяют различные насосы для перекачки криогенной жидкости:

- насосы в общепромышленном исполнении для перекачивания воды в системах оборотного водоснабжения градирен, охладительных прудов, систем охлаждения компрессоров и конденсаторов,
- насосы в общепромышленном исполнении для перекачивания смазочных масел в системах смазки компрессоров,
- насосы для перекачивания агрессивных жидкостей, например, водных растворов солей NaCl и CaCl₂, этиленгликоля, используемых в качестве промежуточных теплоносителей при отрицательных температурах,
- насосы для перекачивания сжиженных газов (аммиака, пропана, бутана, метана, природного сжиженного газа),
- насосы для перекачивания криогенных жидкостей [2].

Криогенный насос представляет из себя устройство для тех ситуаций, когда необходим одновременно и безмаслянный вакуум, а также большие скорости откачки. То есть данный тип насосов служит специально для быстрой перекачки сжиженных газов. Среди подобных газов метан, азот, гелий, водород, кислород и т.д.

Существуют несколько основных типов криогенных насосов:

- Криогенные вакуумные насосы;
- Центробежные криогенные насосы;
- Криогенный насос поршневой;
- Насос с вакуумной изоляцией.

Криогенные вакуумные насосы нашли свое применение в среде, где требуется безмаслянный вакуум и внушительные скорости откачки. В них

используются двухступенчатые криорефрижераторы, которые работают по циклу Гиффорда-МакМагона, где в качестве хладагента используется газообразный гелий [2].

Центробежные криогенные насосы зачастую, используют, когда требуется заправка автоцистерн, а также для заливки малогабаритных сосудов жидкими газами. Данный тип насосов имеет ряд преимуществ:

- Компактный насос с легким редуктором;
- Низкий уровень шума;
- Высокоэффективный защитный кожух, полый вал.

Поршневые криогенные насосы служат для подачи сжиженной двуокиси углерода из криогенных или изометрических резервуаров под давлением. Имеют укомплектованный шкафом и панелью управления для более точной настройки и регулировки насосной установки. Одним из важных критериев данного типа насосов является уличное исполнение, обусловлено это тем, что резервуар должен находиться вблизи с насосом.

Для того, чтобы сделать автоматизированным весь процесс регенерации, а также обеспечения автоматического переключения между работающими насосами во время процесса откачки применяют контроллеры для управления системами криогенных насосов.

Криогенный насос с вакуумной изоляцией служит для трубопроводов с пенной изоляцией или мягких вакуумных трубопроводов. Основная функция – это борьба со льдом и влажными испарениями.

Как правило, принцип работы криогенного насоса заключается в конденсации. Вода достаточно просто улавливается криогенными поверхностями, а при 130 К достигается желаемое равновесие в давлении пара, которое обеспечивает эффективность более 99% во время откачивания до отметки давления ниже 10-10 Торр. Функционирование поверхности такого насоса в диапазоне от 65 до 90 К характеризуется 100%-й эффективностью при откачивании воды и газовых скоплений с достаточно высокой молекулярной

массой, а также паров в любой вакуумной системе. Именно в этом диапазоне конденсат выглядит как твердое вещество, похожее на лед.

Процесс конденсации нуждается в необходимом отводе теплоты газа сквозь соприкосновение его молекул с охлажденными поверхностями. Количество теплоты, удаляемой из газов при температуре, близкой к комнатной, весьма низкое. Для азота конверсия газа при 300 К в твердое вещество при 20 К — это сложный, хотя и мгновенный процесс [3].

В данной дипломной работе представлен насос марки «Vanzetti». Он используется для перекачки, а также закачки сжиженных газов в специальные резервуары и емкости. В свою очередь, насосы данной марки также подразделяют на поршневые, центробежные и погружные в зависимости от конструкции и определенных функций. На рисунке 1.1 представлен криогенный насос «Vanzetti».



Рисунок 1.1 – Криогенный насос «Vanzetti»

Основными проблемы конструирования криогенных насосов являются:

- Конструктивные материалы должны сохранять свои свойства при агрессивно низких температурах;

- применяемые материалы должны быть способны к агрессивным перекачкам различных жидкостей;
- опоры и уплотнения должны быть несмазываемыми, узлами сухого трения (графитовые, фторопластовые, композиционные материалы);
- насосные агрегаты должны соответствовать требованиям по пожарно- и взрывобезопасным условиям эксплуатации;
- насосные агрегаты должны быть герметизированными;
- необходимо исключить опасность возникновения кавитации.

1.3. Особенности центробежных насосов

Конструкции центробежных насосов, зачастую, вариативны, что в свою очередь, позволяет найти им широкое применение. Тем не менее, все они имеют схожие основные элементы: одно или же несколько рабочих колес, подвод, подшипниковые узлы, различные уплотнения. Принцип действия центробежного насоса довольно прост. Имеется жидкая среда, которая, в свою очередь, через подвод попадает в спиралевидный корпус, где он соединен со спиралевидным колесом. Благодаря центробежным силам, жидкость во вращающемся рабочем колесе, между лопатками самого колеса, поступает в отвод, и далее выходит через напорный патрубок. Таким образом происходит подача жидкостей.

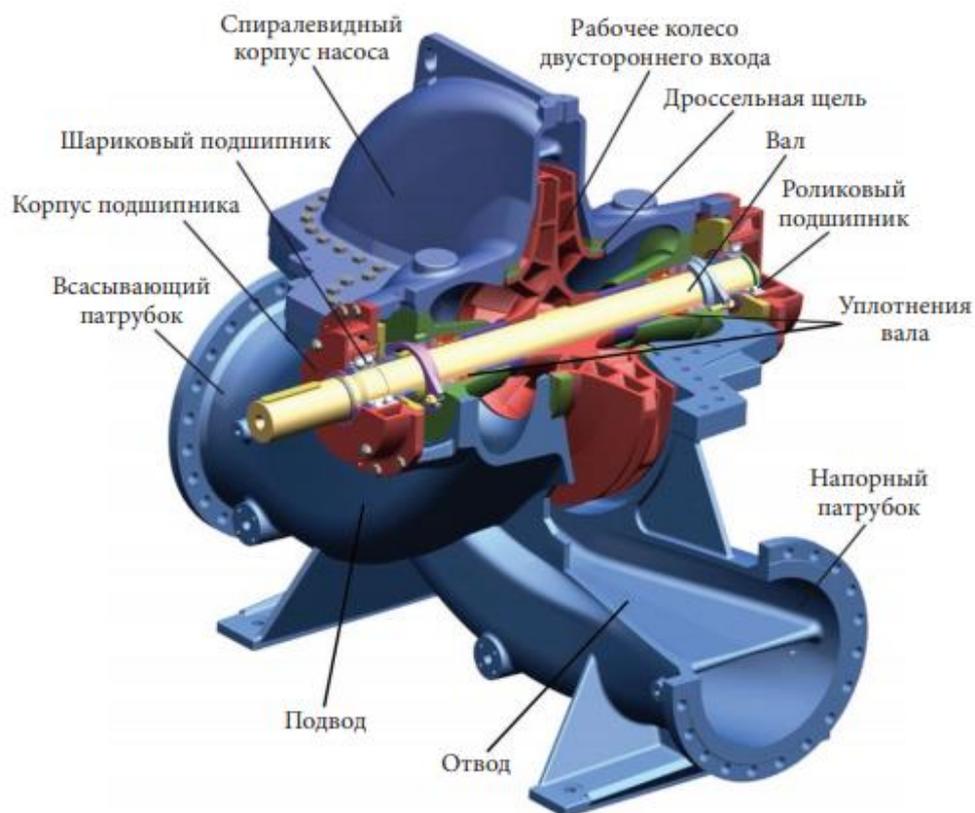


Рисунок 1.2 – Устройство центробежного насоса

1.4. Описание и технические характеристики насосной установки

В данной дипломной работе используется насосная установка «Vanzetti» Model: DSM 230. Данный агрегат представлен на рисунке 3



Рисунок 1.3 – Насосная установка DSM 230

В конструкцию установки входят такие элементы как: Асинхронный двигатель с КЗ ротором «AB30r 160MB», центробежный насос, преобразователь частоты «Schneider electric Altivar 61».

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором переменного тока AB30r 160MB имеет взрывонепроницаемую оболочку и соответствуют требованиям безопасности для работы в зонах 1, 2, 21, 22 с содержанием горючих смесей газов и пыли категории 2D, 2G, 2GD, группы IIB / IC. Короткозамкнутый тип ротора, энергоэффективность стандартного (IE1) и высокого (IE2) класса. Широкий модельный ряд одно- и трехфазных двигателей, включающих также два типа двухскоростных версий исполнения.

Корпус изготовлен из чугуна, закрытый дизайн отлично защищает чувствительные компоненты от попадания пыли, грязи и воды. Воздушное охлаждение внешней поверхности от крыльчатки, установленной на основном валу, или от вентиляционного блока принудительного действия (для габаритов 100 - 355 мм). Большой выбор монтажных решений, опциональных возможностей и аксессуаров для оптимального подбора конфигурации [6].

Номинальные параметры двигателя представлены в таблице:

Таблица 1.1 – номинальные параметры двигателя

Мощность, кВ	Фазное напряжение, В	Частота сети, Гц	Частота вращения, об/мин	Cos fi, о.е.
15	400	60	3540	0,9

Насос центробежный «Vanzetti» DSM 230 номинальные параметры которого представлены в таблице 2:

Таблица 1.2 – номинальные параметры насоса

Напор $H_{\text{мех}}$, м	Рабочий диапазон Q , $\frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$	Скорость вращения $n_{\text{мех}}$, $\frac{\text{об}}{\text{мин}}$	КПД, %
82	1336	3540	66

Представленный преобразователь частоты Schneider Electric Altivar 61 приведен на рисунке 1.4:

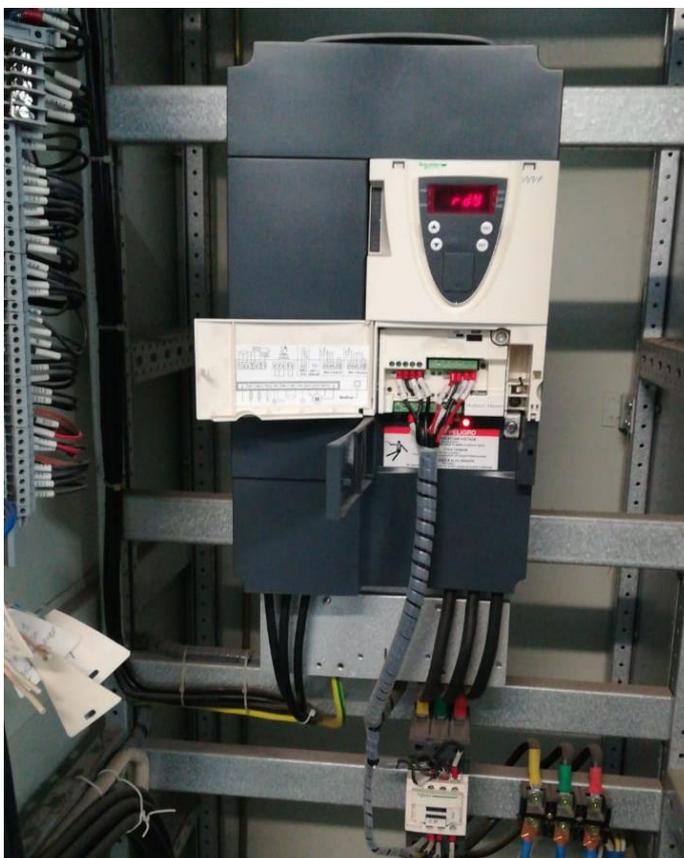


Рисунок 1.4 – Преобразователь частоты Schneider Electric

Преобразователь частоты Altivar 61 соответствует требованиям, которые необходимы для корректной работы насосных и вентиляторных установок. Инвертор служит для уменьшения эксплуатационных расходов путем регулировки потребляемой энергии.

2 Расчет и выбор силового оборудования системы регулируемого электропривода

2.1 Выбор насоса

Согласно техническому заданию ЭЦН должен обеспечивать:

1. Напор $H - 82$ м;

2. Подача сжиженного газа $Q - 1923 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$;

При плотности криогенной жидкости $\gamma = 800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

Выбираем ЦН типа DSM 230. Каталожные данные выбранного ЦН при номинальной частоте питающего напряжения 60 Гц приведены в табл. 3.

Таблица 2.1 – Каталожные данные DSM 230

Рабочий диапазон $Q, \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$	Напор $H_{\text{мех}}, \text{м}$	Скорость вращения $n_{\text{мех}}, \frac{\text{об}}{\text{мин}}$
1152-2150	82,03	3540

Из каталожных данных видно, что при подаче $1923 \frac{\text{м}^3}{\text{сут}}$, КПД насоса 66%, а максимальная мощность, потребляемая насосом $P_{\text{мех}} = 13,4$ кВт. [8]

По мощности, потребляемой насосом, рассчитывается мощность погружного электродвигателя.

2.2 Выбор двигателя

Для выбора мощности двигателя необходимо знать мощность на валу механизма. Примем $K_3 = 1,05$ о. е. – коэффициент запаса.

$$P = K_3 \cdot P_{\text{мех}} = 1,05 \cdot 14,1 = 14,8 \text{ кВт.} \quad (2.1)$$

Выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором переменного тока «Сепр АВ30г 160МВ» с взрывонепроницаемой оболочкой и соответствующим требованиям.

Корпус изготовлен из чугуна, закрытый дизайн отлично защищает чувствительные компоненты от попадания пыли, грязи и воды. Воздушное охлаждение внешней поверхности от крыльчатки, установленной на основном валу, или от вентиляционного блока принудительного действия. Большой выбор монтажных решений, опциональных возможностей и аксессуаров для оптимального подбора конфигурации [6].

Таблица 2.2 – Каталожные данные Сепр АВ30г

Номинальная мощность $P_{дв}$, кВт	Номинальное линейное напряжение $U_{л}$, В	Номинальный фазный ток I_1 , А	КПД $\eta_{дв}$, о. е.	Коэффициент мощности $\cos\varphi$, о. е.	Номинальное скольжение s_H , о. е.
15	690	26,8	0,75	0,9	0,073

Пересчет значения номинального тока по формуле:

$$I_1 = \frac{P_{дв}}{\sqrt{3}U_{л} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{дв}} = \frac{15 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 690 \cdot 0,9 \cdot 0,75} = 24,5 \text{ А.} \quad (2.2)$$

2.3 Выбор преобразовательного устройства для системы регулируемого привода

Преобразователь частоты «Schneider electric Altivar 61» обеспечивают управление, защиту и регулирование частоты вращения центробежного насоса номинальной мощностью от 0,75 до 800 кВт.

Имеющиеся функции, встроенные в ПЧ, позволяют адаптировать его к различным электрическим установкам. При разработке данного преобразователя, производитель учитывал необходимость электромагнитной совместимости и уменьшения гармонических составляющих тока.

Серия преобразователей частоты Altivar 61 предназначена для двигателей мощностью от 0,75 до 800 кВт с тремя типами сетевого питания:

- однофазное, 200 - 240 В, от 0,37 до 5,5 кВт;
- трехфазное, 200 - 240 В, от 0,37 до 75 кВт;
- трехфазное, 380 - 480 В, от 0,75 до 630 кВт;
- трехфазное, 500 - 690 В, от 1,5 до 800 кВт [7].

Преобразователи частоты низкого напряжения для асинхронных и синхронных электродвигателей		
ATV12	ATV320	ATV61
		
Области применения		
Простые производственные механизмы	Сборочные линии, конвейеры, фасовочно-упаковочное, грузоподъемное, дерево- и металлообрабатывающее оборудование	Насосные и вентиляционные установки (отопление, вентиляция и кондиционирование)
Диапазон мощности в однофазной сети 200-240 В, кВт		
0,18-2,2	0,18-2,2	-
Диапазон мощности в трехфазной сети 380 В, кВт		
-	0,37-15	0,75-75
Степень защиты		
IP20	IP20, IP65, IP66	IP21, IP55
Выходная частота электропривода, Гц		
0,1-400	0,1-599	0,5-200
Закон управления для асинхронных электродвигателей		
Скалярное управление U/f Векторное управление в разомкнутой системе Квадратичный закон для центробежных агрегатов	Скалярное управление U/f по 2 и 5 точкам Векторное управление в разомкнутой системе Энергосберегающий режим Квадратичный закон для центробежных агрегатов	Скалярное управление U/f по 2 точкам Векторное управление в разомкнутой системе Энергосберегающий режим Квадратичный закон для центробежных агрегатов
Закон управления для синхронных электродвигателей		
-	Векторное управление в разомкнутой системе	Векторное управление в разомкнутой системе
Перегрузка		
150% номинального тока	150% номинального тока	110% номинального тока
Количество предустановленных скоростей		
8	16	7
Количество входов/выходов (DI – дискретные входы, DO – дискретные выходы, AI – аналоговые входы, AO – аналоговые выходы, RO – релейные выходы, STO – дискретные входы активации функции безопасного отключения)		
DI – 4, DO – 1, AI – 1, AO – 1, RO – 1	DI – 6, AI – 3, AO – 1, DO – 1, RO – 2, STO – 1	DI – 3, AI – 2, AO – 1, RO – 2
Встроенные коммуникационные порты		
Modbus	Modbus и CANopen	Modbus
Коммуникационные порты, доступные как дополнительная опция		
-	DeviceNet, Profibus DP, Modbus TCP, Ethernet/IP, EtherCAT, Profinet, Powerlink	LONWORKS, METASYS N2, APOGEE FLN, BACnet
Карты расширения и встроенный контроллер		
-	Встроенный контроллер с программированием в среде ATV Logic	-
Средства отображения информации		
Встроенный дисплей и выносной графический терминал с IP54 или IP65	Встроенный дисплей и выносной графический терминал с IP54	Встроенный дисплей и выносной графический терминал с IP54 или IP65
Средства настройки		
Встроенный дисплей и выносной графический терминал, программное обеспечение SoMove		
Средства переноса конфигурации		
Загрузчик, мультзагрузчик, программное обеспечение SoMove		
Стандарты и сертификаты		

Рисунок 2.1 – Параметры ПЧ «Schneider electric Altivar»

Предусмотрено четыре режима пуска:

- плавный;
- с синхронизацией;
- толчковый;
- с раскачкой.

Во всех режимах (кроме режима «с раскачкой») увеличение частоты на выходе ПЧ происходит с темпом, определяемым отношением заданной

частоты к времени разгона. Изменение напряжения на выходе ПЧ с ростом частоты происходит в соответствии с заданной вольт-частотной характеристикой [7].

Режим разгона «Плавный». В этом режиме изменение частоты происходит равномерно с заданным темпом.

Режим разгона «с синхронизацией». В этом режиме увеличение частоты на выходе ПЧ происходит с заданным темпом до заданного значения, поддерживается в течение заданного времени, затем увеличение частоты продолжается с прежним темпом до конечного значения. Таким образом, полное время достижения заданной частоты будет равно сумме времени разгона и времени синхронизации.

Режим разгона «Толчковый». В этом режиме увеличение частоты на выходе ПЧ происходит с заданным темпом до заданного значения, затем напряжение на выходе увеличивается до повышенного «напряжения толчков», соответствующего данной частоте по вольт-частотной характеристике. Время действия повышенного напряжения определяется частотой толчков, количество толчков задается программно. По окончании толчков происходит дальнейшее увеличение напряжения и частоты в соответствии с заданной характеристикой.

Режим разгона «с раскачкой». При тяжелых условиях пуска двигатель запускается сначала в прямом направлении, затем в обратном и затем снова в прямом. Изменение выходной частоты происходит с заданным темпом, количество циклов «раскачки» задается программно.

На интерфейсе оператор видит следующие параметры:

- режим работы: ручной или автоматический;
- состояние: «Работа» или «Стоп»;
- время работы;
- направление вращения ЭД: прямое или обратное;
- выходная частота;
- фазные токи ЭД и ПЧ;

- дисбаланс токов;
- порядок чередования фаз напряжений на выходе ПЧ;
- напряжение и ток звена постоянного тока ПЧ;
- выходное напряжение ПЧ;
- линейные напряжения на входе ПЧ;
- выходное напряжение на вторичной обмотке трансформатора;
- активная и полная мощность на выходе ПЧ;
- коэффициент мощности ПЧ;
- загрузка ПЧ в процентах по отношению к номинальной активной мощности;
- температура охладителей силовых полупроводниковых приборов [7].

2.4 Выбор аппаратуры управления и защиты

При выборе преобразовательного устройства для системы регулируемого электропривода было отмечено, что ПЧ Schneider electric Altivar 61 также выступает в качестве средства управления и защиты.

ПЧ Schneider electric Altivar 61 имеет следующие виды защит:

- защита от «сухого хода»;
- защита от перегрузки ЭД;
- защита от КЗ;
- защита от недогрузки ЭД;
- контроль коэффициента мощности;
- защита от перенапряжения во входной сети;
- защита от дисбаланса токов [7].

2.5 Проектирование системы защиты от просадки напряжения и перекоса фаз в сети

При перекосе фаз наблюдается значительное снижение мощности трехфазных электрических приборов. На векторной диаграмме векторы фаз сдвигаются по отношению друг к другу на произвольные углы, напряжение

фаз имеют различные значения, а линейные напряжения при этом останутся прежними и равны 380 В.

Замечено, что ПЧ «Altivar 61» также выступает в качестве средства защиты от перекоса фаз и просадки напряжения.

В ПЧ существует функция опции «Уставки и защиты» позволяют программными средствами устанавливать уставки защит от перегрузки, недогруза, дисбаланса токов фаз, времятоковой перегрузки. Таким образом, реализуется защита от просадки напряжения и перекоса фаз [7].

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела проекта является оценка проектирования регулируемого электропривода циркуляционного насоса с позиции конкурентоспособности, а также ресурсоэффективности.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сделать оценку перспективности;
- провести SWOT-анализ;
- выполнить планирование и организацию научного исследования;
- создать диаграмму Ганта
- определить бюджет научного проекта;
- определить ресурсоэффективность проекта.

Потребителями данной разработки являются нефтегазовые компании, заправочные станции.

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

5.1.1. Оценка перспективности проведения научных исследований

Качество и перспективность новой разработки, а также целесообразность вложения денежных средств в данную научно-исследовательскую работу, можно определить с помощью технологии QuaD(QualityADvisor) [22].

Технология QuaD(QualityADvisor) в своей основе содержит две основные группы показателей:

1. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки;
2. Показатели оценки качества разработки [22].

Учитывая экономические и технические особенности, подбираются показатели качества и перспективности разработки.

Для упрощения процедуры проведения QuaD оценка проводится в табличной форме (табл. 5.1).

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

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5*2)*100%
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,08	90	100	0,9	8,1
2. Помехоустойчивость	0,1	85	100	0,85	8,5
3. Надежность	0,1	96	100	0,96	9,6
4. Унифицированность	0,03	83	100	0,83	2,49
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	95	100	0,95	3,8
6. Уровень шума	0,02	78	100	0,78	2,34
7. Безопасность	0,06	86	100	0,86	6,02
8. Потребность в резервном питании	0,03	70	100	0,7	1,4
9. Функциональная мощность	0,09	84	100	0,84	7,56
10. Простота эксплуатации	0,06	89	100	0,89	5,34
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	95	100	0,95	1,9
12. Ремонтопригодность	0,06	96	100	0,96	7,68
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,04	90	100	0,90	3,6
14. Уровень проникновения на рынок	0,03	77	100	0,77	2,31
15. Цена	0,06	60	100	0,6	3,6
16. Предполагаемый срок эксплуатации	0,03	87	100	0,87	2,61
17. Послепродажное обслуживание	0,02	75	100	0,75	1,5

Продолжение таблицы 5.1

18. Финансирование научной разработки	0,04	85	100	0,85	3,4
19. Срок выхода на рынок	0,02	80	100	0,80	1,6
20. Наличие сертификации разработки	0,03	92	100	0,92	2,76
Итого	1				84,11

Благодаря полученному результату средневзвешенного значения показателя качества и перспективности научной разработки ($P_{cp}=84,11$), можно сделать вывод, что разработка является весьма перспективной.

5.1.2. SWOT-анализ работы электропривода для заправки криогенных жидкостей.

SWOT-анализ является инструментом стратегического менеджмента. Представляет собой комплексное исследование технического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта [8].

SWOT-анализ позволит оценить положительные и отрицательные стороны проекта по разработке электропривода центробежного насоса для заправки криогенной жидкости.

Для проведения SWOT-анализа составляется матрица SWOT, которая в свою очередь, способствует выявлению слабых и сильных сторон проекта.

При составлении матрицы SWOT-анализа стоит использовать следующие обозначения: С – сильные стороны проекта; Сс – слабые стороны проекта; В – возможности; У – угрозы.

Матрица SWOT приведена в таблице 5.2.

Таблица 5.2- Матрица SWOT-анализа технического проекта

	Сильные стороны проекта: С1. Высокое качество питающего напряжения С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации С3. Квалифицированный персонал С4. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования	Слабые стороны проекта: Сс1. Повышенный уровень вибраций и шума Сс2. Высокая стоимость оборудования
Возможности: В1. Экономия электроэнергии за счет использования задатчика интенсивности и частотного преобразователя.	B1 C1 C2 C3	B1 Сс2 Сс3;
В2. Повышение износостойкости элементов конструкции электропривода	B2 C2 C3 C4	B2 Сс1 Сс2
В3. Резервное питание электропривода насоса	B3 C1 C2 C3 C4	B3 Сс2 Сс3.
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	B4 C1 C4	
Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологии производства	У1 C4	У1 Сс3
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	У2 C4	
У3. Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной инспекции	У3 C3	У3 Сс2

На основании матрицы SWOT производится построение интерактивных матриц возможностей и угроз, что в свою очередь, позволяет оценить эффективность данного проекта, а также надежность его реализации.

При построении интерактивных матриц используются следующие обозначения:

«1» – сильное соответствие;

«0» – слабое соответствие.

Анализ интерактивных матриц, приведен в таблицах 5.3 и 5.4.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица возможностей

Возможности	Сильные стороны проекта			
	С1. Высокое качество питающего напряжения	С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации	С3. Квалифицир ованный персонал	С4. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования
В1. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя.	1	1	1	0
В2. Повышение износостойкости элементов деталей электропривода	0	1	1	1
В3. Резервное питание электропривода насоса	1	1	1	1
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	0	0	0	0

Возможности	Слабые стороны проекта	
	Сс1. Повышенный уровень шума и вибраций	Сс2. Высокая стоимость оборудования
В1. Экономия электроэнергии за счет использования частотного преобразователя.	0	1
В2. Повышение износостойкости элементов деталей электропривода	1	0
В3. Резервное питание электропривода магистрального насоса	0	1
В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.	0	0

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица угроз

Угроза	Сильные стороны проекта			
	С1. Высокое качество питающего напряжения	С2. Надежность систем защит и аварийной сигнализации	С4. Квалифицир ованный персонал	С5. Небольшие затраты на ремонт и обслуживание оборудования
У1. Развитая конкуренция технологии производства	0	0	0	1
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	0	0	0	1

Продолжение таблицы 5.4

У3. Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной инспекции	0	0	1	0
Угроза	Слабые стороны проекта			
	Сс1.Повышенный уровень шума	Сс2.Значительная стоимость оборудования		
У1 Развитая конкуренция технологии производства	0	1		
У2. Риск несвоевременной поставки оборудования	0	0		
У3 Введения дополнительных требований к стандартизации и сертификации продукции со стороны государственной инспекции	1	0		

Исходя из результатов интерактивных матриц, можно заметить, что наиболее сильной стороной проекта является - надежность защит и аварийной сигнализации, посредством того, что несвоевременная ликвидация ошибок и аварий может повлечь за собой нарушение технологического процесса, а также угрозе здоровью и жизни людей.

За счет высокого качества питающего напряжения видно, что проект является перспективным. Слабые стороны можно эффективно подавить за счет снижения себестоимости продукции, где можно сэкономить на расходах по заготовке сырья, благодаря современному технологическому процессу и простоты изготовления.

5.2. Планирование технического проекта

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Организация работ технического проекта осуществляется в следующем порядке:

1 – разработка технического задания (ТЗ) – представляет собой изучение первичной информации об объекте, требования к техническому проекту, составление задания и плана на работу;

2 – литературный обзор – ознакомление с предметом работы, изучение различных источников, в том числе области применения оборудования, касающихся различных сторон технического проекта;

3 – сбор исходных данных – это выбор из изученных источников электрических схем соединения; параметров двигателя; параметров частотного преобразователя и задатчика интенсивности;

4 – подготовка данных для ввода в базу комплекса – составление схем замещения, расчет естественных характеристик электродвигателя, расчет параметров схемы замещения;

5 – отладка базы данных и проведение тестовых расчетов – перепроверка всех введенных значений, формул и схем;

6 – выбор оборудования – необходимо произвести выбор оборудования из изученных ранее источников;

7 – расчёт и проверка модели АД – построение естественных механических и электромеханических характеристик в среде MathCAD 15 MATLAB Simulink на холостом ходу, при пуске от сети, при пуске с задатчиком интенсивности, преобразователем частоты и вольт частотной добавкой;

8 – расчёт и проверка модели АД-ПЧ – расчет статических характеристик системы преобразователь-двигатель, расчет и построение механических ($M_{эм}$) и электромеханических (I_1) характеристик, характеристик асинхронного двигателя при изменении частоты в среде MathCAD 15;

9 – оформление пояснительной записки – окончательная проверка руководителем, устранение недочетов студентом, подготовка к защите, подготовка презентации;

10 – Проверка выпускной квалификационной работы руководителем - в рамках учебно-практической работы, включает в себя окончательную проверку руководителем, устранение окончательных недочетов студентом.

11 – Подготовка к защите ВКР – подготовка презентации, согласование с преподавателем для защиты перед аттестационной государственной комиссией.

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемой (средней) величины трудоемкости используется следующая формула [1]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5} \quad (5.1)$$

где:

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы раб.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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{C_i} = \frac{2}{1} = 2 \text{ дня.} \quad (5.2)$$

Расчет календарного коэффициента для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22. \quad (5.3)$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы:

$$T_{\text{кi}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,22 = 1,7 \approx 2 \text{ дня}. \quad (5.4)$$

Расчет календарного коэффициента для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,477. \quad (5.5)$$

Расчет календарной продолжительности выполнения работы:

$$T_{\text{кi}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 1,4 \cdot 1,477 = 2,1 \approx 3 \text{ дня}. \quad (5.6)$$

Все полученные значения в календарных днях округляются. Все данные заносятся в таблицу 5.5.

Результаты расчетов продолжительности выполнения работ приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Расчет продолжительности выполнения работ

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{mini} человеко-дни		t_{maxi} человеко-дни		$t_{ожи}$ человеко-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление ТЗ	1		4		2,2		2		3	
Сбор и изучение литературы		5		7		6		6		9
Сбор исходных данных		4		5		5		5		8
Подготовка для ввода в базу	1		2		1,4		1,4		2	
Отладка данных и проведение расчетов		5		8		6		6		7

Продолжение таблицы 5.5

Выбор оборудования		5		8		5		5		6
Расчёт и проверка модели АД		6		8		7		7		11
Расчет и проверка ПЧ - АД	8		10		8,8		8,8			11
Оформление пояснительной записки	4		6		5		5		8	
Проверка ВКР руководителем		6		8		7		7		11
Подготовка к защите ВКР		7	0	10		8,2		8,2		12

Используем диаграмму Ганта для визуальной демонстрации продолжительности выполняемой работы. Диаграмма Ганта приведена на рис.

5.1

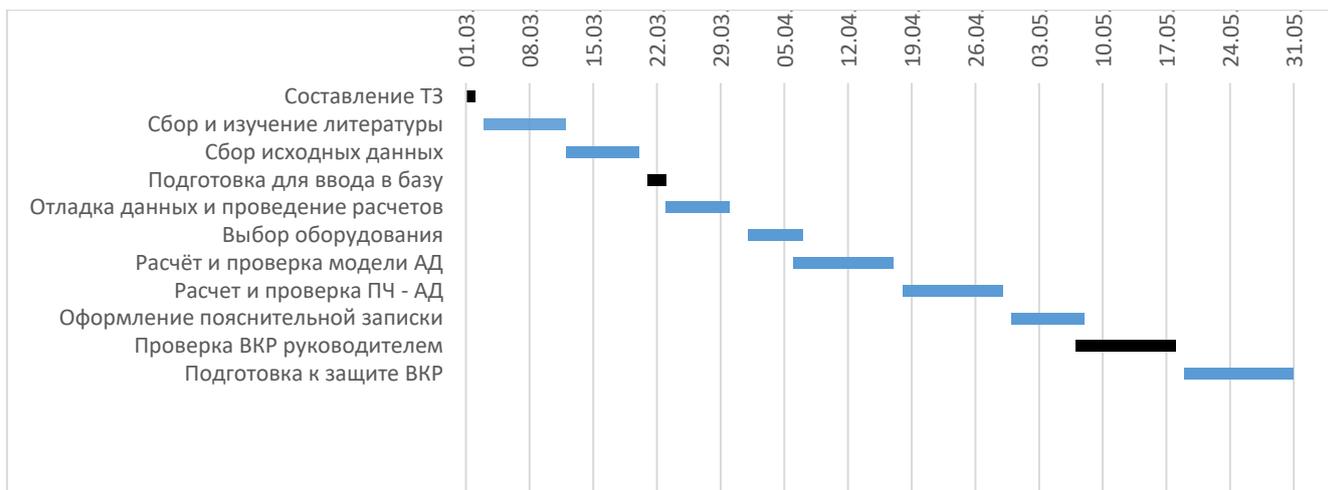


Рисунок 5.1 – Диаграмма Ганта

■ – Руководитель ■ – Инженер

Исходя из диаграммы продолжительности работ, определяется участие каждого специалиста рабочей группы в разработке проекта: руководитель 14 рабочих дней, инженер 77 рабочих дней. Общая продолжительность выполнения ВКР с 01.03.21 по 31.06.21 составила 92 календарных дней из них 72 рабочих дня.

5.3. Бюджет научно-технического исследования

5.3.1 Полная заработная плата исполнителей ВКР

На данном этапе рассчитывается основная заработная плата научного руководителя и исполнителя (инженера), участвующих в выполнении данной работы. Расходы по заработной плате определяются исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок [1].

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.7)$$

где:

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

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

Основная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (5.8)$$

где:

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

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (5.9)$$

где:

$Z_{\text{м}}$ – 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, рад. дн.

Месячный должностной оклад:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.10)$$

где:

Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 30 % от Z_{tc} .

k_d – коэффициент доплат и надбавок, примем 35 % от Z_{tc} .

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 о.е.

По приведенным формулам, приведен пример расчета заработной платы для научного руководителя проекта.

Месячный должностной оклад рассчитаем по формуле (5.10):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p = 25000 \cdot (1 + 0,3 + 0,35) \cdot 1,3 = 53625 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата рассчитаем по формуле (5.9):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{53625 \cdot 10,4}{229} = 2435,4 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата рассчитаем по формуле (5.8):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p = 2345,4 \cdot 19 = 46272 \text{ руб.}$$

Таблица 5.6– Расчёт основной заработной платы исполнителей

Исполнители	Z_{tc} , руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Научный руководитель	25000	0,3	0,35	1,3	53625	2435,4	19	46272
Исполнитель	13000	0,3	0,2	1,3	23400	1062,7	73	77577
Итого $Z_{осн}$								123849

Дополнительная заработная плата, составляет 12-15% от основной.

Расчет дополнительной и полной заработной платы приведен в таблице 5.7.

Таблица 5.7. – Расчет дополнительной и полной заработной платы

Исполнители	Коэффициент дополнительной заработной платы	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Полная заработная плата, руб.
Руководитель	0,12	46272	5552	0,12
Инженер	0,12	77577	9309	0,12
Итого				14861

Таким образом, основная и дополнительная заработная плата составляют 138 710 руб., что занимает основную часть бюджета затрат проекта.

5.3.2. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В подразделе отражаются обязательные отчисления по нормам органам социального страхования, пенсионного фонда и медицинского страхования, установленные законодательством Российской Федерации.

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}); \quad (5.11)$$

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

Согласно [1] ставка отчислений для учреждений, осуществляющих научную и образовательную деятельность, на 2021 год составляет 30,2%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	46272	5552
Исполнитель	77577	9309
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого		
Научный руководитель	15650	
Исполнитель	26239	

5.3.3. Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, приведены в таблице 5.9:

Таблица 5.9 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, руб.
MathCAD	Лицензия	1	3000	3000
MATLAB Simulink	Подписка на год	1	4200	4200
Итого:				7200

Из таблицы видно, что материальные затраты составляют 7200 рублей.

5.3.4. Накладные расходы

Накладные расходы, которые могут включать в себя прочие затраты организации, которые не попали в предыдущие статьи, рассчитываются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16. \quad (5.12)$$

Пример расчета по формуле (5.12):

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (\text{сумма статей}) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ &= (53625 + 23400 + 46272 + 77577 + 5552 + 9309 + 15650 + 26239) \cdot 0,16 = 41220 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Значения расчётов накладных расходов приведены в таблице 5.10.

5.3.5 Формирование бюджета технического проекта

Рассчитанная величина затрат технического проекта является основой для формирования затрат проекта, который при формировании договора с

заказчиком защищается организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку технической продукции. [8]

Определение затрат на технический проект приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Смета технического проекта

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.	Структура затрат, %
Материальные затраты НТИ.	7,2	3,15
Полная заработная плата исполнителей темы	123,8	54,2
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14,8	6,5
Отчисления во внебюджетные фонды	41,2	18,05
Накладные расходы	41,3	18,1
Итого	228,3	100,0

Таким образом, исходя из представленной выше таблицы 1.9, можно сделать вывод, что бюджет затрат на выполнение технического проекта составляет 228,3 тыс. руб. Большая часть (54,2 %) составляют заработная плата исполнителей.

5.4. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение ресурсоэффективности [1] проекта можно оценить с помощью интегрального критерия ресурсоэффективности:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.12)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Для определения ресурсоэффективности проекта по проектированию асинхронного электропривода центробежного насоса по закачке криогенной жидкости рекомендуется рассмотреть следующие критерии:

- Надежность центробежного насоса
- Энергосбережение центробежного насоса
- Материалоемкость центробежного насоса
- Производительность циркуляционного насоса
- Удобство центробежного насоса
- Производительности труда – показатель, характеризующий результативность труда, обеспечивается в проекте благодаря автоматизации.

Критерии ресурсоэффективности и их количественные характеристики приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 - Сравнительная характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки		
		ТРН-АД	Нерегулируемый АД	Частотно-регулируемый АД
Надежность	0,2	4	4	5
Энергосбережение	0,2	5	3	4

Продолжение таблицы 5.11

Материалоемкость	0,1	4	4	5
Производительность	0,2	4	4	5
Удобство	0,1	5	5	4
Безопасность	0,2	4	4	5
Итого:	1,00	4,3	3,9	4,7

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности произведем по формуле (5.12):

$$I_{pi}=5\cdot 0,2+4\cdot 0,2+5\cdot 0,1+5\cdot 0,2+4\cdot 0,1+5\cdot 0,2=4,7$$

С точки зрения коммерческого потенциала и перспективности разработки проекта отметим следующее:

По приведенным в таблице значениям можно сделать вывод, что показатели ресурсоэффективности данного проекта имеет высокие показатели, что может говорить о высокой конкурентоспособности и надежности исследуемого объекта.

Вывод по главе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В результате выполнения поставленных задач по данному разделу, можно сделать следующие выводы:

- в результате проведения SWOT-анализа были выявлены сильные и слабые стороны выбора технического проекта. Установлено, что технический проект имеет несколько важных преимуществ, обеспечивающих повышение производительности, безопасности и экономичности технического производства.
- при планировании технических работ был разработан график занятости для двух исполнителей, составлена ленточная диаграмма Ганта, позволяющая оптимально скоординировать работу исполнителя;
- составление сметы технического проекта позволило оценить первоначальную сумму затрат на реализацию технического проекта;
- оценка ресурсоэффективности проекта, проведенная по интегральному показателю, дала высокий результат (4,7 по 5-балльной шкале), что говорит об эффективности реализации технического проекта.

Реализация данного технического проекта, позволяет увеличить эффективность применения электропривода центробежного.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

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

Научно-исследовательская работа включает в себя исследование и моделирование регулируемого электропривода центробежного насоса. Объектом исследования является насос для перекачки криогенных жидкостей (сжиженных газов), служащий для заправки автоцистерн.

Рабочим местом является учебная аудитория, оснащенная компьютерным оборудованием для проведения расчетов, а также моделирования результатов работы. В данном разделе проведена работа по технике безопасности, по охране окружающей среды, а также были приняты меры пожарной безопасности. Рассмотрены некоторые рекомендации по улучшению условий труда.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Трудовой кодекс Российской Федерации способствует урегулированию отношений между работником и работодателем в отношении трудовых и экономических прав.

Исходя из 91 и 108 статей ТК РФ, нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю.

Статья 109 ТК РФ предусматривает предоставление специальных перерывов в течение рабочего времени. В соответствии со Ст. 106 ТК РФ время отдыха — это свободное от исполнения трудовых обязанностей время, которое сотрудник может использовать по своему усмотрению.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя и отражены в Ст. 212 ТК РФ [15].

Общие требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ даны в ТОИ Р-45-048-97. Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 22269-76. Эргономические требования к планировке рабочего места должны соответствовать ГОСТ 21889-76 [26].

Согласно данному ГОСТу:

При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.

Экран видеомонитора, должен быть на расстоянии 600-700 мм от глаз, но не ближе 500 мм с учетом размеров символов.

Конструкция стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования.

Рабочее помещение должно оборудоваться системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточновытяжной вентиляцией.

Помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Для внутренней отделки интерьера помещений должны использоваться диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка 0,7-0,8; для стен 0,5-0,6; для пола 0,3-0,5. [16]

6.2. Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при эксплуатации электропривода центробежного насоса.

Факторы приведены в таблице 1.

Таблица 6.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	Нормативные документы
1.Повышенный уровень шума		+	+	Требования к параметрам шума устанавливает СП 51.13330.2011.
2.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	Параметры микроклимата устанавливаются согласно СанПиН 2.2.4.548-96
3.Повышенный уровень вибрации		+	+	Производственная вибрация устанавливается СН 2.2.4/2.1.8.566-96.
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	ПУЭ, утвержденный министром энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение

6.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

6.3.1. Повышенный уровень шума

Одним из важных факторов, влияющим на организм человека и на качество выполняемой им работы, является шум. Шум – это комплекс звуков, воспринимаемых людьми как неприятный, мешающий или даже вызывающий болезненные ощущения фактор.

При выполнении работ, работник может оказаться под шумовым воздействием со стороны оборудования, находящегося в помещении: персональные компьютеры, принтеров, оборудование поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция, обогреватели) и тому подобное. Работы, выполняемые специалистом, расцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, следовательно, эквивалентный уровень шума в рабочем помещении не должен превышать 50дБА согласно [17].

В качестве профилактики и защиты от производственных шумов рекомендуется применять малошумные процессы, улучшать конструкции машин, изолировать источники шума: применять шумопоглощающие материалы и конструкции (например, мягкую мебель).

6.3.2. Отклонение показаний микроклимата

Микроклимат (температура, относительная влажность, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения) и содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны должны быть в пределах санитарно-гигиенических норм, что обеспечивается:

– при незначительных перегревах воздуха и умеренных выбросах паров, газов, аэрозоля - применением организованной естественной вентиляции;

–при значительных уровнях теплового воздействия и выбросов загрязнителей - устройством принудительной вентиляции, обеспечивающей

снижение температуры воздуха и концентрации загрязнителей до допустимых пределов притоком свежего воздуха в рабочую зону.

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

При невозможности достижения, нормативных показателей микроклимата воздуха рабочей зоны должна обеспечиваться защита работников средствами индивидуальной защиты и т.д.

Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений для категории работ приведены в таблице 9 из СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [18].

Таблица 6.2 – Оптимальные показатели микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

6.3.3. Повышенный уровень вибрации

Стандарт, согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96, распространяется на рабочие места, где инженер подвергается воздействию вибрационных колебаний, машины и оборудования, и технологические процессы, являющиеся источниками вибрации [19].

Вибрация – механические колебания, оказывающие существенное влияние на организм человека.

Во время работы возможно повышения уровня вибрации, посредством колебаний различных приборов (принтеров, бытовых приборов).

Измерения вибрации следует проводить в диапазоне частот, охватывающем частотный спектр колебаний машины. Ширина диапазона

частот зависит от типа машины (например, диапазон частот, необходимый для оценки целостности подшипников качения, должен включать в себя частоты более высокие, чем для машин с подшипниками скольжения).

Обычно измерения проводят в различных точках в двух или трех взаимно перпендикулярных направлениях, что позволяет получить набор значений параметров вибрации.

6.3.4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Естественное освещение положительно сказывается на зрение человека, тонизирует организм и оказывает благоприятное психологическое воздействие. При недостаточном естественном освещении или в темное время суток, зачастую, применяется искусственное освещение.

Дисплей и осветительные приборы (например, люминесцентные лампы) являются источником световых пульсаций. Пульсации освещенности, при работе с неподвижными поверхностями, вызывают утомляемость и головную боль.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПК должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Для искусственного освещения применяют электрические люминесцентные лампы. Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Нормируемый показатель искусственного освещения составляет 150 Лк [20].

6.3.5. Повышенное значение напряжения электрической цепи

Поражение электрическим током наиболее часто встречаемый, но в тоже время и опасный фактор, при работе с электрическими установками. При разработке коллективных и индивидуальных средств защиты от электропоражения необходимо, согласно правилам устройства электроустановок, рассмотреть вопросы:

–обоснование категории помещения по степени опасности поражения электрическим током;

–необходимые требования к электрооборудованию;

–анализ соответствия реального положения на производстве перечисленным требованиям;

–мероприятия по устранению и обнаружению различных видов неисправностей;

Рассматриваемый объект не имеет тех характеристик, которые свойственны особо опасным установкам, способствующие поражению электрическим током. Необходимо применение основных коллективных способов и средств электрозащиты: изоляция проводов; предупредительная сигнализация и аварийное отключение; защитное заземление.

Также, используются индивидуальные электрозащитные средства. В установках до 1 кВ, используются диэлектрические перчатки, диэлектрические коврики и боты, изолирующие подставки, а также инструмент с изолированными рукоятками.

Для защиты от электромагнитного излучения системный блок рекомендовано отдалить на некоторое расстояние. В дневное время установить максимальную яркость дисплея для исключения пульсации подсветки. Проветривать помещение, регулярно, каждый час. Выполнять специальную гимнастику для снятия напряжения с глаз.

6.4. Экологическая безопасность.

Воздействие на литосферу происходит лишь при утилизации компьютера. Утилизация данной техники занимаются специализированные компании, так как согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» происходит запрет юридическим лицам самовольно избавляться от опасных отходов. Обращение с отходами регламентируется ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами».

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Мероприятия по безопасности и защите населения и территорий регламентируются ГОСТ Р 22.0.07-95 «Безопасность в ЧС. Источники техногенных ЧС. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров», ФЗ от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера».

Основными причинами аварий и чрезвычайных ситуаций являются:

- стихийные бедствия;
- нарушения режимов технологических процессов;
- некомпетентность лиц, допущенных к установкам;
- нарушение правил техники безопасности.

С точки зрения выполнения проекта характерны следующие виды ЧС:

- Взрывы и пожары;
- Обрушение зданий, конструкций;
- Метеорологические явления;
- Землетрясение.

6.5.1. Анализ ЧС, которые могут произойти при проведении исследований

Одной из вероятных чрезвычайных ситуаций, при разработке электропривода, является пожар на рабочем месте. В качестве противопожарных мероприятий должны быть применены следующие меры:

- Недопущение использования неисправного оборудования;
- Ознакомление сотрудников с правилами пожарной безопасности;
- Сотрудники должны знать место нахождения средств пожаротушения, связи и номера экстренных служб.

При возникновении пожара:

- Сообщить о пожаре ответственному лицу

- Предпринять меры по устранению очага возгорания имеющимися силами, при помощи первичных средств пожаротушения;
- Привести в действие систему экстренного оповещения, если очаг возгорания потушить не удастся;
- Сообщить о возгорании в службу пожарной охраны;
- Принять меры по эвакуации людей;
- Ожидать пожарную охрану, при необходимости сообщить всю необходимую информацию.

Заключение по главе «Социальная ответственность»

В ходе выполнения работы над разделом «Социальная ответственность» были выявлены опасные и вредные факторы, воздействию которых может подвергнуться исследователь и оператор, был проведен анализ нормативной документации. Был предложен ряд мер для исключения или уменьшения влияния опасных и вредных факторов на человека и окружающую среду. Согласно Федеральному закону "О специальной оценке условий труда" условия труда являются допустимыми.

Заключение

В данной работе приведены основные сведения о составе и функционирования ЦН по заправке криогенной жидкости.

Выбран требуемый насос по требуемой подаче и напору. По мощности насоса выбран ЭД «Семр АВ30г 160МВ» с взрывонепроницаемой оболочкой. Выбран ПЧ серии «Altivar 61», он обеспечивает необходимую защиту и управление ЦН.

Получены все необходимые характеристики для анализа ЭД с механической нагрузкой и скалярным частотным управлением $U/f_2 = const$.

Построены модели в программной среде MATLAB Simulink, получены необходимые переходные процессы тока статора, угловой скорости и электромагнитного момента при различных режимах эксплуатации электропривода.

По полученным данным и переходным процессам была выявлена корректная работа электропривода.

Можно сделать вывод, что при наличии задатчика интенсивности, а также преобразователя частоты на насосной установке можно добиться следующего:

- Уменьшить затраты на плановый и капитальный ремонт оборудования (всей инфраструктуры подачи криогенных жидкостей), в результате пресечения различных аварийных ситуаций, вызванных в частности гидравлическим ударом;
- Уменьшить пусковые токи и электромагнитный момент;
- Добиться оптимальных параметров пуска и работы АД.

Список использованной литературы

1. «Сибирь – Энерго» [Электронный ресурс]: URL: <https://sibir-energo.ru/#!/tab/61197568-1> (дата обращения 20.05.2021)
2. Криогенные насосы. Виды насосов. [Электронный ресурс]: URL: <https://cialis20.ru/kriogennye-nasosy/> (дата обращения 20.05.2021)
3. Крионасосы. Процесс сжижения газов. [Электронный ресурс]: URL: <https://dtzar.ru/krionasos/> (дата обращения 20.05.2021)
4. Центробежные насосы. Принцип работы. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.npmaap.ru/possnips/kniga/378-anikin/file.html> (дата обращения 20.05.2021)
5. Центробежные насосы. [Электронный ресурс]: URL: <https://vseonasosah.ru/kriogennasos/> (дата обращения 20.05.2021)
6. Взрывозащищенные асинхронные двигатели типа АВ. [Электронный ресурс]: URL: <https://vecgroup.ru/equipment/catalog/vzryvozashchishchennye-elektrodvigateli-marelli-motori/vzryvozashchishchennye-asinkhronnye-dvigateli-cemp-ab-ac/> (дата обращения 22.05.2021)
7. Altivar 61 преобразователь частоты. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.se.com/ru/ru/product-range-presentation/1422-altivar-61/> (дата обращения 23.05.2021)
8. Серия DSM криогенные насосы. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.vanzettiengineering.com/ru/kriogennye-nasosy/kriogennye-centrobezhnye-nasosy-dlja-promyshlennaja-proizvodstva-i-avtotransporta-na-spg-serija-dsm> (дата обращения 23.05.2021)
9. Пустоветов М.Ю. Опыт разработки синус-фильтра для силовой схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода – Томск: Известия ТПУ. Инжиниринг георесурсов, 2014 – № 4 – С. 87-95.
10. Электропривод переменного тока: учебное пособие / А.Ю. Чернышев, Ю.Н. Дементьев, И.А. Чернышев; Томский политехнический

университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.
– 213 с.

11. Удут Л.С. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов: учебное пособие. Ч.8. Асинхронный частотно-регулируемый электропривод / Л.С. Удут, О.П. Мальцева, Н.В. Кояин; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 648 с.

12. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока – ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008.– 298 с.

13. ГОСТ 12.0.003–2015. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

14. «Трудовой кодекс РФ» [Электронный ресурс]: URL: <https://rulaws.ru/tk/?yclid=2840441178656909794> (дата обращения 28.05.21)

15. ГОСТ 21889-76 «Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. Обозначение».

16. ГОСТ 12.0.004–90 ССБТ. Обучение работающих безопасности труда.

17. ГОСТ 12.1.004-91, ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования»

18. СанПиН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки».

19. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566 – 96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». – М.: Минздрав России, 1997.

20. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.

21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

22. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Креницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.