

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы			
Модернизация блочной кустовой насосной станции путем замены приводного двигателя			
УДК 621.67-83-048.35			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 4Е5А	Светлаков Илья Александрович		

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, /звание	Подпись	Дата
Доцент	Симанкин Федор Аркадьевич	к.т.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>В соответствии с общекультурными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</b>		
P1	Приобретение профессиональной эрудиции и широкого кругозора в области гуманитарных и естественных наук и использование их в профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-7) (ЕАС-4.2а) (АВЕТ-3А)
P2	Уметь анализировать экологические последствия профессиональной деятельности в совокупности с правовыми, социальными и культурными аспектами и обеспечивать соблюдение безопасных условий труда	Требования ФГОС ВО (ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-9) ПК-4, ПК-5, ПК-13, ПК- 15.
P3	Уметь самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОК-7, ОК-8, ОК-9) (АВЕТ-3i), ПК1, ПК-23, ОПК-6, ПК-23
P4	Грамотно решать профессиональные инженерные задачи с использованием современных образовательных и информационных технологий	Требования ФГОС ВО (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6) (ЕАС-4.2d), (АВЕТ3е)
<b>в области производственно-технологической деятельности</b>		
P5	Управлять технологическими процессами, эксплуатировать и обслуживать оборудование нефтегазовых объектов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК- 15)
P6	внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ПК-5, ПК-6, ПК-10, ПК-12)
<b>в области организационно-управленческой деятельности</b>		
P7	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику	Требования ФГОС ВО (ОК-5, ОК-6, ПК-16, ПК- 18) (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d)

P8	Осуществлять маркетинговые исследования и участвовать в создании проектов, повышающих эффективность использования ресурсов	Требования ФГОС ВО (ПК-5, ПК-14, ПК17, ПК- 19, ПК-22)
в области экспериментально-исследовательской деятельности		
P9	Определять, систематизировать и получать необходимые данные для экспериментально-исследовательской деятельности в нефтегазовой отрасли	Требования ФГОС ВО (ПК-21, ПК-23,ПК-24,ПК- 25,ПК-26)
P10	Планировать, проводить, анализировать, обрабатывать экспериментальные исследования с интерпретацией полученных результатов с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26,) (АВЕТ-3b)
в области проектной деятельности		
P11	Способность применять знания, современные методы и программные средства проектирования для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	Требования ФГОС ВО (ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30) (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е)

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ О.В. Брусник

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е5А	Светлаков Илья Александрович

Тема работы:

Модернизация блочной кустовой насосной станции путем замены приводного двигателя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования БКНС Майского нефтяного месторождения. Режим работы непрерывный. Технологический регламент БКНС. Расчет экономической эффективности
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Провести исследование по эффективности проекта замены приводного двигателя центробежного насоса. Рассчитать и подобрать электродвигатель.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Описание конструктивных особенностей	Симанкин Федор Аркадьевич
Замена приводного двигателя	Симанкин Федор Аркадьевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

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

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

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Симанкин Федор Аркадьевич	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-4E5A	Светлаков Илья Александрович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-4Е5А	Светлаков Илья Александрович

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение школы(НОЦ)</b>	Отделение нефтегазового дела
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Нормы амортизации, страховые взносы, районный коэффициент

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Сравнительный анализ полученных данных

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-4Е5А	Светлаков Илья Александрович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-4Е5А	Светлаков Илья Александрович

<b>Школа</b>	Инженерная школа природных ресурсов	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение нефтегазового дела
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Тема ВКР:

Модернизация блочной кустовой насосной станции путем замены приводного двигателя

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является блочная кустовая насосная станция. Оборудование- Агрегат ЦНС 90х1900 Располагается в машинном зале БКНС Майского месторождения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые - нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. Федеральный закон от 24 июля 1998 года № 125–ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" Трудовой кодекс РФ.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации; - повышенные концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны; - недостаточная освещенность. Опасные факторы: - вращающиеся части и механизмы; - высокое электрическое напряжение;
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выбросы газа; Гидросфера: разлив подтоварной воды Литосфера: загрязнение почвы химическими веществами
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: разгерметизация насосного оборудования, пожар, взрыв, разрушение оборудования, поражение электрическим током, отравление газом, травмированные движущимися частями машин и механизмов, обрушение зданий, природные пожары, изменение состояния почв. Наиболее типичная ЧС: разгерметизация насосного оборудования

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е5А	Светлаков Илья Александрович		

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

Школа: Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность): 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
 Профиль: «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»  
 Уровень образования: Бакалавриат  
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения: весенний семестр 2020 учебного года  
 Форма представления работы: Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела / вид работы	Максимальный балл раздела (модуля)
...	...	...
...	...	...

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Симанкин Федор Аркадьевич	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Брусник Олег Владимирович	К.П.Н.		



## Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 82 страниц, 13 рисунков, 29 таблиц, 46 источников.

Ключевые слова: ЦНС, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ, ППД, БКНС.

Объект исследования является БКНС Майского месторождения. Объект предназначен для поддержания пластового давления и утилизации подтоварной воды.

Цель данной работы состоит замена приводного двигателя центробежного насоса.

При рассмотрении проекта замены приводного двигателя получили результаты, показывающие эффективность. Обслуживание и текущий ремонт приводного двигателя происходит гораздо быстрее и эффективнее.

На данный момент проект уже реализован и оборудование работает в нормальном режиме. По итогу достигнуты положительные результаты в экономии денежных средств и экономии ресурсов.

Благодаря замене приводного двигателя центробежного насоса смогли уменьшить нагрев корпуса подшипников т.к. в новом электродвигателе стоят подшипники качения, а не скольжения, что сделало работу персонала более безопасной.

## Содержание

Введение .....	14
1. Обзор литературы .....	15
1.1 Центробежные насосы .....	15
1.2. Насосы шестеренчатые .....	17
1.2.1. Устройство и принцип действия .....	18
1.2.1. Основные области применения .....	19
1.3 Описание конструктивных особенностей.....	19
1.3.1 Преимущества центробежных насосов .....	19
1.3.2 Применение центробежных насосов в промышленности.....	20
1.3.3. Эксплуатация и увеличение срока службы центробежных насосов .....	21
1.3.4. Принцип работы насоса типа ЦНС .....	24
2. Замена приводного двигателя.....	26
2.1 Демонтаж и монтаж приводного двигателя.....	26
2.2 Эксплуатируемый двигатель .....	26
2.3 Устанавливаемый приводной двигатель .....	27
3. Расчетная часть .....	30
3.1. Расчет приводного двигателя .....	30
3.2. Расчет и выбор стальных канатов для строп .....	30
3.3 Расчет полумуфты.....	31
3.3.1 Проверка на прочность стальных канатов .....	31
3.3.2 Комплекс метода конечных элементов ANSYS .....	35
3.3.3 Анализ НДС (напряженно-деформированное состояние) муфты канатного типа методом конечных элементов с использованием комплекса ANSYS.....	37
3.3.4 Анализ полученных результатов .....	40
4. Финансовый менеджмент, рурсурсоэффективность и рурсурсосбережение .....	43
4.1 Анализ конкурентных технических решений.....	43
4.1.1 SWOT – анализ проекта .....	44

4.1.2	Планирование научно-технического исследования .....	45
4.1.2.1	Структура работы в рамках научного исследования.....	45
4.1.3	Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ .....	46
4.1.4	Разработка графика проведения научного исследования .....	47
4.2	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	51
4.2.1	Расчёт материальных затрат НТИ .....	51
4.2.2	Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	52
4.2.3	Расчет амортизационных отчислений.....	52
4.3	Затраты на заработную плату .....	53
4.3.1	Основная заработная плата.....	53
4.3.2	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	55
4.3.3	Накладные расходы.....	55
4.4	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта .....	56
4.5	Вывод по разделу .....	58
4.5.1	Заключение по разделу .....	59
5.	Социальная ответственность .....	61
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
5.2	Производственная безопасность .....	63
5.2.1.	Анализ выявленных вредных и опасных факторов.....	63
5.2.2	Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-83).....	64
5.2.3	Допустимые уровни вибрации (ГОСТ 26568-85) .....	65
5.2.4	Допустимые уровни звукового давления (ГОСТ 12.1.003-83) .....	67
5.2.5	Нормы освещенности производственных объектов (СниП 11-4-79) .....	69
5.2.6	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека .....	69
5.2.7	Опасность поражения вращающимися частями исполнительного устройства .....	70

5.3 Обоснование мер по снижению воздействия.....	71
5.3.1 Нормы оснащённости персонала, обслуживающего БКНС, средствами индивидуальной защиты.....	71
5.4 Экологическая безопасность .....	72
5.4.1 Выбросы в атмосферу .....	72
5.4.2 Загрязнение гидросферы.....	72
5.4.3 Загрязнение литосферы.....	72
5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	73
5.6 Заключение по разделу .....	74
Заключение .....	76
Список используемой литературы .....	77
Приложение А .....	81
Приложение Б.....	82

## Используемые сокращения и термины

**БКНС** – блочная кустовая насосная станция

**Машинист ЗРАП** – машинист по закачке рабочего агента в пласт

**МС** - маслосистема

**НА** – насосный агрегат

**НМШ** – насос масляный шестеренчатый

**ПБ** – правила безопасности

**ПЛА** – план ликвидации аварий

**ППД** – поддержание пластового давления

**ПТБ** – правила техники безопасности

**ПТЭЭ** – правила техники эксплуатации электроустановок потребителей

**ПУЭ** – правила устройства электроустановок

**РВС** – резервуар вертикальный стальной

**РУ** – распределительное устройство

**СНиП** – санитарные нормы и правила

**СТДМ** – синхронный трехфазный двигатель

**ТО и ППР** – техническое обслуживание и планово-предупредительные работы

**УПН** – установка подготовки нефти

**ЦДНГ** – цех по добыче нефти и газа

**ЦНС** – центробежный насос секционный

## Введение

Блочная кустовая насосная станция используется для перекачивания пластовой и пресной воды и её подвода на прием нагнетательных скважин в общий комплекс поддержания давления в пласте.

Блочная кустовая насосная станция состоит из машинного зала (насосных блоков) и энергетического зала (блоки энергообеспечения). Блоки энергообеспечения необходимы для автоматического управления работой насосных агрегатов, обеспечения сигнализации состояния технологического оборудования, контроля параметров, защиты технологического оборудования, автоматического отключения в случае необходимости насосного агрегата, а также включения резервного агрегата. Насосные блоки нужны для повышения давления технологической воды до такого уровня, который сможет обеспечить нагнетание в скважине воды. Наличие устройства плавного пуска дает возможность уменьшить значение пускового тока, а также устранить скачки напряжения в сети при прямом пуске электроагрегатов, что повысит надежность работы всей системы, а также продлит время эксплуатации оборудования.

Цель данной выпускной квалификационной работы является замена приводного двигателя насоса БКНС а именно на ЦНС 90/1900 на местоположениях Западной Сибири.

Для достижения цели ставятся следующие задачи:

1. Обзор литературы;
2. Дать общую характеристику насосам ЦНС и приводным двигателям;
3. Представить методы выбора приводного двигателя;
4. Рассчитать рабочую модель заменяемого приводного двигателя;
5. Анализ НДС (напряженно-деформированное состояние) муфты канатного типа методом конечных элементов с использованием комплекса ANSYS;

Объектом исследования является опыт использование насосов ЦНС для поддержания пластового давления на месторождения Западной Сибири.

# 1. Обзор литературы

## 1.1 Центробежные насосы

Центробежный насос – это насос, в котором движение жидкости и необходимый напор создаются за счёт центробежной силы, возникающей при воздействии лопастей рабочего колеса на жидкость. Т.е. центробежный насос относится к механизмам, в которых кинетическая энергия сообщается жидкости, впоследствии преобразуемая в энергию давления.

Для создания высоких давлений появляется необходимость в последовательном включении нескольких рабочих колес (рисунок 2а), насаженных на общий вал. В этом случае один и тот же поток жидкости проходит через ряд ступеней повышения давления, причем общий создаваемый напор будет равен сумме напоров, создаваемых каждым колесом.

Две распространенные схемы таких многоступенчатых насосов с различным расположением колес приводятся на рисунке 2а и 2б. В первой рабочие колеса повернуты в одну сторону, во второй их направление попарно обратное. Переход жидкости происходит по особым переточным каналам от каждого колеса к последующему

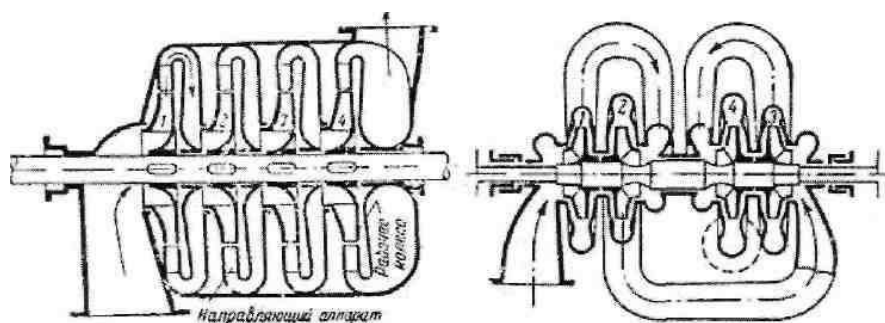


Рисунок 1 – Схема многоступенчатого насоса турбинного (а) и спирального (б)

На рисунке 3 насос имеет одно колесо, к которому жидкость подводится с двух сторон, что по существу является параллельным соединением двух односторонних колес, причем каждое из них дает половину общего расхода, напор же остается равным напору, развиваемому одним колесом.[6]

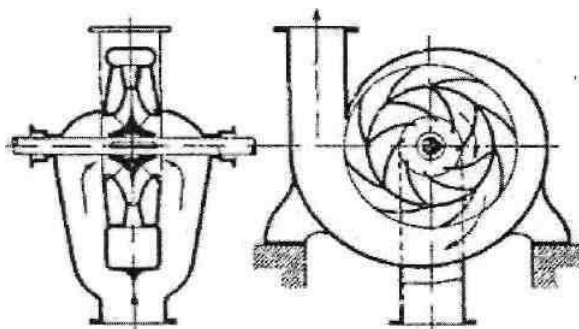


Рисунок 2 – Схема насоса с двухсторонним смешанного подводом жидкости

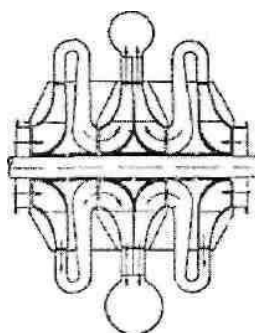


Рисунок 3 – Схема соединения колес

Центробежные насосы по способу отвода жидкости, поступающей к рабочему колесу, бывают спирального и турбинного типа. В центробежных насосах спирального типа (рисунок 2б) жидкость из колеса непосредственно поступает в спиральный канал кожуха и затем либо отводится в напорный трубопровод, либо по переточным каналам (рисунок 3), поступает к следующему колесу. В турбинных насосах (рисунок 2а, рисунок 3) жидкость, сначала проходит через специальное направляющие жидкость устройство, прежде чем попасть в спираль или канал, ведущей к следующему колесу. По схеме рисунка 2а выполняются многоступенчатые насосы европейского типа, а по рисунку 2б – американского типа.



По конструкции корпуса различают насосы однокорпусные и секционного типа. В первых корпус насоса имеет только один разъем в горизонтальной плоскости, проходящей через ось вала насоса; у насосов секционного типа корпус состоит из отдельных секций, причём секция с колесом образует одну ступень насоса. Секции корпуса соприкасаются между собой по плоскостям, перпендикулярным к оси насоса и все вместе стягиваются болтами.[2]

Многоступенчатые центробежные насосы при относительно небольших подачах развивают большие напоры. Различают многоступенчатые насосы секционного и спирального типа. В секционном насосе жидкость поступает последовательно из одного колеса в другое через направляющие аппараты, которые имеются в каждой секции. Корпус многоступенчатого насоса секционного типа состоит из отдельных секций и двух крышек, соединенных стяжными болтами. В центробежных секционных насосах осевое давление воспринимается гидравлической пятой. Насосы, изготавливаемые в различных климатических исполнениях и различных категорий, предназначены для работы вне помещений и в помещениях, где по условиям работы возможно образование взрывоопасных газов, паров или смеси пыли с воздухом, и относящихся к различным категориям взрывоопасности.[4]

## **1.2. Насосы шестеренчатые**

Компактные и надежные насосы шестеренные Ш, НМШ, НМШФ, НМШГ для перекачивания жидких материалов с различной вязкостью – одни из самых востребованных среди агрегатов объемного типа. Повышенным спросом пользуются насосные установки этого типа, выпускаемые одним из крупнейших производителей.[7]

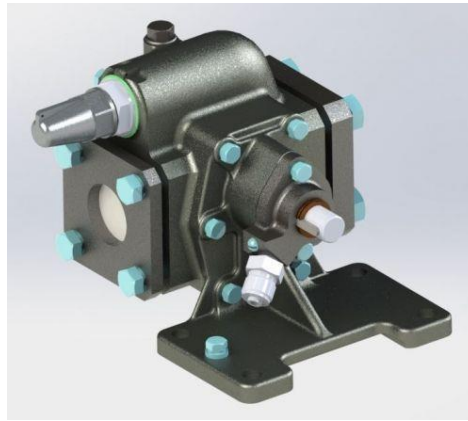


Рисунок 4 – Шестеренчатый насос

Таблица 1 – Технические характеристики шестеренчатого насоса

Насосный агрегат НМШ 8x25 с электродвигателем АИР 80 В4	
Подача, м <sup>3</sup> /час	6,3
Напор, м	25
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Частота вращения электродвигателя, об/мин	1400
Напряжение питания электродвигателя, В	380

### 1.2.1. Устройство и принцип действия

Основные узлы шестеренных электронасосов – корпус с предохранительным и разгрузочным клапанами, ведущая и ведомая шестерни. Насосная установка состоит из насоса, электродвигателя, соединительной муфты, защитного кожуха и общего основания – плиты или рамы. Жидкость перемещается в пространстве между зубьями и межзубными бороздами. При выходе шестерен из зацепления объём полостей увеличивается, за счет разрежения на входе в насос жидкость занимает межзубные камеры и переносится в нагнетательный патрубок.

Преимущества шестеренных насосов:

- высокая производительность, постоянная подача даже при износе ротора;
- возможность перекачивать слабо- и высоковязкие продукты;
- перенастройка для работы с материалами разной вязкости осевой регулировкой ротора;
- возможность модернизации заменой деталей (осевых уплотнений, крышки, корпуса, кожуха);

– безопасность, долговечность (срок службы до 15 лет), удобство обслуживания, относительно невысокая цена насосов Ш, НМШ.[7]

### **1.2.1. Основные области применения**

Электронасосные шестеренные установки используются для транспортирования и подачи:

- нефти, мазута, дизельного топлива, масел;
- лаков, красок, смол;
- высоковязких, быстро застывающих материалов (асфальта, гудрона, битумов, пеков, парафина);
- других продуктов, не содержащих механических примесей.

Насосы шестеренные Ш, НМШ, НМШГ и НМШФ эксплуатируются:

- в нефте- и горнодобывающей промышленности;
- на трубопроводах, транспортных терминалах;
- на нефтеперерабатывающих, нефтехимических, лакокрасочных, асфальтобетонных предприятиях;
- в металлургии, теплоэнергетике, машино- и судостроении, на морском и речном флоте;
- при строительстве сооружений и дорог;
- в фармацевтической, пищевой промышленности.[8]

## **1.3 Описание конструктивных особенностей**

### **1.3.1 Преимущества центробежных насосов**

Преимущества центробежных насосных установок можно разделить в основном, на конструктивные и функциональные.

По своей конструкции центробежные насосы компактны благодаря тому, что непосредственно агрегат соединен напрямую с паровыми турбинами и электродвигателем. Как следствие такие установки обладают небольшим весом и габаритами при высоких показателях производительности и требуют маленькую площадь установки и сравнительно легкий фундамент. Центробежные насосные

установки легко демонтировать и устанавливать. Они надежны, долговечны, экономичны в эксплуатации и несложны в использовании.

Функциональные плюсы включают, в том числе, способность насоса к быстрой активации и несложную регулировку. Они плавно и непрерывно подают воду, т.к. в напорном проводе устраняются гидравлические удары.

Центробежные насосы широко используются для перекачивания веществ содержащих взвеси, мусор, загрязнения.

Разумная стоимость насоса складывается из сравнительной дешевизны используемых материалов при его изготовлении: чугун, полимеры, сталь.

К минусам этих устройств относятся:

1. требуется предварительная заливка перекачиваемой жидкости;
2. требуется высокая герметизация всасывающей линии;
3. неразрывная связь подачи и напора;
4. зависимость КПД от подачи и напора;
5. малый КПД при малых значениях подачи и большой вязкости жидкости.[1]

Таблица 2 – технические характеристики насоса ЦНС 90х1900

Центробежный насос секционный ЦНС 90х1900 с электродвигателем СТД - СТДМ – 1000 – 23 УХЛ4	
Давление нагнетания, кгс/см <sup>2</sup>	190
Производительность насоса, м <sup>3</sup> /час	90
Давление в приёмном патрубке насоса, кгс/см <sup>2</sup>	0,3 - 1,0
Допускаемый кавитационный запас, м	6

### 1.3.2 Применение центробежных насосов в промышленности

В связи с выше изложенными преимуществами центробежных насосов их применение в нефтяной промышленности имеет огромный потенциал к применению.

Центробежные насосы типа ЦНС предназначены для закачивания химически нейтральной воды в нефтяные пласты при добычи нефти, а также могут быть использованы для перекачивания других жидкостей, по физическим и химическим свойствам сходных с водой.

Центробежные насосы работают с водой любой температуры, жидкостями высокой вязкости, сточными водами, веществами с различными примесями (песок, шлак, грунт, торф, уголь). Вследствие чего, такие насосы часто применяются в химической и нефтяной отрасли, при работе на шахтах, для бытовых и коммунальных нужд.

Для отопительных систем, а также установок охлаждения и кондиционирования используются центробежные насосы, предназначенные для работы с водой. Такие модели обеспечивают непрерывную циркуляцию жидкости по замкнутому контуру для того, чтобы поддерживать постоянную температуру. Зачастую, данные типы насосов используют на приусадебных участках.

Погружные насосы используются при откачивании чистой и воды средней загрязненности. Такие насосы используются для того, чтобы получить чистую воду из колодца или скважины, либо для осушения затопленных помещений. Погружной насос может работать непрерывно на протяжении длительного времени. Самовсасывающий насос активно используется в качестве составного элемента насосной станции. Такой насос способен выполнять любую работу, связанную с перекачкой жидкостей с самым различным уровнем загрязнения. Центробежные насосы достаточно широко используются в составе петрохимических установок, при химической переработке, а также в процессе производства различных продуктов питания.[3]

### **1.3.3. Эксплуатация и увеличение срока службы центробежных насосов**

Для обеспечения безаварийной работы центробежных насосов, их необходимо комплектовать определенным набором контрольно-измерительных приборов.

Чтобы обеспечить защиту рабочего колеса насоса, от случайно попавших в трубопровод с перекачиваемой средой инородных тел, на линии входа в насос рекомендуется устанавливать задвижку и фильтр.

Во избежание возможного появления процесса кавитации, вследствие оттока перекачиваемой среды, устанавливается обратный клапан и манометр для контроля давления потока на входе в насос.

Для защиты от возможного гидроудара из-за закрытой задвижки на линии нагнетания, сразу за насосом устанавливают обратный клапан и манометр для контроля давления, развиваемого насосом.

Выбирая центробежный насос из типовой размерной линейки, следует остановить свой выбор на насосе основные рабочие характеристики (производительность и напор) которого находятся в середине рабочего интервала на графиках кривых зависимостей основных рабочих характеристик для выбранного модельного ряда.

При выборе размера насоса ориентируются на максимальные значения требующихся ключевых характеристик насоса, производительности и напора, который насос должен обеспечивать, учитывая сопротивления системы, в которую будет установлен насос.

Для эффективной безаварийной работы насоса необходимо обеспечить его бескавитационную работу, которая обеспечивается соблюдением следующего условия: «кавитационный запас насоса должен быть ниже кавитационного запаса системы, в которую насос будет установлен».

Материальное исполнение проточной части насоса и деталей, контактирующих с перекачиваемой средой, выбирается, исходя из коррозионной активности перекачиваемой насосом среды.

Минимально допустимой при правильном выборе материального исполнения проточной части насоса считается скорость коррозии 0,1 мм/год (макс.)

Выбранная сталь должна обеспечивать скорость коррозии проточной части ниже 0,1 мм/год.

Физико-химическими свойствами перекачиваемой жидкости определяется, конструкция и тип применяемого в насосе узла уплотнения. Центробежные насосы могут комплектоваться сальниковым и различными видами механических уплотнений.[2]

Потребляемая мощность насоса определяется по графикам кривых зависимостей основных рабочих характеристик насоса при значениях максимальной

производительности.

Стандартно такие графики рассчитываются по воде, в случае если плотность перекачиваемой жидкости различается с плотностью воды, необходимо полученное на графике значение потребляемой мощности насоса умножить на отношение плотности перекачиваемой жидкости/к плотности воды.

В настоящее время широко внедрена эксплуатация нефтяных месторождений с применением методов воздействия на нефтяные пласты для увеличения добычи нефти, в частности заводнения нефтяных пластов, для чего применяются в основном и центробежные многоступенчатые секционные насосы ЦНС (ГОСТ 10407-70). Насосы ЦНС предназначены для подачи чистой неагрессивной воды с содержанием механических примесей более 0,1 % по массе твердых частиц не более 0,1 мм с подачей до 1000 м<sup>3</sup> и напором от 40 до 2000 м. К. п. д. насосов в зависимости от типоразмера изменяется от 44 до 80%.

Для подачи большего количества воды применяют насос ЦНС 500-1900 с подачей от 300 до 720 м<sup>3</sup>/ч при напорах соответственно от 2020 до 1600 м. В номинальном режиме при даче 500 м<sup>3</sup>/ч насос развивает напор 1875 м.

Различные напоры насосов достигают в результате изменения числа ступеней: от 6 до 8 у насосов ЦНС 500 и от 8 до 16 у насосов ЦНС 190.

Для нагнетания воды в пласт применяются несколько центробежных насосов, сгруппированных в одну кустовую насосную станцию. Использование пластовых вод в системах заводнения обусловило применение для подачи воды скважинных центробежных насосов.

При этом исключается сооружение промежуточных и кустовых насосных станций, объектов водоочистки и водоподготовки, так как пластовые воды могут подаваться в нефтяные горизонты без дополнительной обработки.

Широкое распространение получили многоступенчатые насосы обычно имеют опоры вала с двух сторон насоса. Они могут быть выполнены с разъемным корпусом.

Жидкость от одной ступени к другой поступает через переводные трубы в

верхней части корпуса. При большом числе ступеней переводные каналы располагаются в корпусе насоса. Возможно также секционное исполнение многоступенчатого насоса, когда направляющие аппараты или обоймы ступеней затягиваются шпильками. Такой насос обычно снаружи защищен кожухом.

Напор секционного насоса равен сумме напоров, сообщаемых жидкости каждым рабочим колесом. Секционная конструкция корпуса насоса позволяет увеличить или уменьшить напор насоса, не изменяя подачи, за счет выбора числа секций.[5]

#### **1.3.4. Принцип работы насоса типа ЦНС**

Работа насоса основана на взаимодействии лопаток вращающегося рабочего колеса и перекачиваемой жидкости. Вращаясь, рабочее колесо сообщает круговое движение жидкости, находящейся между лопатками. Вследствие возникающей центробежной силы жидкость от центра колеса перемещается к внешнему выходу, а освободившееся пространство вновь заполняется жидкостью, поступающей из всасывающей трубы под действием создаваемого разрежения.

Выйдя из рабочего колеса первой секции, жидкость поступает в каналы направляющего аппарата и затем во второе рабочее колесо с давлением, созданным в первой секции, откуда - в третье рабочее колесо с увеличенным давлением, созданным во второй секции и т.д.

Вышедшая из последнего рабочего колеса жидкость через направляющий аппарат поступает в крышку нагнетания и из нее в нагнетательный трубопровод. Во время работы насоса, вследствие давления воды на неравные по площади боковые поверхности рабочих колес, возникает осевое усилие, которое стремится сместить ротор насоса в сторону всасывания.

Для уравнивания осевого усилия в насосе предусмотрено разгрузочное устройство, состоящее из диска разгрузки, кольца и втулки разгрузки и дистанционной втулки.

Жидкость из последней ступени проходит через кольцевой зазор между втулкой разгрузки и дистанционной втулкой и давит на диск разгрузки с усилием,



равным сумме усилий, действующих на рабочие колеса, но направленным в сторону нагнетания. Ротор насоса оказывается уравновешенным, равенство усилий устанавливается автоматически.

Выходящая из разгрузочной камеры жидкость охлаждает сальник со стороны нагнетания.

Сальник со стороны всасывания омывается жидкостью, поступающей под давлением из всасывающего трубопровода. Жидкость, проходя по рубашке вала через сальниковую набивку, предупреждает засасывание воздуха в насос и одновременно охлаждает сальник. Большая часть жидкости проходит через зазор между рубашкой вала и втулкой гидрозатвора в полость всасывания, часть проходит между рубашкой вала и сальником со стороны всасывания, охлаждая его, остальная часть выходит наружу через штуцер.

Затяжка сальника должна обеспечивать возможность просачивания перекачиваемой жидкости между валом и сальниковой набивкой наружу в количестве 5-15 л/ч. Меньшее количество свидетельствует об излишнем затягивании сальника, что увеличивает потери на трение и ускоряет износ рубашки вала и гайки ротора.

Ротор насоса приводится во вращение электродвигателем, присоединенным к насосу через упругую втулочно-пальцевую муфту, состоящую из двух полумуфт (насоса и электродвигателя) и пальцев с резиновыми втулками.

Направление вращения ротора насоса по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя.

Насос и электродвигатель устанавливаются на общей фундаментной плите так, чтобы между полумуфтами оставался зазор 10 мм при роторе насоса, сдвинутом до отказа сторонувсасывания. Монтаж электрооборудования осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.0-75.

Перед эксплуатацией электродвигатель агрегата должен быть заземлен.[1]

## 2. Замена приводного двигателя

### 2.1 Демонтаж и монтаж приводного двигателя

Демонтаж приводного двигателя производится с помощью мобильного крана либо ручной или электрической лебедкой.

Демонтаж производится по следующим этапам:

- отключение приводного двигателя от сети;
- разъединение полумуфты приводного двигателя от насоса;
- откручивание лап приводного двигателя от общей конструкции (плита);
- производится демонтаж с помощью крана или лебедки.

Монтаж нового приводного двигателя производится в обратном порядке.

Поле монтажа приводного двигателя производится его центровка с насосом с помощью центровочных скоб и индикатора часового типа, либо с помощью лазерного центриатора.[13]

### 2.2 Эксплуатируемый двигатель

Турбодвигатели серии СТДМ мощностью 1000 кВт синхронные, двухполюсные трехфазного тока частотой 50 Гц предназначены для привода насосов, турбокомпрессоров, воздуходувок и других быстроходных механизмов, работающих в закрытых помещениях.[12]



Рисунок 5 – Электродвигатель СТДМ

Таблица 3 – Технические характеристики электродвигателя СТДМ

Название	Мощность, кВт	Напряжение от, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
СТДМ – 1000 – 23 УХЛ4	1000	6000; 10000	3000	96,1	5000

Режим работы двигателей S1 по ГОСТ 183-74.

Охлаждение воздуха в двигателях осуществляется двумя секциями встроенных водяных воздухоохладителей. Способ охлаждения 1СW37A71 по ГОСТ 20459-87.

Температура входящей воды в воздухоохладителях не более 30°C, число секций охладителя.

Для двигателей разомкнутого цикла вентиляции способ охлаждения 1СА01 по ГОСТ 20459-87.

Возбуждение двигателей осуществляется от статических возбудителей серии ВТЕ10-315.

Исполнение двигателей по степени защиты: разомкнутого цикла вентиляции IP22; замкнутого цикла вентиляции IP44; контактных колец IP22 по ГОСТ 17494-87. Двигатели допускают два пуска из холодного или один пуск из горячего состояния.[12]

### 2.3 Устанавливаемый приводной двигатель

Двигатели асинхронные трехфазные с короткозамкнутым ротором серии АРМ предназначены для привода насосов, нагнетателей, компрессоров, вентиляторов. Эта серия электродвигателей активно используется в энергетике, нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, горнодобывающей, металлургической промышленности и других отраслях экономики. В двигателях серии АРМ используются подшипники качения. Степень защиты IP23.[14]



Рисунок 6 – Электродвигатель АРМ

Таблица 4 – Технические характеристики электродвигателя АРМ

Название	Мощность, кВт	Напряжение от, В	Частота вращения, об/мин	КПД, %	Масса, кг
АРМ - 1000/6 -2УХЛ4	1000	6000	3000	97,3	2910

Преимущества:

- Легкодоступная конструкция, статор с обмоткой с заклиненными пазами и эффективными аксиальными каналами охлаждения имеет упрощенную конструкцию, позволяющую производить замену обмотки и ремонт изоляции лобовых частей;

- Подшипники качения в двигателях до 1000 кВт, возможность пополнения и замены смазки без остановки двигателя, уменьшение силы трения, снижение рабочей температуры, сокращение расходов на эксплуатацию, удобство обслуживания благодаря хорошему доступу к основным узлам для диагностики и ремонта;

- Удобство и простота обслуживания, предусмотрена возможность изменения положения коробки выводов, что упрощает подключение кабелей (как медных, так и алюминиевых) и обслуживание в целом;

- Улучшенная герметизация, для защиты от попадания масла внутрь двигателя на патрубках подачи масла в подшипник установлен регулятор давления. Используется изолированный вкладыш подшипника;

- Улучшенные динамические характеристики, двигатели выдерживают критические условия нагрузки, разгона и перегрузки – в том числе благодаря

повышенной прочности конструкции;

– Уменьшенные масса и габариты, в конструкцию двигателей более 1000 кВт внедрены подшипники скольжения фирмы «RENK» и «Zollern» (Германия), при этом возможно использование щитовых подшипников, что обеспечивает упрощение конструкции, уменьшение габаритных размеров и массы двигателей.[14]

### 3. Расчетная часть

#### 3.1. Расчет приводного двигателя

Необходимую мощность электродвигателя насоса  $N$ , Вт вычисляем по формуле

$$N = k * \frac{\rho * g * H * Q}{\eta} \quad (1)$$

где  $\eta$  – КПД насоса,  $\eta=6,3$ ;

$k$  – коэффициент возможной перегрузки,  $k=13,3$ ;

$H$  – напор насоса,  $H=1900$  м;

$\rho$  – плотность подтоварной воды,  $\rho = 1013$  кг/м<sup>3</sup>

$Q$  – производительность насоса,  $Q= 0,025$  м<sup>3</sup>/с.

$$N = 13,3 * \frac{1013 * 9,81 * 1900 * 0,025}{6,3} = 996513 \text{ Вт} = 996,513 \text{ кВт} \quad (2)$$

При условии, что показал расчет  $N = 996513$  Вт нам подходит электродвигатель АРМ - 1000/6 -2УХЛ4.[13]

#### 3.2. Расчет и выбор стальных канатов для строп

Предмонтажное положение вызывает максимальное разрывное усилие, которое возникает при подготовке приводного двигателя к демонтажу/монтажу.

Разрушающая нагрузка, возникающая в канате от веса  $S$ , Н вычисляем по формуле

$$S = \frac{k * G}{n * \cos \alpha} \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент неравномерности загрузки стропов,  $k=1,35$

$G$  – вес агрегата, Н;

$$G = m * g \quad (4)$$

$n$  – число ветвей стропа,  $n= 4$ ;

$\alpha$  – угол наклона стропа к оси, проходящей через центр тяжести,  $\alpha= 30^0$

$$G = 2235 * 9.81 = 21985 \text{ Н} \quad (5)$$

$$S = \frac{1.35*21925}{4*\cos 30^0} = 8544 \text{ Н} \quad (6)$$

Необходимое разрывное усилие  $F_0$ , Н вычисляем по формуле

$$F_0 \geq z_p * S , \quad (7)$$

где - коэффициент использования  $z_p$   $z_p = 2,5$

$$F_0 \geq 2,5 * 8544 = 21360 \text{ Н} \quad (8)$$

Для стропов принимаем стальной канат ЛК – РО (6х36х1 о.с.) по ГОСТ 7668-69 диаметром 13 мм с временным сопротивлением разрыву  $180 \text{ кг*с/мм}^2$  и равным  $F_0 = 103000 \text{ Н}$ . [12]

### 3.3 Расчет полумуфы

#### 3.3.1 Проверка на прочность стальных канатов

Для проверки стальных канатов на прочность определим вращающий момент электродвигателя.

Рассмотрим насосный агрегат состоящий из насоса ЦНС 90/1900 и электродвигателя АРМ-1000/6-2УХЛ4 мощностью 1000 кВт , частота оборотов 3000 об / мин .

Вращающий момент рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{N}{\omega} \quad (9)$$

Где  $M$  – вращающий момент,  $N$  – мощность двигателя,  $\omega$  – угловая скорость.

$$\Omega = 2\pi n \quad (10)$$

Где  $n$  – число оборотов (об/сек).

$$M = \frac{1000}{3.07} = 325,73 \text{ кгс} \cdot \text{м} \quad (11)$$

Определим силу:

$$M = \frac{F}{r} \quad (12)$$

Где М – вращающий момент (кгс·мм), r– радиус (плечо) (мм).

$$F = 5921,77 \text{ кгс} \quad (13)$$

Подбор и расчет канатов на прочность будем проводить согласно «Рекомендации по выбору типов и расчету прочности стальных канатов, применяемых в строительных металлических конструкциях» [15].

В изготовлении муфты применим канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции

$$6x \cdot 19 \left(1 + 6 + \frac{6}{6}\right) + 7x \cdot 7(1 + 6) \quad (14)$$

Сортамент, диаметром 36 мм (ГОСТ 14954–80).

Расчет по прочности стальных канатов, применяемых, в качестве гибких несущих элементов, а также напрягаемых элементов предварительно напряженных конструкций следует выполнять по формуле:

$$\frac{F}{A} \leq \frac{R_{dh} Y_c Y_B}{Y_n} \quad (15)$$

где  $R_{dh}$ – расчетное сопротивление каната;

$u_c$ – коэффициент общих условий работы канатного элемента, принимаемый по таблица 1;

$u_b$ – коэффициент условий работы, учитывающий влияние на прочность каната концевых анкерных креплений и промежуточных концентраторов напряжений, принимаемый по таблице 2;

$u_n$ – коэффициент надежности по назначению, учитывающий степень ответственности и капитальности сооружения, принимаемый в соответствии с действующими нормативными документами, заданиями и специальными техническими условиями для конкретных сооружений принимаем  $u_n = 1,5$ . [15]

Расчетное сопротивление  $R_{dh}$  для канатов из параллельных проволок следует определять по формуле:

$$R_{dh} = 0,63 D_{ип} \quad (16)$$



$$R_{dh} = 88,2 \text{ кгс/мм}^2 \quad (17)$$

Где  $R_{un}$  – наименьшее временное сопротивление проволоки разрыву по государственным стандартам или техническим условиям [33].

Расчетное сопротивление  $R_{dh}$  для витых спиральных (в т.ч. закрытых) канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником определяется по формулам:

$$R_{dh} = \frac{|\sum P_{un}|}{AY_m} \quad (18)$$

$$R_{dh} = K \frac{P_{un}}{AY_m} \quad (19)$$

где  $|\sum P_{un}|$  – значение разрывного усилия каната в целом указанное в государственном стандарте или технических условиях, либо полученное на основании статически обоснованных результатов испытаний образцов;

$y_m$ — 1,6 – коэффициент надежности по материалу в соответствии с п.3.9 СНИП Н-23-81\*;

$\sum P_{un}$  – сумма разрывных усилий всех проволок в канате, указанная в государственном стандарте или технических условиях;

$K$  – коэффициент агрегатной прочности витого каната по таблице 5. К

Расчет по формуле следует выполнять в тех случаях, когда в стандарте или технических условиях отсутствует значение разрывного усилия каната в целом  $|\sum P_{un}|$ .

Проверим прочность, так как для соединения полумуфт будем использовать 4 каната то умножаем площадь сечения каната на 4 [5].

$$\frac{F}{4A} = 21,14 \text{ кгс/мм}^2 \quad (20)$$

$$R_{dh} \frac{Y_C Y_B}{Y_n} = 47,481 \text{ кгс/мм}^2 \quad (21)$$

$$21,14 < 47,481 \quad (22)$$

Условие прочности выполняется, выбранный тип и диаметр стального каната выдержит прикладываемые нагрузки.[15]

Таблица 5 — Значения коэффициента условий работы  $u_c$

Элементы конструкций	Коэффициенты условий работы $u_c$
Кабели, ванты, ширенгели и другие канатные элементы линейно - протяжных конструкций.	0,85
Канатные элементы пространственных висячих и вантовых покрытий,	0,95
Затяжки, оттяжки, обратные кабели и другие канатные элементы предварительно напряженных конструкций.	1,0
Оттяжки мачт и несущие элементы канатных полотен антенно-мачтовых	0,8...0,95 по табл. 46 СНИП П-23-81

Таблица 6 — Значение коэффициента  $u_b$

Узлы и детали канатных конструкций	Узлы и детали канатных конструкций
Концевые крепления с заливкой сплавом ЦАМ9-1,5 на длине не менее 5 диаметров каната	
а) закрытых канатов	0,95
б) спиральных канатов и канатов двойной свивки с металлическим сердечником	1,0
Концевые крепления:	
– с заливкой в конической полости корпуса эпоксидным компаундом;	
– при клиновых анкерах с алюминиевыми прокладками и заполнением пустот эпоксидным компаундом;	
– со сплющиванием или высадкой концов круглых параллельных проволок, закреплением их в анкерной	1,0

плите и заполнением пустот эпоксидным компаундом со стальной	
Концевые крепления гильзклинового типа	0,95
Перегибы или отклонения каната вокруг жесткого основания по круговой кривой	
а) при отношении $r/d$ (где $r$ – радиус конвой, $d$ - диаметр каната) не менее: 25 – для спиральных (в т.ч. закрытых) канатов, 20 – для канатов двойной свивки с металлическим	1,0
б) при отношении $r/d$ не менее: 20 – для закрытых канатов, 15 – для спиральных канатов из круглых проволок, 12 – для канатов двойной свивки с металлическим сердечником	0,9
Узлы с перегибом и поперечным обжатием закрытых канатов усилием $q$ , не превышающим 25 кН/см (2500 кг/см):	
где $N$ – расчетное усилие растяжения каната; $\Sigma N_{\epsilon}$ - суммарное усилие предварительного натяжения всех прижимных болтов в узле, отнесены к одному канату;	
Концевые крепления канатов на коуше зажимами, оплеткой или точечным опрессованием во втулке	По таблице 46 СнИП II- 23-81*  только для оттяжек и элементов  антенных полотен антенно-  мачтовых сооружений

### 3.3.2 Комплекс метода конечных элементов ANSYS

Быстрое развитие вычислительной техники и ее внедрение практически во все сферы жизни привело к тому, что сегодня грамотный специалист в любой области знаний должен хорошо ориентироваться в мире компьютеров и владеть необходимыми программными средствами. Современный инженер не возможен без знания систем автоматического проектирования (CAD – Computer Aids Design), автоматического производства (CAM – Computer Aids Manufacturing) и автоматического инженерного анализа (CAE – Computer Aids Engineering) [16].

Одним из самых распространенных таких комплексов сегодня является программа ANSYS, использующая метод конечных элементов. Многоцелевая

направленность программы, независимость от аппаратных средств (от персональных компьютеров до рабочих станций и суперкомпьютеров), средства геометрического моделирования на базе B-сплайнов (технология NURBS), полная совместимость с CAD/CAM/CAE системами ведущих производителей и «дружеский» интерфейс привели к тому, что именно ANSYS в настоящее время используется во многих университетах для обучения студентов и выполнения научно-исследовательских работ [16].

Программа ANSYS – это гибкое, надежное средство проектирования и анализа. Она работает в среде операционных систем самых распространенных компьютеров – от PC до рабочих станций и суперкомпьютеров. Особенностью программы является файловая совместимость всех членов семейства ANSYS для всех используемых платформ. Многоцелевая направленность программы (т.е. реализация в ней средств для описания отклика системы на воздействия различной физической природы) позволяет использовать одну и ту же модель для решения таких связанных задач, как прочность при тепловом нагружении, влияние магнитных полей на прочность конструкции, теплоперенос в 7 электромагнитном поле. Модель, созданная на PC, может использоваться на суперкомпьютере. Это обеспечивает всем пользователям программы удобные возможности для решения широкого круга инженерных задач [27].

Программа ANSYS является средством, с помощью которого создается компьютерная модель или обрабатывается CAD-модель конструкции, изделия или его составной части; прикладываются действующие усилия или другие проектные воздействия; исследуются отклики системы различной физической природы в виде распределений напряжений и температур, электромагнитных полей. Программа используется для оптимизации проектных разработок на ранних стадиях, что снижает стоимость продукции. Все это помогает проектным организациям сократить цикл разработки, состоящий в изготовлении образцов – прототипов, их испытаний и повторном изготовлении образцов, а также исключить дорогостоящий процесс доработки изделия. В ряде случаев испытания образцов являются нежелательными

или невозможными. Разработчики, использующие программу ANSYS, могут выявить возможные недостатки проекта или найти его оптимальный вариант до начала изготовления или эксплуатации продукции. Конечно-элементный анализ с помощью программы ANSYS может помочь значительно уменьшить расходы на проектирование и изготовление, добавить уверенности разработчику в правильности принятых им решений [15].

### **3.3.3 Анализ НДС (напряженно-деформированное состояние) муфты канатного типа методом конечных элементов с использованием комплекса ANSYS**

Настоящая работа посвящена анализу напряженно-деформированного состояния муфты канатного типа подвергающейся действию крутящего момента от двигателя марки АРМ 1000, и определению возможности использования данной конструкции муфты в промышленности. Общий вид муфты приведен на рисунке 7. Полумуфты соединены с использованием стального каната марки ЛК-Р 36. В расчетной модели принято упрощение в виде завальцовывания концов каната по концам. Акцент расчета ставился на анализ максимального расчетного напряжения для данной муфты, следовательно, данное упрощение приемливо.

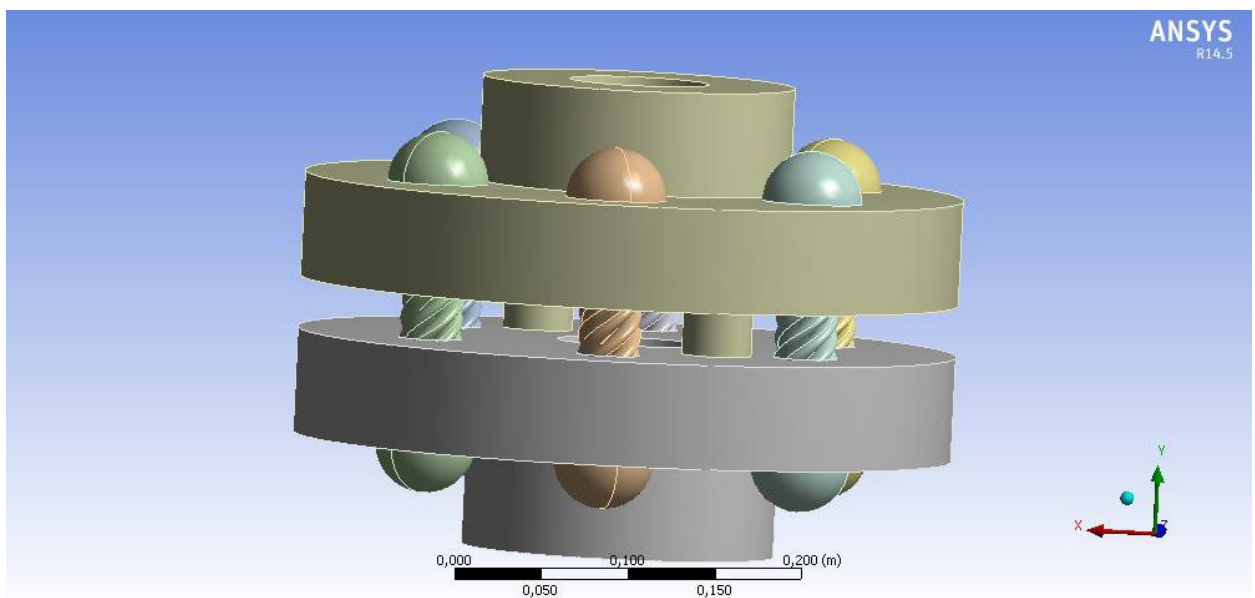


Рисунок 7 — Общий вид муфты

В качестве исходных данных, для расчетов приняты показатели:

1. Расчётная температура – средняя комнатная температура 22°C.

2. Материал конструкций сталь 45.

Механические свойства стали 45 (по ГОСТ 1050–74) представлены в таблице 7. Модуль упругости  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па, коэффициент Пуассона  $\mu = 0.29$ , плотность  $\rho = 7850$  кг/м<sup>3</sup>, предел текучести  $\sigma_{\tau} = 345$  МПа

Таблица 7 – Механические свойства стали 45

Толщина, проката, мм	Механические характеристики			Ударная вязкость КСЧ, $\frac{Дж}{см^2} \left( \frac{кгс \cdot м}{см^2} \right)$			
	Предел текучести $\sigma_{\tau}$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительно удлинение $\delta_{\sigma}$ %	при температуре, °С			после механического старения
				20	40	70	
	не менее			не менее			
От 4 до 10 включительно	345(35)	490(50)	21	-	39 (4,0)	34 (3,5)	29(3)

3. Двигатель синхронный марки АРМ. Технические характеристики представлены в таблице 4.

Крутящий момент, подаваемый на муфту, варьируется от 20 кНм до 44 кНм. Все зависит от режима работы, момента пуска двигателя. Расчет будем вести на максимальное значение момента.

4. Стальной канат изготовлен согласно ГОСТ 14954–69.

Настоящий стандарт распространяется на стальные канаты двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях ЛК-Р с металлическим сердечником.

Таблица 8 - Свойства каната ЛК-Р 36

Толщина, каната, мм	Механические характеристики		Маркировочная группа Н/мм <sup>2</sup>	
	Предел текучести $\sigma_r$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Ориентировочная площадь сечения всех проволок, мм <sup>2</sup>	Разрывное усилие, Н	
			Суммарное всех проволок в канате, Н	Каната в целом, Н
	не менее		не менее	
36	345(35)	581,81	1155000	938500

Используя данные таблицы 8, имеем максимально допустимое напряжение для каната ЛК-Р 36 равное 1600 Мпа.

Работа проводилась с использованием программного комплекса метода конечных элементов Ansys и имеет приближенные решения, зависящие от полноты входных параметров и постановки решения конкретной расчетной модели. Прочностной расчет был разбит на три этапа: 1 – построение 3D геометрии модели с необходимыми начальными условиями, границами разбиения и сгущения сетки конечных элементов (рисунок 8), 2 – задание граничных условий и нагружений в зависимости от постановки решения (рисунок 9), 3 – обработка полученных результатов, графического представления. Так как целью исследование являлось определение НДС муфты и возможность использование канатов, то в области канатов конечно- элементная сетка имеет сравнительно мелкое разбиение, в то время как остальные элементы конструкции разбиты на более крупные элементы. Для уменьшения требуемых расчетных ресурсов ненагруженные элементы конструкции заменены присоединенными массами, эквивалентными массам указанных элементов [15].

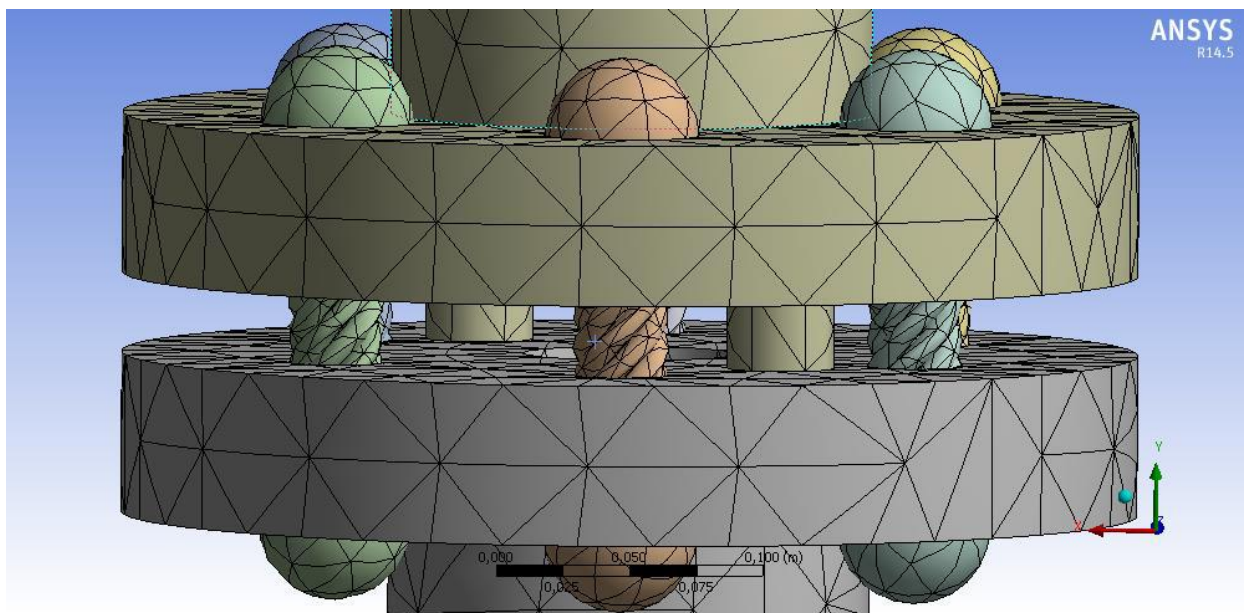


Рисунок 8 — Пример конечноэлементного разбиения конструкции муфты

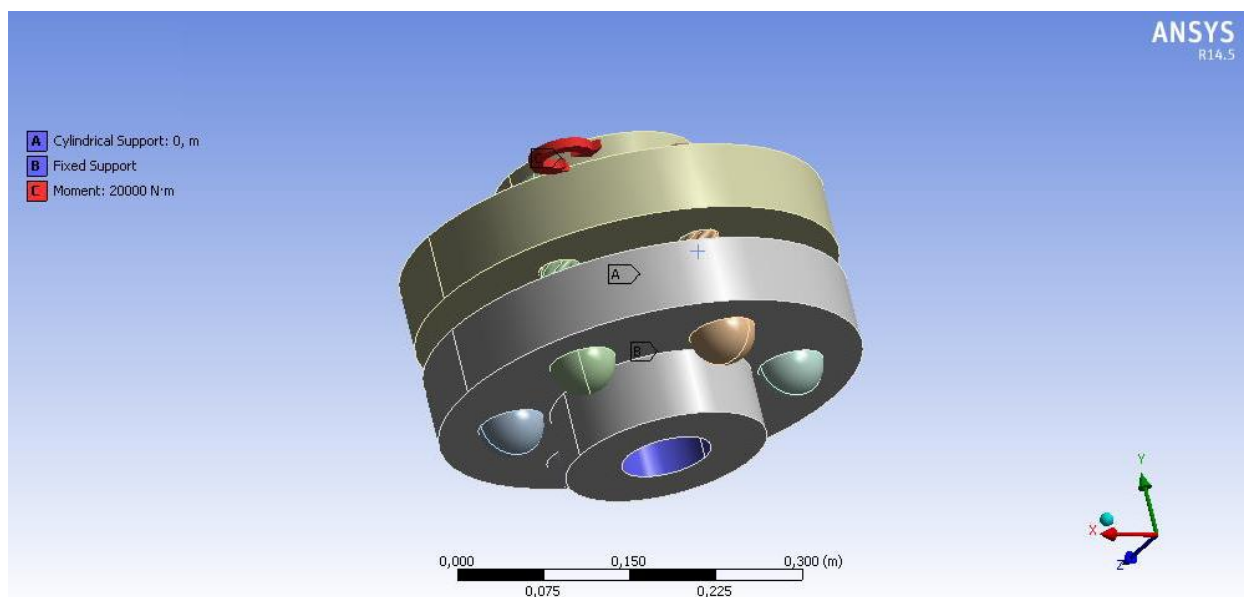


Рисунок 9 — Пример задания граничных условий на модель расчета

### 3.3.4 Анализ полученных результатов

Из нормативной документации каната известно, что напряжение на разрыв каната составляет 1900 МПа. Проведенный анализ напряженно-деформированного состояния модели муфты показал, что уровень напряжений, возникающих в канате при нагружении муфты, не превышает значения 1400 МПа, что составляет 87,5 процента от допустимого значения. Относительная деформация канатов составляет 1,5 – 2 процента. Графическое представление полученных на рисунках 10, 11, 12, 13.



Направление витков каната предпочтительно выбирать по направлению «закручивания» каната при вращении муфты.

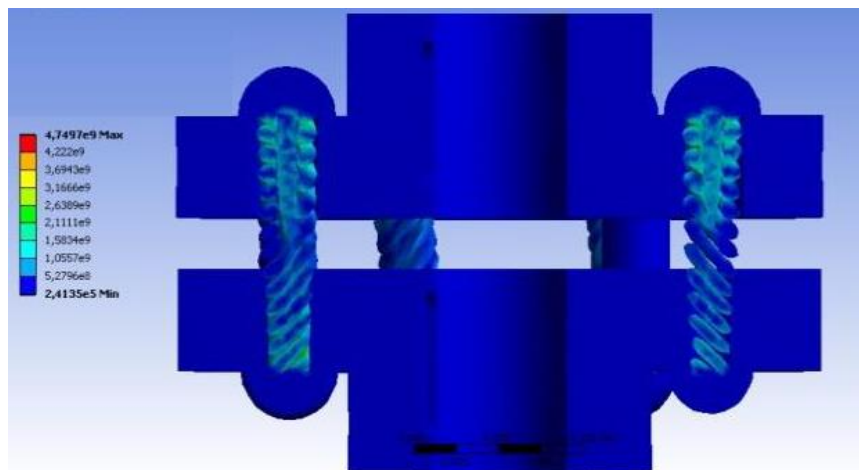


Рисунок 10 - распределение эквивалентных напряжений по Вон-Мизесу

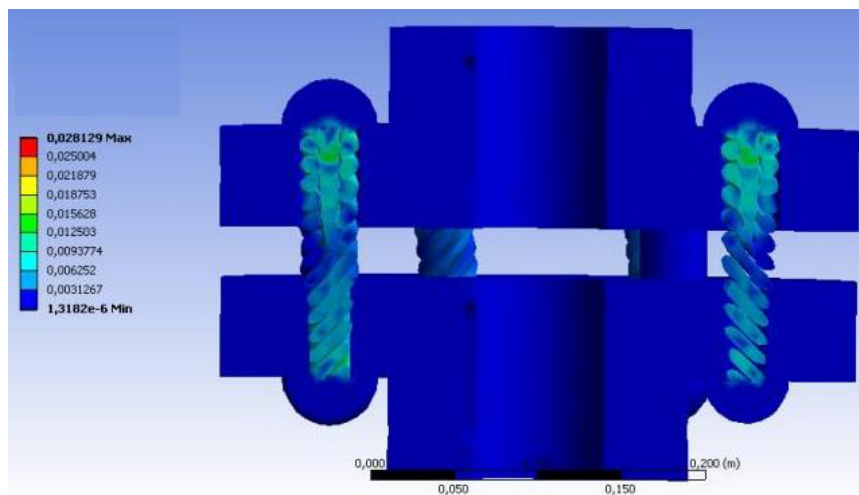


Рисунок 11 - распределение деформаций по Вон-Мизесу

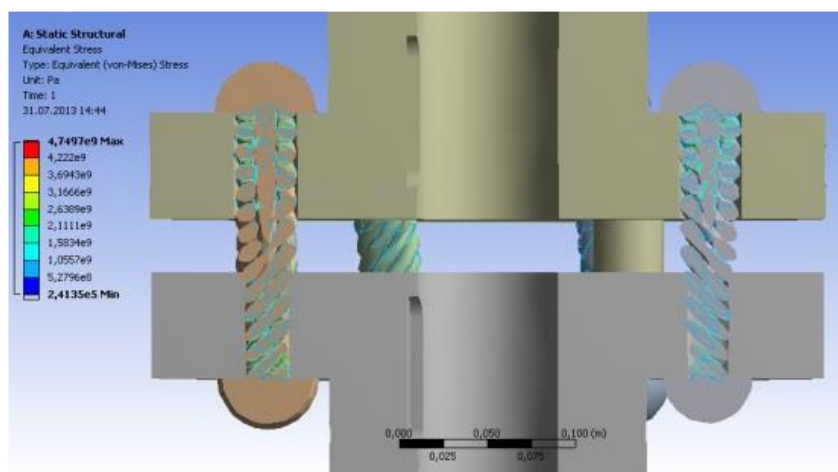


Рисунок 12 - картина изолиний нагруженной модели

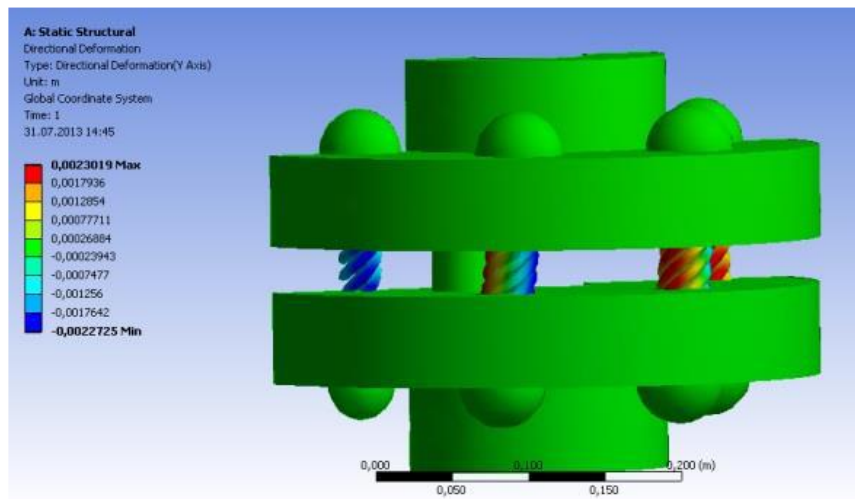


Рисунок 13 - картина общих деформаций в конструкции муфты

#### 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью выпускной квалификационной работы является замена приводного двигателя насоса ЦНС 90/1900 в насосном блоке БКСН.

В ходе работы нужно определить количество людей для проведения работ, рассчитать заработную плату, расчет проведения мероприятия.

##### 4.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений позволяет производить сравнения между конкурирующими разработками и определить тенденции для ее дальнейшего роста.

Данное исследование целесообразно производить с использованием оценочной карты таблица 9.

Конкуренты:

АРМ – двигатель асинхронный трехфазный

СТД – синхронный турбоэлектродвигатель

Таблица 9 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		АРМ	СТД	К <sub>АРМ</sub>	К <sub>СТД</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
1. Надёжность	0,25	5	2	1,25	0,2
2. Производительность	0,15	3	2	0,15	0,15
3. Безопасность	0,2	3	3	0,4	0,6
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
1. Цена	0,20	4	3	0,9	0,3
2. Затраты на монтаж (минимальные)	0,1	3	5	0,2	0,4
3. Простота обслуживания	0,05	3	4	0,2	0,1
4. Долговечность оборудования	0,05	5	4	0,1	0,3
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>3,2</b>	<b>2,05</b>

Согласно оценочной карте наиболее целесообразным и конкурентоспособным является электродвигатель серии АРМ.

При анализе конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения в качестве перспективного электродвигателя выбран электродвигатель серии АРМ .

#### 4.1.1 SWOT – анализ проекта

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ проекта. SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная задача которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта

Таблица 10 – Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая надёжность</li> <li>2. Высокая производительность</li> <li>3. Высокая эргономичность</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Низкая безопасность</li> <li>2. Высокая цена</li> <li>3. Высокие затраты на обслуживание</li> </ol>
<p><b>Возможности проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замена электродвигателя</li> <li>2. Снижение цен на обслуживание</li> <li>3. Повышение стоимости конкурентных разработок</li> <li>4. Растущая заинтересованность инвесторов</li> </ol>	<p><b>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Замена электродвигателя приведет к наиболее высокой надежности и производительности.</li> <li>2. Высокая надежность сводит к случаям малых поломок и отказов.</li> <li>3. Проект более привлекателен для инвесторов из-за высоких показателей надежности.</li> </ol>	<p><b>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности»</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слабые стороны ликвидируемы за счет высокой надежности и производительности.</li> <li>2. Анализ слабых сторон конкурентных разработок и устранение их свойств в собственном проекте.</li> </ol>

## Продолжение таблицы 10 – Матрица SWOT

Угрозы проекта	Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы»	Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы»
1. Значительное увеличение стоимости 2. Повышение цен на оборудование, запасных частей и доставку 3. Усовершенствования конкурентных технических решений 4. Снижение спроса	1. Удорожание проекта за счет увеличения материалов. 2. Постоянное усовершенствование технологий, с целью не отставать от конкурентов	1. Основной риск – снижение спроса на изготавливаемую продукцию.

В результате анализа было установлено, что технический проект имеет такие важные преимущества как высокая надёжность, низкая материалоемкость, высокая производительность и эффективность работы.

Однако присутствует низкая ремонтпригодность, которая обусловлена использованием менее качественного материала при изготовлении. Данный фактор устранять нецелесообразно, так как значительно увеличится стоимость проекта, к тому же он не является критичным, так как поломки практически невозможны, а если и случаются, то в кратчайшие сроки можно заменить новыми элементами.

### 4.1.2 Планирование научно-технического исследования

#### 4.1.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

Нужно создать список этапов работ в рамках проектирования научного исследования, распределить исполнителей по типам работ. Алгоритм составления этапов работ, распределение исполнителей по типам работ представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов работ при проектировании.

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель

Продолжение таблицы 11 – Перечень этапов работ при проектировании

Выбор направления исследований	2	Поиск и рассмотрение информации по теме	Инженер
	3	Структурирование найденных материалов	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Инженер
Теоретические исследования	5	Расчет нагрузок электродвигателя	Инженер
	6	Проектирование схемы подключения электродвигателя	Инженер
	7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	Инженер
	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	Руководитель
Оформление отчета по техническому проектированию	10	Составление пояснительной записки	Инженер
Защита проекта	11	Подготовка к защите	Руководитель Инженер

По таблице 11 видны этапы проектирования. Итогом данного проекта является выпускная квалификационная работа.

#### 4.1.3 Определение трудоёмкости выполнения проектировочных работ

Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, поэтому важным аспектом является определение трудоёмкости работ каждого из участников проекта.

Для нахождения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости применяется выражение:

$$t_{\text{ож}_i} = \frac{3 \cdot t_{\text{min}_i} + 2 \cdot t_{\text{max}_i}}{5}, \quad (23)$$

где  $t_{\text{ож}_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{min}_i}$  – минимальная возможная трудоемкость исполнения заданной  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{max}_i}$  – максимальная возможная трудоемкость исполнения заданной  $i$ -ой работы чел.-дн.;

Продолжительность каждой работы в рабочих днях, с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}_i}}{C_i}, \quad (24)$$

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

$t_{\text{ож}_i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы чел.-дн.;

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

Рассчитанные значения длительности работ в рабочих днях приведены в таблице 12.

#### **4.1.4 Разработка графика проведения научного исследования**

Наиболее удобный и наглядный способ - ленточный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, которые характеризуются датами начала и конца исполнения данных работ.

Время каждого рабочего этапа из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (25)$$

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 :

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (26)$$

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.

Коэффициент календарности на 2020 год ( 5 – дневная рабочая неделя ):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,48. \quad (27)$$

Коэффициент календарности на 2020 год ( 6 – дневная рабочая неделя ):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22. \quad (28)$$

Длительность работы в календарных днях для руководителя :

$$T_{k1} = T_{p1} \cdot k_{\text{кал}} = 1,8 \cdot 1,22 = 2,2 \approx 3 \text{ дн.} \quad (29)$$

Длительность работы в календарных днях для инженера :

$$T_{k2} = T_{p2} \cdot k_{\text{кал}} = 7 \cdot 1,48 = 10,3 \approx 11 \text{ дн.} \quad (30)$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе необходимо округлить до целого числа.

Полученные значения представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования





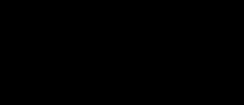
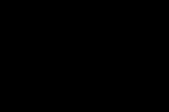

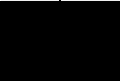



Название работы	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни		
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	1,8	3



Продолжение таблицы 12 - Временные показатели проведения научного исследования

Поиск и рассмотрение информации по теме	5	10	7	7	11
Структурирование найденных материалов	5	7	5,8	5,8	9
Календарное планирование работ	2	3	2,4	2,4	4
Расчет нагрузок электродвигателя	9	11	9,8	9,8	15
Выполнение проекта на чертеже	6	7	6,4	6,4	10
Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	7	10	8,2	8,2	13
Оценка эффективности	5	6	5,4	5,4	8
Проверка выпускной руководителем	3	7	4,6	4,6	6
Составление	2	3	2,4	2,4	4
Подготовка к защите ВКР	1	2	1,4	0,7	1/1
Итого				65	100

Таблица 13 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Тк, кал. дней	Продолжительность выполнения работ											
			февраль		март			апрель			май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1			
1	Составление и утверждение технического задания	29												
2	Поиск и рассмотрение информации по теме	10												
3	Структурирование найденных материалов	9												
4	Календарное планирование работ	4												
5	Расчет нагрузок электродвигателя	9												
6	Выполнение проекта на чертеже	10												
7	Проектирование системы внутрицехового электроснабжения	9												
8	Оценка эффективности полученных результатов	7												
9	Проверка выпускной квалификационной работы руководителем	3												
10	Составление пояснительной записки	4												
11	Подготовка к защите	1/5												

 - инженер,  - руководитель

Согласно составленному календарному плану с учетом вероятностного характера выполнения работ (благоприятный, неблагоприятный) продолжительность проектирования составляет 10 полных декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая третьей декадой июня, с 11 февраля по 20 мая.

Далее, по диаграмме Ганта можно наглядно оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Продолжительность выполнения проекта в рабочих днях составит 100 дня, из которых 66 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 34 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

Трудовые затраты составляют основную часть от стоимости разработки, при определении трудоемкости выполнения научного исследования и разработке графика проведения научных работ было установлено 65 рабочих дней, 100 календарных.

## **4.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

### **4.2.1 Расчёт материальных затрат НТИ**

В стоимость материальных затрат включается стоимость материалов, которые используются при проектировании системы электроснабжения металлургического завода, а именно канцелярских принадлежностей.

Таблица 14 – материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты на .
Ручка	шт.	5	25	125
Тетрадь	шт.	7	47	329
Бумага	лист.	350	4	1400
Картридж	шт.	4	574	2296
Папка	шт.	3	13	39
Итого :				4189

#### 4.2.2 Расчет затрат на оборудование для научных (экспериментальных) работ.

Расчеты по приобретению оборудования, которое есть у организации, но используется для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Бюджет на приобретение оборудование

№	Наименование оборудования	Кол – во единиц оборудования	Цена единицы руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб
1	ПК	1	72,000	72,000
Итого :				72,000

#### 4.2.3 Расчет амортизационных отчислений

Под амортизационными отчислениями понимаются отчисления части стоимости основных фондов для возмещения их износа

Цена ПК больше 72000 руб., необходимо учитывать амортизацию:

$$A = \frac{\text{Стоимость} \cdot N_{\text{дн.исп.}}}{\text{Срок службы} \cdot 366} = \frac{72000 \cdot 49}{3 \cdot 366} = 3213,11 \text{ руб.} \quad (31)$$

Амортизационные отчисления составили 1918,94 руб. ПК: первоначальная стоимость 43000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, берем 3 года; планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 49 дней.

### 4.3 Затраты на заработную плату

#### 4.3.1 Основная заработная плата

Статья включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, (18)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, (32)$$

где  $M$  – 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

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	118	118
Потери рабочего времени (отпуск + выходные дни)	10	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	199

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_d) \cdot k_p, \quad (20)$$

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

$k_{np}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (30% от  $Z_{mc}$ );

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

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

$$Z_{m(p)} = 45897 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 89499,15 \text{ руб.} \quad (33)$$

$$Z_{m(c)} = 28150 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 54892,5 \text{ руб.} \quad (34)$$

$$Z_{дн(p)} = \frac{89499,15 \cdot 10,4}{199} = 4677,3 \text{ руб.} \quad (35)$$

$$Z_{дн(c)} = \frac{54892,5 \cdot 10,4}{199} = 2868,7 \text{ руб.} \quad (36)$$

$$Z_{осн(p)} = 4677,3 \cdot 34 = 159028,2 \text{ руб.} \quad (37)$$

$$Z_{осн(c)} = 2868,7 \cdot 66 = 189334,2 \text{ руб.} \quad (38)$$

Таблица 17 – Сводная таблица заработной платы

Исполнители	Категория	$Z_{тс,ру}$ б.	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	Т <sub>р</sub> , ра б. Дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	Доцент, к.т.н.	45897	0,3	0,2	1,3	89499,15	4677, 3	34	15902 8,2
Студент	Инженер	28150	0,3	0,2	1,3	54892,5	2868, 7	66	18933 4,2
Итого									34836 2,4

Дополнительная заработная плата рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (39)$$

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

$$Z_{доп(p)} = 0,13 \cdot 159028,2 = 20673,6 \text{ руб.} \quad (40)$$

$$Z_{доп(c)} = 0,13 \cdot 189334,2 = 24613,4 \text{ руб.} \quad (41)$$

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 18

Таблица 18 – Сводная таблица общей заработной платы исполнителей

Исполнитель	$Z_{осн}$ , руб.	$Z_{доп}$ , руб.	$Z_{зн}$ , руб.
Руководитель	159028,2	20673,6	179701,8
Инженер	189334,2	24613,4	213947,6
Итого			393649,4

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (42)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), 30%.

$$Z_{внеб(р)} = 0,3 \cdot (159028,2 + 20673,6) = 53910,54 \text{ руб}; \quad (43)$$

$$Z_{внеб(с)} = 0,3 \cdot (189334,2 + 24613,4) = 64184,28 \text{ руб}. \quad (44)$$

Таблица 19 - Сводная таблица отчислений во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб
Руководитель	159028,2	20673,6	53910,54
Инженер	189334,2	24613,4	64184,28
Итого			118094,82

#### 4.3.3 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

$$Z_{внеб} = k_{накл} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (45)$$

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

$$Z_{накл(р)} = 0,8 \cdot (159028,2 + 20673,6) = 143760,96 \text{ руб}; \quad (46)$$

$$Z_{накл(с)} = 0,8 \cdot (189334,2 + 24613,4) = 171158,08 \text{ руб}. \quad (47)$$

Таблица 20 - Сводная таблица накладных расходов

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления во внебюджетные фонды, руб
Руководитель	159028,2	20673,6	143760,96
Инженер	189334,2	24613,4	171158,08
314			314919,04

Таблица 21 – Сумма затрат

Элементы затрат	Стоимость, руб.
1. Материальные затраты	76189
2. Амортизация оборудования	3213,11
3. Затраты на основную заработную плату	348362,4
4. Затраты на дополнительную заработную плату	45287
5. Затраты на социальные нужды	118094,82
6. Накладные затраты	314919,04
Итого:	906065,37

#### 4.4 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов исполнения научного исследования. Для сравнения выбраны проектируемый электродвигатели серии СТД и АРМ.

Примем, что максимальная стоимость проектирование электродвигателя составляют 906065,37руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{906065,37}{1005600} = 0,90 \quad (48)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп}}$  – интегральный финансовый показатель разработки;



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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (49)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1.Безопасность	0,1	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,2	4	4
3. Компактность конструкций	0,25	4	4
4. Надежность	0,3	4	3
5. Материалоемкость	0,15	5	4
ИТОГО	1	4,15	3,7

$$I_{p-испл1} = (4 \cdot 0,1) + (4 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,25) + (4 \cdot 0,3) + (5 \cdot 0,15) = 4,15; \quad (50)$$

$$I_{p-испл2} = (4 \cdot 0,1) + (4 \cdot 0,2) + (4 \cdot 0,25) + (3 \cdot 0,3) + (4 \cdot 0,15) = 3,7. \quad (51)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{испл1}} = \frac{I_{\text{р-испл1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}}} = \frac{4,15}{0,90} = 4,61; \quad (52)$$

$$I_{\text{испл2}} = \frac{I_{\text{р-испл2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп}}} = \frac{3,7}{0,90} = 4,11. \quad (53)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{испл1}}}{I_{\text{испл2}}} = \frac{4,61}{4,11} = 1,12. \quad (54)$$

Таблица 23 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Испл.1	Испл.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,90	0,90
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,15	3,7
3	Интегральный показатель эффективности	4,61	3,11
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным будет вариант исполнения 1

#### 4.5 Вывод по разделу

Результат анализа конкурентоспособности технических решений проекта показал, что проект благодаря своим повышенным производительностью и

техническими характеристиками является конкурентоспособным по сравнению с конкурентом.

В таблице SWOT-анализа были описаны сильные и слабые стороны проекта, а также выявлены возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Были приняты решения по минимизации угроз и слабых сторон проекта.

Был разработан график проведения научного исследования, в котором было произведено распределение обязанностей по научно-исследовательской работе и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. На котором видно, что большая часть работы ложится на инженера (66 рабочих дней), а наиболее трудоемкой работой является выполнение проекта на формате А1 в карандашном исполнении (10 рабочих дней). Для повышения экономической эффективности и снижения трудоемкости планируется ввести современные методы проработки чертежей с применением программ САПР.

Также был сформирован бюджет затрат НИИ, который составил 906065,37 руб., из которого 76189 руб. уходит на материальные затраты, 3213,11 руб. на амортизацию, 348362,4 руб. на заработную плату, 45287 руб. на дополнительную заработную плату, 118094,82 руб. на социальные нужды, 314919,37 руб. на накладные расходы.

В разделе определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта был рассчитан интегральный показатель эффективности, который составил 4,61, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности наиболее экономичным по сравнению с конкурентом.

#### **4.5.1 Заключение по разделу**

Электродвигатель серии АРМ обладает такими достоинствами как: высокая надежность, эффективная производительность, обладает более низкими затратами на монтаж . Все эти достоинства значительно увеличивают качество электродвигателя серии АРМ над остальными вариантами.

С практической точки зрения из данного раздела видно, что выбранный электродвигатель является наиболее выгодным вариантом, так как она помимо обеспечения надежности, безопасности он удовлетворяет минимуму затрат как финансовых, так и трудовых ресурсов, что было описано и проанализировано в данном разделе.

## **5. Социальная ответственность**

Объектом исследования является БКНС Майского нефтяного месторождения (Томская область) в частности насос ЦНС 90х1900 замена приводного двигателя.

Цель данной работы состоит в аналитике используемого оборудования на БКНС. А также анализ последующей замены приводного двигателя на более эффективный и экономически выгодный.

В процессе исследования были рассмотрены общие сведения и краткая характеристика БКНС, используемое оборудование на БКНС. В технико-технологической части разобрано используемое оборудование на БКНС, насос ЦНС 90х1900. Анализ модернизации путем замены приводного двигателя на более усовершенствованный в ходе исследований, выявил наиболее эффективный, в связи с этим доказана экономическая эффективность. В том числе, рассмотрена социальная ответственность при работах, связанных с утилизацией подтоварной воды.

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

Для работников проводятся: инструктаж по охране труда и технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной безопасности и другим правилам.

В соответствии с ГОСТ 12.0.004–90 инструктажи подразделяют на следующие виды:

Вводный инструктаж, первичный инструктаж, повторный инструктаж, целевой инструктаж

Время отдыха и рабочее время регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается работодателем с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ.

Для принятия локальных нормативных актов, и доводится до сведения работников не позднее чем за два месяца до введения его в действие.

Предусматривается время, необходимое для доставки работников на вахту и обратно. Дни заезда и выезда к месту работы и обратно в рабочее время не

включаются. Для работников, выезжающих в районы крайнего Севера и приравненные к ним

- местности: устанавливается районный коэффициент и выплачиваются процентные надбавки к заработной плате в порядке и размерах, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним

- местностях; предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно

- работающих: в районах крайнего Севера – 24 календарных дня, в местностях приравненных к районам крайнего севера – 16 календарных дней.

Каждый работник имеет право на охрану труда, в том числе:

- на рабочее место, защищенное от воздействия вредных или опасных производственных факторов

- на возмещение вреда, причиненного увечьем, профессиональным заболеванием либо иным повреждением здоровья, связанным с исполнением им трудовых обязанностей

- на обучение безопасным методам и приемам труда за счет работодателя

Основные направления государственной политики в области охраны труда:

- признание и обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам производственной деятельности предприятий.

- установление единых нормативных требований по охране труда для предприятий всех форм собственности независимо от сферы хозяйственной деятельности и ведомственной подчиненности

- защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Федеральным законом от 24 июля 1998 года № 125–ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" произведена замена должника в обязательствах по

возмещению вреда, причиненного работнику при исполнении им трудовых обязанностей.

Возмещение застрахованным лицам морального вреда, причиненного, в связи с несчастным случаем на производстве или профессиональным заболеванием, осуществляется причинителем вреда.

Виды обеспечения по страхованию:

- пособие по временной нетрудоспособности;
- единовременные страховые выплаты;
- ежемесячные страховые выплаты;
- лечение застрахованного, осуществляемое на территории РФ;
- проезд застрахованного и сопровождающего его лица для получения отдельных видов медицинской и социальной реабилитации;
- медицинская реабилитация.

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Таблица 24 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Изготовление	Эксплуатация	
1. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны		+	ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)[19] ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие
2. Допустимые уровни вибрации	+	+	
3. Допустимые уровни звукового давления	+	+	
4. Нормы освещенности производственных объектов	+	+	

5. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.	+	+	требования (с Изменением N 1)[27] ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1)[22] СНиП II-4-79 Естественное и искусственное освещение[38]
6. Опасность поражения вращающимися частями исполнительного устройства	+	+	СниП 3.05.06-85 «Электроустановки»[29] ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы [20]

## 5.2.2 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ГОСТ 12.1.005-83)

Таблица 25 – предельно-допустимые концентрации (ПДК)

п/п	Наименование вещества	Величина ПДК	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности
1.	Углеводороды алифатические предельные С1-С10 (в пересчёте на С)	1% НКПР	пары	4

### Источник возникновения фактора:

- негерметичность фланцевых соединений;
- негерметичность сальниковых уплотнений;
- дыхательные и предохранительные клапана;
- пробоотборники.

Воздействие фактора на организм человека:

- токсическое действие;
- хроническое отравление.

При длительности работы в атмосфере, содержащей оксид углерода, не более 1 ч, предельно допустимая концентрация оксида углерода может быть повышена до 50 мг/м, при длительности работы не более 30 мин - до 100 мг/м, при длительности работы не более 15 мин - 200 мг/м. Повторные работы при условиях повышенного



содержания оксида углерода в воздухе рабочей зоны могут производиться с перерывом не менее чем в 2 ч.

Средства защиты:

- при невысоких концентрациях фильтрующие противогазы марки А;
- при высоких концентрациях и нормальном содержании кислорода изолирующие шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2.

### **5.2.3 Допустимые уровни вибрации (ГОСТ 26568-85)**

Источник возникновения фактора:

- насосное оборудование и электродвигатели;
- вентиляторы радиаторов охлаждения масла.

Внутренние органы можно рассматривать как колебательные системы с упругими связями. Их собственные частоты лежат в диапазоне 3–6 Гц. При воздействии на человека внешних колебаний таких частот происходит возникновение резонансных явлений во внутренних органах, способных вызвать травмы, разрыв артерий, летальный исход. Собственные частоты колебаний тела в положении лежа составляют 3–6 Гц, стоя — 5–12 Гц, грудной клетки — 5– 8 Гц.

Средства защиты:

- перчатки;
- спецобувь.

Таблица 26 – Классификации основных типов вибрации.

По типу передачи	По источнику	По направленности импульса	По ширине спектра	По составу действующих частот	По продолжительности действия
Общая, через тело при сидении или стоянии	Локальная, от механического инструмента с ручным использованием	Локальная по осям	Узкополосная	Низкие частоты (1–4 Гц для общих, 8–16 Гц для локальных колебаний)	Постоянная
	Локальная, от не механического инструмента с ручным использованием				
	I категории, транспортная при передвижении			Средние частоты (8–16 Гц для общих, 31,5–63 Гц для локальных колебаний)	
Локальная, через руки, прикасающиеся к источнику	II категории, транспортно–технологическая при работе с передвижением	Общая по осям	Широкополосная		Временная

Продолжение таблицы 26 – Классификации основных типов вибрации.

	III категории, технологическая при работе с оборудованием			Высокие частоты (31,5–63 Гц для общих, 125–1000 Гц для локальных колебаний)	
	Общая в жилых зданиях от внешней среды				
	Общая в жилых зданиях от внутренних сетей и оборудования				

#### 5.2.4 Допустимые уровни звукового давления (ГОСТ 12.1.003-83)

Таблица 27 – уровни звукового давления

Помещение, рабочие места	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ А
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Производственно-бытовой корпус	79	70	68	63	55	52	50	49	60
Насосная воды	94	87	82	78	75	73	71	70	80
БКНС	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Допустимый уровень шума на рабочем месте не должен превышать 80 дБА.

На расстоянии 100 м от вентилятора радиатора охлаждения масла (точечного источника шума) показания шумомера на шумовой характеристике "S – медленно" составляют 60 дБА.

Поскольку источник шума точечный, то излучаемую им звуковую волну можно считать сферической. В этом случае интенсивность звука на расстоянии  $R_1$  относится к интенсивности звука на расстоянии  $R_2$  обратно пропорционально площадям соответствующих сфер, т.е.

$$\frac{I_{10}}{I_{100}} = \frac{R_{100}}{R_{10}} = 100 \quad (55)$$

Следовательно, уровень шума на расстоянии 10 м будет выше, чем на расстоянии 100 м, на

$$DL = 10 \lg(100) = 20 \text{ дБА} \quad (56)$$

и составит

$$L_{10} = 60 + 20 = 80 \text{ дБА} \quad (57)$$

Поскольку максимальный уровень постоянного шума, который в данном случае измерен шумомером, на рабочих местах не должен превышать 85 дБА при измерении на шумовой характеристике "S–медленно", то находиться на расстоянии 10 метров в средствах индивидуальной защиты можно.

Мероприятия по устранению этих вредных факторов, является применение СИЗ для органов слуха такие как наушники.

При использовании наушников высокочастотный шум снижается на 12 –15 дБА, при этом звук воспринимается органом слуха мягче, разборчивость речи сохраняется.

Ношение наушников должно быть периодическим: на период 30 – 40 минут с последующим перерывом в течение того же времени.

## 5.2.5 Нормы освещенности производственных объектов (СниП 11-4-79)

Таблица 28 – Нормы освещенности производственных объектов

Помещение, рабочие места	Искусственное освещение		Естественное освещение	
	Комбинированное	Общее, ЛК	Верхнее	Боковое
Производственно-бытовой корпус	200	150	3	0,8
Насосная воды, узел учёта	30	0,5	0,1	
Рабочие площадки наружных установок	--	20	--	--
Проходы и проезды	--	0,5	--	--
Резервуарные парки, места замера уровня, управление задвижками	--	2	--	--
Шкалы контрольно-измерительных приборов	--	50	--	--

Освещенность рабочих мест должна равномерной и исключать возникновение слепящего действия осветительных приспособлений на работающих. Производство работ в неосвещенных местах не разрешается.

Измерение освещенности внутри помещений проводится при вводе сети освещения в эксплуатацию в соответствии с нормами освещенности, а также при изменении функционального назначения помещений.

Во всех производственных помещениях, кроме рабочего, необходимо предусматривать аварийное освещение, а в зонах работ в ночное время на открытых площадках – аварийное или эвакуационное.

## 5.2.6 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Здания и сооружения БКНС по обеспечению надёжности электроснабжения относятся к потребителям 2 категории.

Требования техники безопасности и охраны труда при эксплуатации энергетического хозяйства БКНС обеспечиваются следующими проектными решениями:

- Обеспечением безопасных габаритов и изоляционных промежутков в электрооборудовании в соответствии с требованиями ПУЭ, ПТЭЭ и ПТБ электроустановок потребителей, СниП 3.05.06-85 «Электроустановки»;

- Подборка оборудования произведена для взрыво- и пожароопасных зон и технологических помещений в соответствии с требованиями Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности и ПУЭ;

- Ограждением площадок электрооборудования, оснащение электротехнических помещений отдельными запирающимися входами;

- Заземлением и молнизащитой технологического и электротехнического оборудования в соответствии с РД 34.21.122;

- Применением апробированного опытом эксплуатации оборудования и средств защиты.

Применённое в составе БКНС электрооборудование серийно выпускается отечественными заводами и не является экспериментальным либо уникальным.

### **5.2.7 Опасность поражения вращающимися частями исполнительного устройства**

При работе с исполнительным устройством без соблюдения установленных норм и правил велика вероятность механического повреждения обслуживающего персонала движущимися частями устройства. Для предотвращения травмирования работников устанавливаются предупреждающие знаки, защитные кожухи, средства КИПиА.

## **5.3 Обоснование мероприятий по снижению воздействия**

### **5.3.1 Нормы оснащённости персонала, обслуживающего БКНС, средствами индивидуальной защиты**

К средствам индивидуальной защиты относятся спецодежда, спецобувь, средства защиты рук, противогазы и др. Применение средств индивидуальной защиты предусматривается отраслевыми правилами промышленной безопасности, а выдача этих средств регламентирована отраслевыми нормами.

Спецодежда разделяется на группы для защиты от пониженных температур, повышенных температур, механических воздействий, рентгеновских излучений и радиоактивных веществ, электрического тока, электростатических зарядов, электрических и электромагнитных полей, токсических веществ и др.

Спецодежда для защиты от нефти и нефтепродуктов изготавливается по ГОСТ 12.4.111-82 из хлопчатобумажных, льняных и смешанных тканей.

Спецодежда должна быть изготовлена из специальной термостойкой ткани с маслостойкой пропиткой. Спецодежда выдаётся для тёплого и холодного периода года.

Спецобувь должна обеспечивать защиту ног от травм, воздействия агрессивных веществ, нефти, нефтепродуктов, от низких температур, перегревания и ожогов, пылящих и загрязняющих веществ.

К средствам защиты рук относятся рукавицы, перчатки, полуперчатки, напальчники и др.

В комплект спецодежды для персонала, обслуживающего БКНС, входят:

- костюм летний;
- ботинки кожаные;
- комбинированные рукавицы;
- комбинезон либо брюки и куртка теплая.

Индивидуальные средства защиты:

- фильтрующий противогаз;

- защитные очки;
- защитная каска;
- подшлемники;
- переносной многокомпонентный газоанализатор.

## **5.4 Экологическая безопасность**

### **5.4.1 Выбросы в атмосферу**

Загрязнение атмосферного воздуха на БКНС происходит через фланцевые соединения и сальники задвижек технологического оборудования и через клапаны

дыхательные на РВС. Количество выделяемого в атмосферу газа является незначительным и не превышает предельно-допустимой концентрации в воздухе в населённых местах.

Для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха необходимо периодически проверять затяжку резьбовых соединений на фланцах трубопроводов и своевременно производить замену сальниковых набивок на запорной арматуре.

### **5.4.2 Загрязнение гидросферы**

Загрязнение гидросферы при эксплуатации БКНС может происходить в следующих случаях:

- розлив сеноманской воды на грунт с последующим загрязнением грунтовых вод;
- отказ трубопровода проходящий через реку, ручей водоем с последующим загрязнением воды нефтепродуктами и химическими веществами.

Методы защиты:

- своевременная проверка и протяжка болтовых и фланцевых соединений;
- своевременное проведение технического диагностирования трубопроводов.

### **5.4.3 Загрязнение литосферы**

Объект находится за пределами селитебной зоны и не оказывает влияния на сопредельные территории.



Все технологические площадки, подъезды покрыты сборным и монолитным бетоном.

Для уменьшения опасности загрязнения почвы и водоносного горизонта в аварийных ситуациях предусмотрены следующие мероприятия:

- дренирование жидкости из технологических аппаратов в подземные емкости и возврат продуктов в технологический процесс;
- аварийная сигнализация;
- для локализации загрязнений непосредственно на месте образования предусмотрено устройство бетонных площадок и обвалований.

### **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Возможные ЧС: разгерметизация насосного оборудования, пожар, взрыв, разрушение оборудования, поражение электрическим током, отравление газом, травмированные движущимися частями машин и механизмов, обрушение зданий, природные пожары, изменение состояния почв.

Наиболее типичная ЧС: разгерметизация насосного оборудования

Причины:

- отказ запорной или предохранительной арматуры;
- отказ трубопроводов;
- отказ герметизирующих блоков насоса (сальниковые уплотнения, торцевые уплотнения).
- негерметичность фланцевых соединений.

Меры предотвращения:

- своевременно осуществлять ревизию и ремонт сооружений, оборудования и арматуры.

К наиболее опасным местам на БКНС относятся:

- насосный блок;
- технологическая площадка подготовки воды;
- территория внутри обвалования РВС;

- крыша РВС;
- водораспределительная гребенка;
- электрощитовые.

Для обеспечения безопасной работы требуется соблюдать следующие правила:

- к работе должен допускаться только квалифицированный персонал;
- все работники должны проходить инструктаж по пожарной безопасности, промышленной безопасности и производственной санитарии;
- при выполнении текущего обслуживания и ремонта оборудования на взрывопожароопасных объектах необходимо применять искробезопасный инструмент;
- обслуживающий персонал на рабочем месте должен находиться в спецодежде, спецобуви и, при необходимости, применять средства индивидуальной защиты;
- объект должен быть обеспечен аптечкой с набором инструментов и перевязочных материалов для оказания доврачебной помощи;
- во избежание возможности образования взрывоопасных концентраций газа необходимо обеспечить герметичность трубопроводов и аппаратов.

### **5.6 Заключение по разделу**

В данном разделе «Социальная ответственность» объектом исследования являлась блочная кустовая насосная станция в частности Агрегат ЦНС 90х1900.

В первом пункте были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Во втором пункте была рассмотрена производственная безопасность по ГОСТ. Проведен анализ вредных и опасных факторов и обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных факторов при эксплуатации БКНС.

В третьем пункте была рассмотрена экологическая безопасность. Выделены факторы влияющие на загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы. Выявлены источники загрязнения, нормы на загрязнение атмосферы. Методы защиты.

В четвертом пункте была рассмотрена безопасность в чрезвычайных ситуациях. Перечислены возможные типы ЧС и выбрана и рассмотрена наиболее типичная ЧС и выявлены методы предотвращения.

## **Заключение**

Насосное оборудование в нефтегазовой промышленности применяется повсеместно. На каждом этапе добычи и переработки используются различные виды насосов. Система поддержания пластового давления – это технологический комплекс из оборудования, что требуется для проведения работы по подготовке, транспортировке и закачке агента, выполняющего усилие, необходимое для проникновения в пространство пласта с нефтью. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы был проведен обзор основного оборудования БКНС. Для расчетов был выбран центробежный насос ЦНС 90/1900.

В расчетной части по исходным данным был проведен расчет приводного двигателя насоса, а так же расчет канатов для стропов для демонтажа и монтажа электродвигателя, был произведен расчет канатной полумуфты путем расчета конечных элементов.

Так же был проведен анализ рынка конкурентов и посчитана стоимость проведенного исследования. Рассмотрена производственная и экологическая безопасность, нормы трудового законодательства.

## Список используемой литературы

- 1.С. М. Жижин Расчет напорной характеристики центробежного насоса численным методом вестник УГАТУ УФА Т.12, №2(31). С. 51–58
- 2.Б.М. Елисеев «Расчет деталей центробежных насосов», М. Машиностроение, 1975 г.
- 3.А.Е. Евгеньев, А.П. Крупеник «Гидравлика», М. «Недра», 1993 г.
- 4.С.А. Фарамазов. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. М.: Химия, 1988 г.
- 5.М.И. Ведерников Компрессорные и насосные установки, М.: Высшая школа, 1974 г.
- 6.М.И. Гальперин, В.И. Артемьев, Л.М. Месгечкин Монтаж технологического оборудования нефтеперерабатывающих заводов, М.: Высшая школа, 1974 г.
- 7.В.И. Ермаков, В.С. Шеин Ремонт и монтаж химического оборудования, Ленинград: Химия, 1981 г.
- 8.3.3. Рахмилевич «Насосы в химической промышленности», М.: Химия, 1990 г.
- 9.3.Б. Харас Монтаж аппаратов нефтяной и газовой промышленности, М.: Недра, 1974 г.
- 10.М.С. Семидуберский Насосы. Компрессоры. Вентиляторы., М.: Высшая школа, 1974 г.
- 11.М.А.Берлин Ремонт и эксплуатация насосов нефтеперерабатывающих заводов, Ленинград: «Химия», 1970 г.
12. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе 1977 г.
13. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах 2004 г.
14. Лотоцкий К.В. Электрические машины и основы электропривода 1964 г.

15. Палагушкин В.И. Активное управление строительными конструкциями при статических и вибрационных воздействиях // дис. канд. техн. наук. / В.И. Палагушкин. Красноярск, 2002. – 198 с.

16. Каримов И.Р. Исследование контактного взаимодействия пластины и оболочки в программном комплексе ANSYS // выпускная квалификационная работа / И.Р. Каримов. Казань, 2014. – 89 с.

17.ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения;

18.ТОИ Р-112-16-95 Типовая инструкция по охране труда при зачистке резервуаров на предприятиях нефтепродуктообеспечения;

19.ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

20.ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

21.ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация;

22.ГОСТ12.1.003–2014.ССБТ.Шум.Общитребования безопасности;

23.ГОСТ12.1.005-88.ССБТ.Общисанитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

24.ГОСТ12.1.004-91«ССБТ.Пожарнаябезопасность.Общие требования»;

25.ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;

26.ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования;

27.ГОСТ12.1.010–76ССБТ.Взрывобезопасность.Общие требования;

28.ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ. Защитное заземление, зануление;

29.ГОСТ12.1.038–82ССБТ.Электробезопасность.Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;

- 30.ГОСТ12.2.003–91ССБТ.Оборудованиепроизводственное. Общие требования безопасности;
- 31.ГОСТ17.1.3.06–82.Охранаприроды.Гидросфера.Общие требования к охране подземных вод;
- 32.ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения;
- 33.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения;
- 34.ГОСТ Р 22.0.07-95. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. Классификация и номенклатура поражающих факторов и их параметров;
- 35.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;
- 36.СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
- 37.СНиП 2.04.05-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование;
- 38.СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение;
- 39.Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- 40.ГОСТ 12.1.012-2004.Вибрационная безопасность;
- 41.ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны;
- 42.РД 09-364-00. Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных взрывопожароопасных объектах;
- 43.ГОСТ 17.1.3.13–86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений;
- 44.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- 45.ГОСТ 12.1.046-85 Строительство. Нормы освещения строительных площадок;

46.ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;



## Приложение А

Таблица 29 - Результаты анализа напорной и энергетических характеристик насосов ЦНС для системы ППД

Тип насоса и изготовители	Пола ча, м <sup>5</sup> /ч	Напор , м	1С и л., %	Рабочая часть характеристик и о % к номинальной		Оптимальна» точка характеристик и в % к номинальной		Измене ние к.п.л.в рабоче й части характ е ристик и,%	Измене ние к.п.д. в левой части характе р истики, %	Удельные энергетиче ские затраты в рабочей части, кВт- ч/м*	к.	Ко
				по полачс	по напор у	по подач е	по напор у					
ЦНС 45-1900 Насосэнергомаш	45	1900	50	56- 133	104-92	156	86	23,9	20,0	17,20-8,26	13,4	42,3
ЦНС 63-1800 Насосэнергомаш	63	1800	57	48- 111	108-97	119	94	19,0	19,0	14,0-8,0	иг	33,3
ЦНС 63-1800 ГУП «ИПТЭР»	63	1800	57	70- 120	110-95	143	88	12,0	8,7	10,8-7,9	8,9	21,1
ЦНС 80-1800 ГУ Г «ИПТЭР»	80	1800	62	70- 120	110-88	100	100	7,4	9,9	9,1-6,3* 9,8-6,5**	25,7	11,9
ЦНС 90-1900 Насосэнергомаш	90	1950	62	50- 106	109-99	111	97	20,0	18,0	13,2-8,5	13,3	32,2
ЦНС 180-1900 СНПО им. Фрунзе	180	1900	74	56- 111	117-89	108	99	16,0	13,0	9,0-7,0	14,7	21,6
ЦНС 180-1900 Гидромашсервис, СНПО им. Фрунзе	180	1970	75	44- 120	115-93	108	95	23,0	24,0	9,4-6,2	32,3	30,7
ЦНС 180-1900-2 ВНИИАЭН	180	1900	76	56- 106	115-98	122	95	14,2	13,7	9,5-6,8	17,3	18,7
ЦНСп 180-1900 ВНИИАЭН	180	1900	74	56- 111	115-97	122	91	11,0	11,0	9,40-6,45	19,0	14,9
Примечания * - По результатам заводских испытаний. ** - По результатам приемочных испытаний.												

# Приложение Б

## Технологическая схема БКНС

