

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)

Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

ООП «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Отделение школы Отделение нефтегазового дела

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
«Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов»

УДК 622.691.5:66.078

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Романов Юрий Романович		

Руководитель:

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров
по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело», профиль подготовки «Эксплуатация и
обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-10	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания
ОПК(У)-2	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
ОПК(У)-3	Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
ОПК(У)-4	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
ОПК(У)-5	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

ОПК(У)-6	Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии
ОПК(У)-7	Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-2	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-3	Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-4	Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-5	Способен обеспечивать заданные режимы эксплуатации нефтегазотранспортного оборудования и контролировать выполнение производственных показателей процессов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки
ПК(У)-6	Способен проводить планово-предупредительные, локализационно-ликвидационные и аварийно-восстановительные работы линейной части магистральных газонефтепроводов и перекачивающих станций
ПК(У)-7	Способен выполнять работы по проектированию технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности
ПК(У)-8	Способен использовать нормативно-технические основы и принципы производственного проектирования для подготовки предложений по повышению эффективности работы объектов трубопроводного транспорта углеводородов

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП ОНД ИШПР

Чухарева Н.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б92	Романов Юрий Романович

Тема работы:

«Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.02.2023 г. № 40-7/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Газоперекачивающие агрегаты и методы минимизации аварийных остановов
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Изучение нормативно-технической документации; 2. Анализ неисправностей, возникающих в процессе эксплуатации газоперекачивающего агрегата и мероприятия по минимизации аварийных остановов; 3. Анализ диагностических методов; 4. Анализ предлагаемых методов минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов.
Перечень графического материала	- Основные параметры работы ГПА-16У КС-4 (Нимнырская); - Акты аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов №13 КС-4 (Нимнырская); - Технологическая схема ГПА-16У; - Рисунки; - Таблицы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Татьяна Гавриловна Доцент (ОСГН, ШБИП), к.т.н.
«Социальная ответственность»	Гуляев Милий Всеволодович Старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Гончаров Николай Вячеславович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Романов Юрий Романович		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ и
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2Б92	Романов Юрий Романович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделения нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Расчёт стоимости выполняемых работ, согласно применяемой технологии: - Материально-технические ресурсы: 2500 руб. - Затраты на специальное оборудование: 34500 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Устанавливаются в соответствии с заданным уровнем нормы оплат труда: -30 % премии к заработной плате -20 % надбавки за профессиональное мастерство -1,3 – районный коэффициент для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Общая система налогообложения в том числе отчисления во внебюджетные фонды - 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Выполнение SWOT-анализа проекта. Планирование научно-исследовательской работы.
2. Планирование и формирование бюджета научного исследования	Определение структуры работы. Расчёт трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджетного исследования.

3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), бюджетной, социальной и экономической эффективности научного исследования	ресурсной финансовой, экономической	Расчёт показателей финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения.
---	-------------------------------------	---

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Романов Юрий Романович		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2Б92	Романов Юрий Романович

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделения нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 «Нефтегазовое дело» профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения. 	<p><i>Объектом исследования:</i> Газоперекачивающие агрегаты и оборудование, используемые в газоперекачивающих станциях. <i>Область применения:</i> газоперекачивающие агрегаты, устанавливаемые на линейных компрессорных станциях. <i>Рабочей зоной</i> при производстве работ является ангарное помещение газоперекачивающего агрегата.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 1. "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От24.04.2020); 2. Федеральный закон № 426-ФЗ от 28.12.2013 года «О специальной оценке условий труда»;</p>
<p>2. Производственная безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциальных вредных и опасных факторов – Обоснование мероприятий по снижению их воздействия 	<p>Вредные факторы: Производственные факторы, связанные с микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего; Повышенный уровень шума; Повышенный уровень вибрации; Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p>

	<p>Повышение запыленности и загазованности рабочей зоны;</p> <p>Повреждение в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися;</p> <p>Опасные факторы:</p> <p>Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</p> <p>Производственные факторы, связанные с электрическим током</p> <p>Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением;</p> <p>Пожаровзрывоопасность;</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	<p>Воздействие на литосферу: нарушение мест обитания животных, рыб и других представителей животного мира, случайное уничтожение;</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов сточными водами и мусором;</p> <p>Воздействие на атмосферу: загрязнение воздуха выхлопными газами, выбросами пыли и токсичных газов из используемых машин, выбросами природного газа;</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Пожар на территории КЦ; – Пожар на технологических установках; – Пожар в отсеке двигателя; – Пожар в отсеке нагнетания;

Дата выдачи задания для раздела в соответствии с календарным учебным графиком	
--	--

Задание выдал консультант по разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б92	Романов Юрий Романович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)
Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
Уровень образования бакалавриат
Отделение нефтегазового дела
Период выполнения осенний / весенний семестр 2022/2023 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.02.2023	<i>Введение</i>	5
28.02.2023	<i>Обзор литературы</i>	10
15.03.2023	<i>Описание объекта исследования</i>	5
27.03.2023	<i>Исследование состояния вопроса</i>	10
07.04.2023	<i>Анализ аварийных остановов на конкретном объекте</i>	15
14.04.2023	<i>Расчёт радиальной нагрузки на подшипник</i>	15
20.05.2023	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
25.05.2023	<i>Социальная ответственность</i>	10
29.05.2023	<i>Заключение</i>	5
30.05.2023	<i>Презентация</i>	15
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Гончаров Н.В.	к.т.н.		07.02.2023

Согласовано:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Чухарева Н.В.	к.х.н.		07.02.2023

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 12.1.003 - 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.012–2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

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

СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.2.011-2012 ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные. Общие требования безопасности

ПБ 03-576-2003. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утверждён постановлением Ростехнадзором России от 11.06.03 №91, 19.06.2003

ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.

РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности

Федеральный закон от 28.12.2013 №426 – ФЗ, о специальной оценке условий труда. – М.: МЦФЭР, 2014. – 120 с

ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Романов Ю.Р.</i>			Нормативные ссылки	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Гончаров Н.В.</i>					11	85
<i>Рук. ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

ABSTRACT

The final qualifying work contains 85 pages, including 5 figures, 26 tables. The list of references includes 30 sources.

Keywords: gas pumping unit, compressor station, natural gas, bearings, oil system, flow part, instrumentation and automation, safety, operation,

Problem: emergency shutdowns of gas pumping units occur every year, which causes serious consequences in economic and environmental terms.

Object of research: gas pumping units and equipment used in gas pumping stations and gas pipelines

Object of research: gas pumping units and equipment used at compressor stations.

The purpose of the work is: Development of a set of measures aimed at minimizing emergency shutdowns of gas pumping units by proposing methods to improve the operability of the main elements of the failure of the gas transmission system.

In the course of the work, information on this topic was analyzed and an analysis of emergency shutdowns of gas pumping units at a specific facility was carried out, followed by an analysis of methods for improving the operability of the elements of the unit.

Scope of application: compressor stations of the linear part of the main gas pipeline.

					Abstract	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	17
1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ГПА	19
1.1. Основные элементы, классификация и типы ГПА	19
1.2. Описание технологического процесса ГПА.....	22
1.3. Факторы влияющие на работоспособность ГПА.....	22
2. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА МИНИМИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ НА ГПА	25
2.1. Обзор литературных источников по существующим подходам к минимизации АО на ГПА	25
2.2. Методы контроля текущего состояния ГПА.....	27
2.3. Причины аварийных остановов ГПА на примере КС-4 «Нимнырская».....	31
2.4. Последствия аварийных остановов на ГПА.....	38
3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ НА ГПА.....	40
3.1. Актуальные направления повышения работоспособности КИПиА	40
3.2. Решения направленные на повышение работоспособности маслосистемы	41
3.3. Актуальные направления повышения работоспособности проточной части.....	43
3.4. Решения направленные на повышение работоспособности подшипников.....	44
3.5. Импортозамещение оборудования ГПА.....	49
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	51
4.1. Анализ экономической эффективности.....	51

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Романов Ю.Р.			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Руковод.		Гончаров Н.В.				15	85
Рук. ООП		Чухарева Н.В.			Содержание		
					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

4.2.	Планирование научно–исследовательской работы	55
4.3.	Определение трудоемкости выполняемых работ	55
4.4.	Разработка графика проведения научного исследования	56
4.5.	Расчет материальных затрат НТИ	58
4.6.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	63
5.	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	67
5.1.	Производственная безопасность	67
5.2.	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	67
5.3.	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	69
5.4.	Экологическая безопасность.....	71
5.5.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	73
5.6.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	74
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	78
	ПРИЛОЖЕНИЯ	81

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Комплекс мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов является актуальной темой в связи с тем, что перекачивающие агрегаты являются важнейшим элементом технологического процесса в газовой промышленности. Аварийные остановки газоперекачивающих агрегатов могут привести к снижению объема производства газа, снижению экономической эффективности и повышению экологической опасности. Поэтому разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов является важной задачей, которая направлена на повышение работоспособности элементов газоперекачивающих агрегатов, снижение рисков аварийных ситуаций и обеспечение экологической безопасности.

Объект исследования: газоперекачивающие агрегаты и оборудование, используемые в газоперекачивающих станциях.

Предмет исследования: комплекс мероприятий по минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах, включая анализ причин аварийных остановов.

Методы исследования:

1. Анализ статистических данных о происшествиях на ГПА.
2. Исследование технических характеристик ГПА и оборудования.
3. Исследования существующих методов минимизации аварийных остановов на ГПА.

Цель работы по данной теме:

1. Разработка комплекса мероприятий, направленных на минимизацию аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов, путём предложений методов по повышению работоспособности основных элементов отказа ГПА.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Романов Ю.Р.</i>			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Гончаров Н.В.</i>					17	85
<i>Рук. ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

Задачи:

1. Исследовать состояние вопроса минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах.
2. Проанализировать причины возникновения аварийных остановов газоперекачивающих агрегатов.
3. Разработать комплекс мероприятий по минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах.
4. Провести расчёт радиальной нагрузки на подшипник скольжения.
5. Рассчитать экономическую эффективность проведения исследования по созданию комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах.
6. Выявить опасные и вредные производственных факторы, возникающие при работе с газоперекачивающими агрегатами.

					Введение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

1. НАЗНАЧЕНИЕ И УСТРОЙСТВО ГПА

1.1. Основные элементы, классификация и типы ГПА

Процесс транспортировки газа по газопроводу сопровождается трением, которое приводит к потере части энергии газа. Данное явление снижает как скорость движения газа, так и снижает давление в газопроводе, что, в свою очередь, неблагоприятно сказывается на пропускной способности газопровода.

Для восстановления прежних параметров газа необходимо периодически, через определенные расстояния сообщать соответствующее количество энергии транспортируемому газу. Этот процесс подвода энергии выполняется в специальных сооружениях газопровода – компрессорных станциях. [1]

Компрессорная станция – составная часть магистрального газопровода, предназначенная для обеспечения его расчетной пропускной способности за счет повышения давления газа на выходе КС с помощью различных типов ГПА. [2]

Основные элементы газоперекачивающего оборудования – это нагнетатель природного газа (компрессор) и его привод, всасывающее и выхлопное устройства, маслосистема, топливоздушные коммуникации, автоматика и вспомогательное оборудование. [3]

Классификация ГПА:

По типу привода:

- с газотурбинным приводом (агрегаты со стационарной газотурбинной установкой и с приводами от газотурбинных двигателей авиационного и судового типов)
- с электроприводом. [4]

Выбор между ГТУ и электроприводом ЦБК определяется территориальным расположением КС. Обычно КС с электроприводными ГПА строятся на газопроводах, проходящих через районы с развитой

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Романов Ю.Р.</i>				Назначение и устройство ГПА	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Гончаров Н.В.</i>						19	84
<i>Рук. ООП</i>	<i>Чухарева Н.В.</i>					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

электроэнергетикой, имеющие резервы электроэнергии. По своей надежности и другим эксплуатационным качествам электроприводные ГПА, несмотря на зависимость их от внешних источников питания (энергосистемы), существенно превосходят другие типы ГПА. [4] Тем более, что при использовании электропривода экономятся топливно-энергетические ресурсы. Дальнейшее развитие электроприводные ГПА (ЭГПА) получают при широком использовании электродвигателей с регулируемой частотой оборотов.

К основным преимуществам электроприводных ГПА можно отнести большой ресурс (150 тыс. час.), простоту автоматизации и управления, повышенную культуру эксплуатации и экологической безопасности. Упрощаются условия автоматизации управления технологическими процессами КС, сокращается численность персонала, улучшаются условия труда рабочих (меньше шум, вибрация, запыленность воздуха газом или парами масла). ЭГПА характеризуются пониженной пожарной опасностью, независимостью мощности привода от времени года и времени эксплуатации.

К недостаткам можно отнести необходимость относительно дешевой электроэнергии в районе КС, слабую приспособленность к переменным режимам работы из-за постоянной частоты оборотов. А при строительстве линий электропередач и других систем энергообустройства, необходимы большие капитальные затраты. [4]

Наибольшее применение нашли ГПА с газотурбинным приводом, поскольку источником энергии для него служит перекачиваемый газ. Газовые турбины имеют следующие положительные качества: относительно высокий КПД, большую мощность в единичном ГПА.

Широко распространены стационарные ГТУ с регенерацией и без регенерации теплоты отходящих газов, конвертированные авиационные и судовые установки, комбинированные ГТУ из авиационного двигателя, выполняющего роль газогенератора и стационарной силовой турбины.

					Назначение и устройство ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

По сравнению с электроприводными газотурбинные установки – это автономный вид привода, так как в качестве топлива используют газ, который перекачивают. Также применение авиационных ГТД позволяет создать мобильные, блочные (и современные стационарные ГПА - блочного типа) ГПА без сооружения громоздких и дорогих помещений для КЦ.

Примером блочного типа ГПА, является агрегат ГПА-16У. Он обладает высокой производительностью и мощностью, способен обеспечивать давление до 10 МПа, а его выходная мощность составляет 16 МВт. Благодаря таким показателям, агрегат широко используется на главных газопроводах России, транспортирующих природный газ на большие расстояния.

Кроме того, у ГПА-16У имеется современная автоматическая система управления, которая позволяет контролировать работу установки, а также вести мониторинг ее состояния и предотвращать возможные аварии.

Важно отметить, что ГПА-16У является высокотехнологичным оборудованием, требующим специальной квалификации персонала для его установки и эксплуатации. Схема агрегата представлена на рисунке 1.

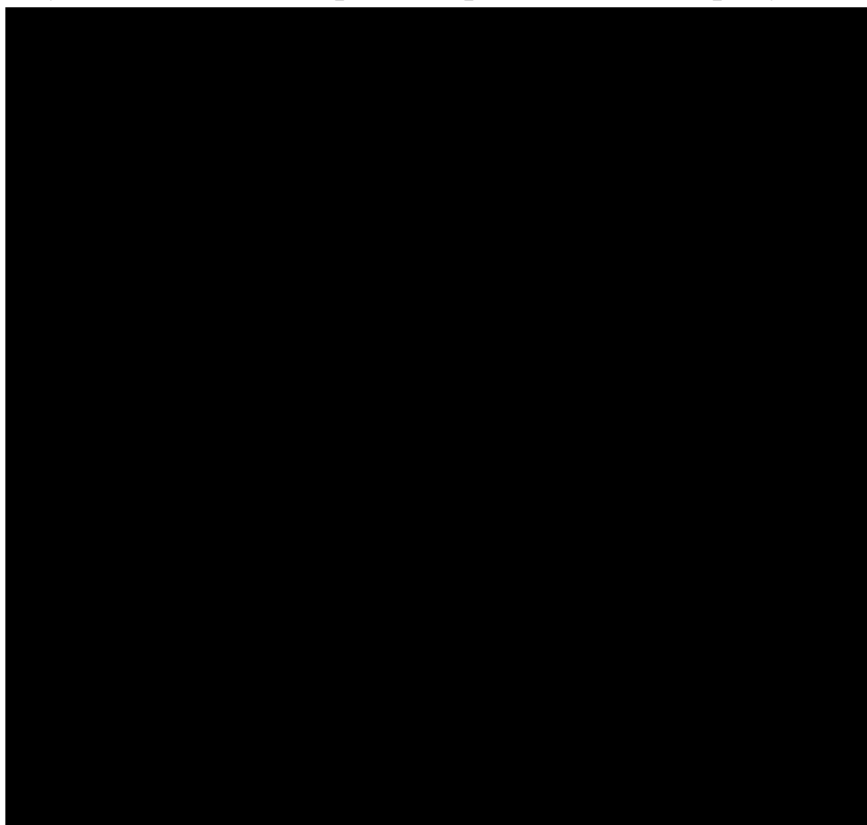


Рисунок 1 – Схема агрегата ГПА-16У

					Назначение и устройство ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

1.2. Описание технологического процесса ГПА

Газоперекачивающие агрегаты используются для перекачки природного газа из места его добычи к местам потребления. Технологический процесс газоперекачивающего агрегата можно разделить на такие этапы как:

1. Подготовка газа – газ, поступающий на газоперекачивающий агрегат, проходит необходимую подготовку: очистку от примесей и осушку.

2. Входной контроль – после подготовки газ проходит входной контроль на предмет соответствия параметрам и требованиям технологического процесса.

3. Компримирование газа – газоперекачивающий агрегат осуществляет повышение давления газа до необходимого значения. Этот этап является наиболее ответственным и требует высокой точности, так как от него зависит качество и безопасность дальнейшей транспортировки газа.

4. Охлаждение газа – после компримирования, газ отводится на охлаждение, на установки АВО, для снижения температуры и создания подходящих условий для дальнейшей транспортировки.

Технологический процесс газоперекачивающего агрегата требует точного контроля и мониторинга всех этапов. В процессе работы ГПА часто возникают неполадки и неисправности, которые могут повлиять на качество перекачиваемого газа. Для предотвращения таких ситуаций используются системы контроля и мониторинга, которые позволяют следить за работой агрегата и своевременно принимать меры по предотвращению неисправностей.[5]

Технологический процесс ГПА напрямую зависит от его конструкции, типа используемого компрессора и условий эксплуатации, поэтому при проектировании и эксплуатации агрегата необходимо учитывать все технические, технологические и эксплуатационные аспекты.

1.3. Факторы влияющие на работоспособность ГПА

Работоспособность ГПА зависит от множества факторов, которые могут влиять на его техническое состояние.

					Назначение и устройство ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Инициирование АО выполняется автоматически САУ, либо по команде оператора путем нажатия соответствующих кнопок на АРМ оператора ГПА.

Аварийный останов выполняется с любого режима работы агрегата при:

- пожаре;
- нарушении технологических параметров (достижении параметром значения аварийной уставки);
- нарушении функционирования ГПА, при котором его дальнейшая работа невозможна (появление опасных течей масла, резкое повышение температуры газа за турбиной компрессора ГТУ на установившихся режимах, резкое увеличение вибраций ГТУ или ЦБК, помпаж ГТУ или ЦБК и др.);
- угрозе выхода из строя оборудования;
- угрозе безопасности обслуживающего персонала. [6]

Различают АО со стравливанием газа из контура компрессора и АО без стравливания газа из контура компрессора. Тип останова выбирается САУ ГПА автоматически в соответствии с перечнем защит. При АО по команде оператора он выбирает тип аварийного останова.

После АО провести внешний осмотр ГПА и его отдельных блоков и систем, выяснить причину, вызвавшую АО, принять меры по немедленному устранению причины останова. Время и причину АО, а также принятые меры по устранению причины АО, занести в эксплуатационный журнал, формуляры и паспорта. [6]

Также выделяются следующие факторы, влияющие на работоспособность газоперекачивающего агрегата:

1. Качество и состояние материалов, из которых изготовлены детали агрегата. Это могут быть как металлические компоненты, так и абразивные и износостойкие покрытия.

2. Давление газа, который перекачивает агрегат. Чем выше давление газа, тем больше механический износ и тепловыделение, особенно на местах узких сечений и поворотах.

3. Температура газа. Чем выше температура газа, тем больше риск для компонентов, которые могут деформироваться, разрушаться или терять свои механические свойства.

4. Рабочий режим агрегата. От обычных операций до чрезвычайных ситуаций – любое воздействие на агрегат может вызвать изменения в его работе.

5. Эксплуатационная надежность. Она зависит от качества конструкции агрегата, его монтажа и обслуживания.

6. Технологические параметры газоперекачивающего процесса. Рабочий режим, газовая среда, режимы подачи, давление и другие факторы.

7. Условия эксплуатации и климатические условия. Это могут быть такие факторы как: температура окружающей среды, влажность, посторонние воздействия (перепады напряжения, электромагнитные помехи и т.д.).

Все эти факторы влияют на работоспособность газоперекачивающего агрегата. Для продления срока службы агрегата критически важно выполнять регулярное техническое обслуживание, учитывать сроки эксплуатации компонентов в соответствии с требованиями производителя и правильно эксплуатировать агрегат в соответствии с технологическими параметрами.

					Назначение и устройство ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

2. ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА МИНИМИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ НА ГПА

2.1. Обзор литературных источников по существующим подходам к минимизации АО на ГПА

Газоперекачивающие агрегаты, как и любое другое техническое оборудование, требуют постоянного внимания, технического обслуживания и ремонта. Аварийные остановки ГПА могут иметь серьезные последствия для экономики, окружающей среды и безопасности персонала.

В научно-технических журналах и публикациях по данной теме присутствует достаточное количество статей и исследований, посвященных минимизации аварийных остановов ГПА. Научные работы были выбраны на основе их актуальности, отражающих различные аспекты этого вопроса.

В работе [6] была предложена универсальная система мониторинга технического состояния электроприводных газоперекачивающих агрегатов. Обоснована необходимость контроля основных параметров статорной обмотки двигателя. Разработаны методические, аппаратные и алгоритмические средства для оперативной диагностики двигателей большой мощности. Авторы статьи пришли к следующим выводам:

1. Для контроля состояния газоперекачивающих агрегатов в режиме работы необходима система контроля их изоляции.
2. Необходима разработка измерительной схемы с датчиками температуры и ЧР типа ТСМ 50 (ТСМ 9502) и лингвистическими алгоритмами, которая позволяет получить информацию о состоянии приводного СД.
3. Подсистема мониторинга технического состояния ЭГПА позволит определить надёжность, значения характеристик высоковольтной изоляции и остаточного ресурса.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Романов Ю.Р.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Гончаров Н.В.</i>					25	85
<i>Рук. ООП</i>	<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

В работе [7] освещён вопрос надежности газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным типом привода. Рассмотрены наиболее частые причины, предшествующие аварийным остановам и выводам из работы оборудования. Был проведен анализ существующих и наиболее распространенных методов повышения надежности газоперекачивающего оборудования.

Были предложены такие мероприятия как: ведение обязательного обучения эксплуатационного персонала с последующей периодической аттестацией в независимом аттестационном органе и разработка программы и графика проведения ситуационных тренировок персонала КС с целью анализа типовых АО и решений, принятых персоналом в процессе их обучения.

Также рекомендовалось к установке на КС хорошо видимых обозначений оборудования, технологических схем сложном оборудовании и отдаленных объектов, а также необходимость в дополнительном освещении рабочих мест. Предложенные мероприятия по эксплуатации ГПА с газотурбинным типом привода направлены на уменьшения количества аварийных остановов.

В работе [8] Анализируя собранные данные и реконструируя последовательность событий, авторы пришли к выводу, что основная причина АО состоит в неисправном оборудовании КИПиА.

На примере исследуемого агрегата, где отключение главного источника питания привело к ухудшению температурных показателей работы агрегата и пропаже управляющих сигналов на клапан-регулятор "Mokveld" и ДУС. Проведение экспериментов, помощью системы SCADA, позволило авторам проанализировать источники остановов агрегатов на КС. После анализа данных была выявлена статистическая зависимость: 50% всех случаев остановов были связаны с сбоями и поломками оборудования КИПиА, 20% - с неисправностью основного оборудования, а 30% - с ошибками в технологическом процессе из-за неправильного взаимодействия между необходимыми службами.

В работе [9] изложена информация о развитии и современном состоянии газотурбинной и компрессорной техники, обслуживающей газовую и нефтяную отрасли Российской Федерации.

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2.2. Методы контроля текущего состояния ГПА

Аварийные остановки на газоперекачивающих агрегатах могут быть вызваны различными причинами. Некоторые из них могут быть связаны с проблемами, связанными с неправильным проектированием, установкой или обслуживанием оборудования.

Одним из наиболее частых причин аварийных остановов на ГПА являются неисправность оборудования. Это может быть вызвано неправильной эксплуатацией или недостаточным обслуживанием оборудования, что может привести к износу и повреждению его ключевых узлов. Кроме того, аварийные остановки могут быть вызваны непредвиденными проблемами, такими как отказ системы охлаждения, пожар, дефекты материалов и другие технические проблемы.

Как и любое другое оборудование, ГПА требует постоянного контроля, используют различные методы, которые используются для диагностики и контроля текущего состояния ГПА. В силу сложности оборудования и его специфики, контроль и диагностика играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надёжности ГПА, а также в уменьшении потерь энергии и повышения работоспособности при эксплуатации. Ниже будут подробнее описаны основные методы контроля, применяемые в современной практике.

Применяют главным образом следующие методы [10, стр. 22]:

1. Визуально-оптический метод – заключается в осмотре с помощью лупы многократного увеличения больших поверхностей и труднодоступных мест деталей из различных материалов для обнаружения трещин, механических и коррозионных повреждений, нарушения сплошности защитных покрытий, остаточных деформаций, изменения характера разъемных и неразъемных соединений, течи, следов излома, задеваний. Этим методом можно обнаружить трещины с шириной раскрытия более 0,005-0,01 мм и протяженностью более 0,1 мм.

Капиллярный метод – основан на проникающих свойствах жидкости и используется для обнаружения открытых трещин, пор, коррозионных

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

повреждений деталей, различных по форме и размерам, изготовленных из магнитных и немагнитных материалов. Технологический процесс определения дефектов этим методом состоит из следующих операций: очистка и обезжиривание поверхности; пропитка поверхности индикаторным раствором; удаление избыточного индикаторного раствора с поверхности для его сохранения только в трещинах; нанесения на поверхность проявителя; осмотр детали и оценка состояния. Цветным методом можно обнаружить трещины в лопатках и дисках, корпусных и крепежных деталях шириной раскрытия более 0,001-0,002 мм, глубиной более 0,01-0,03 мм и протяженностью более 0,1-0,3 мм.

2. Ультразвуковой метод – основан на свойстве распространения упругих колебаний в металлах и их отражения от границы раздела двух сред. Этот метод используют для обнаружения внутренних и наружных дефектов в труднодоступных местах у деталей, изготовленных из магнитных и немагнитных материалов. Метод не применим при наличии галтели, отверстий. Этим методом можно обнаружить трещины с шириной раскрытия 0,001-0,003 мм и глубиной более 0,1-0,3 мм.

3. Токовихревой метод – основан на возбуждении в поверхности детали с помощью датчика вихревого тока, сила которого различна в местах изменения сплошности или свойств металла. Наиболее распространенными приборами этого метода являются дефектоскопы. Этот метод используют для обнаружения открытых и закрытых поверхностных дефектов у деталей из электропроводных материалов. Метод позволяет обнаружить трещины шириной раскрытия более 0,001 мм, глубиной 0,15-0,2 мм и протяженностью более 0,6-2 мм.

Самой главной причиной аварийных остановов ГПА является дефекты оборудования, которые могут приводить к остановке технологического процесса. Это может быть вызвано коррозией, износом элементов, повреждением оборудования и другими причинами.

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Для предотвращения таких ситуаций широко применяют различные методы дефектоскопии, которые позволяют идентифицировать дефекты и предпринять необходимые меры для их устранения. При этом, необходимо регулярно проводить диагностику оборудования для выявления потенциальных опасностей и своевременного устранения дефектов.

В случае пропуска дефектов могут возникнуть серьезные последствия, включая не только аварийные остановки, но и утечки газа и другие происшествия, которые могут привести к пожарам, экологическому катастрофам и даже гибели рабочего персонала. Поэтому важно не только своевременно выявлять дефекты, но и предотвращать их возникновение путем правильной эксплуатации, диагностики и регулярного обслуживания оборудования.

В общем случае, по ГОСТ 17102-71 под понятием «дефект» принято понимать каждое несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией.

Возникновение дефектов связано со следующими причинами:

1. Естественный износ, происходящий, как правило, в период выработки установленного заводом-изготовителем ресурса работ деталей и узлов.
2. Конструктивный недостаток, являющийся результатом недостаточно полного учета при проектировании и изготовлении всех действующих в реальных условиях эксплуатационных факторов. Конструктивный недостаток проявляется главным образом в начальный период эксплуатации и устраняется путем изменения конструкции, материалов и технологии производства.
3. Нарушение или несовершенство технологии ремонтно-восстановленных работ.
4. Нарушение правил технического обслуживания и эксплуатации, например: длительная работа на запрещенных оборотах при повышенной вибрации и температуре подшипников, на загрязненных масле, газе, невыполнение регламентных работ в установленные сроки.

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Дефекты подразделяются на явные и скрытые. [10, стр. 21] Явные дефекты, как правило, обнаруживаются визуально, скрытые – с помощью специальных приборов, дефектоскопии.

Полное и тщательное проведение дефектоскопии узлов и деталей является первостепенной задачей ремонта. От качества и полноты ее выполнения зависит надежная работа ГПА в течение межремонтного периода. В результате дефектоскопии определяются характер и размер дефектов, что дает возможность после сравнения с техническими требованиями установить пригодность детали или узла к дальнейшему ее использованию, наметить способ ремонта.

Дефектоскопия включает в себя следующие этапы: подготовка рабочего места, средств измерения и материалов; очистка поверхности дефектируемой детали; выявление и измерение дефектов.

При организации рабочего места для дефектоскопии необходимо выполнять следующие правила:

- роторы устанавливать на козлы с роликовыми опорами;
- лопатки, промвставки и другие малогабаритные детали раскладывать на чистую мешковину;
- обеспечивать свободный доступ ко всем деталям и узлам со всех сторон;
- обеспечивать возможность безопасного подключения приборов;
- устанавливать стол для приборов и ведения записей;
- приготавливать керосин, чистую ветошь, мел, наждачную бумагу, масло к началу работы на рабочем месте. [10, стр. 22]

Дефектоскопию деталей в условиях КС и ремонтно-технических мастерских осуществляют методом неразрушающего контроля, то есть без нарушения их пригодности к дальнейшему использованию. При выборе метода дефектоскопии необходимо учитывать характер и расположение дефекта, технические условия на отбраковку, материал детали, состояние и чистоту

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

поверхности, форму и размер детали.

Таким образом, регулярный контроль текущего состояния ГПА является важным элементом для обеспечения безопасной эксплуатации данного оборудования. Контроль и диагностика состояния ГПА позволяют своевременно выявлять возможные неисправности, что позволяет оперативно принимать меры по устранению проблем и снижению рисков, связанных с эксплуатацией оборудования. Это также помогает сократить простои установок и увеличить их срок эксплуатации.

2.3. Причины аварийных остановов ГПА на примере КС-4 «Нимнырская»

КС-4 «Нимнырская», имеющая в своём составе 4 агрегата ГПА-16У, суммарной мощностью 64 МВт, расположенной на 1027,3 км трассы МГП Сила Сибири-1 между КС-3 «Амгинская» и КС-5 «Нагорная».


МГП Сила Сибири-1 предназначен для транспортировки природного газа из Иркутского и Якутского центров газодобычи российским потребителям на Дальнем Востоке и в Китай по восточному маршруту. [11]

Блочно-модульная конструкция агрегатов ГПА-16У обеспечивает поставку блоков в полной заводской готовности и минимальные строительные-монтажные работы на компрессорной станции. Небольшие габариты и относительно малая масса позволяют осуществлять транспортировку агрегатов на место монтажа любым видом транспорта, в том числе и воздушным. Технологическая схема агрегата ГПА-16У представлена в приложении А и основные параметры работы агрегата представлены в таблице 1.

КС-4 «Иван Москвитин» является важной составляющей экспортного магистрального газопровода «Сила Сибири». Станция выполняет три основных функции: очистку, компримирование и охлаждение газа.

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

Таблица 1 – Основные параметры работы ГПА-16У КС-4 «Иван Москвитин»

№	Параметры	Ном. Параметры ГПА-16У
1	$P_{вх}$, (МПа)	
2	$P_{вых}$, (МПа)	
3	$T_{вх}$, (°С)	
4	$T_{вых}$, (°С)	
5	Степень сжатия, E	
6	Скорость вращения СТ, (об/мин)	
7	Скорость вращения ГГ, (об/мин)	
8	Q (комерч), (млн.м ³ /сут)	
9	Запас до помпажа, (%)	
10	Осевой сдвиг (max), (мм)	
11	dP "Газ-Газ" на лабиринтах СГУ (min.), (кПа)	
12	Давление масла смазки двигателя, (Мпа)	
13	Температура масла двигателя, (°С)	
14	Давление буферного газа вых. 1 ступени СГУ СГУ, (кПа)	
15	Давление топливного газа после РД, (МПа)	
16	Температура топливного газа после РД, (°С)	
17	Расход топливного газа, (м ³ /час)	

Для анализа статистики АО были изучены данные о эксплуатации компрессорной станций КС-4 «Нимнырская». Распределение числа поломок по элементу отказа за период с 2021 по май 2023 гг. представлена в таблице №2. Для проведения анализа будет использовано процентное соотношение, где количество АО будет принято за 100%, что позволит более точно определить результаты.

Таблица 2 – Распределение числа отказов по элементу ГПА.

Год	Элемент отказа	Количество отказов	% отказов
2021	КИПиА		
	Маслосистема		
	Проточная часть		
	Подшипники		
	Топливная система		
	Прочие элементы		
2022	КИПиА		
	Маслосистема		
	Проточная часть		
	Подшипники		
	Топливная система		
	Прочие элементы		
2023	КИПиА		
	Маслосистема		
	Проточная часть		
	Подшипники		
	Топливная система		
	Прочие элементы		

Для лучшей наглядности, составлена таблица 3 суммарного распределения числа отказа по элементу ГПА за 2021-2023 гг.

Таблица 3 – Суммарное распределение числа поломок по элементу отказа ГПА

Элемент отказа	Количество отказов	% отказов
КИПиА		
Маслосистема		
Проточная часть		
Подшипники		
Топливная система		
Прочие элементы		

Анализируя таблицу 3, можно прийти к выводу, что наиболее уязвимым элементом отказа является За 2023 можем наблюдать недостаток

информации ввиду того, что имеющаяся информация только за 5 месяцев работы КС.

Примеры АО на КС-4 «Нимнырская»

На каждый АО на ГПА надлежит оформить «Акт установления причин отказа ГПА». Это очень важный документ, так как он фиксирует причины и взаимосвязь отказов всех систем ГПА, а также предлагает рекомендации по устранению возникших проблем. Пример «Акт установления причин отказа ГПА» представлен в приложении Б.

Акт установления причин отказа ГПА выполняется после того, как причина АО была устранена и ГПА был восстановлен до работоспособного состояния. В нем указываются детали отказа, длительность простоя, место происшествия, а также перечень технических мероприятий, которые были приняты для восстановления оборудования.

Цель акта – идентификация причины и элемента отказа, и выработка мер по предотвращению неисправностей в будущем.

После составления «Акта установления причин отказа ГПА» могут потребоваться дополнительные меры ремонта и, если это возможно, модернизация оборудования, чтобы избежать повторения подобной ситуации в будущем.

Пример АО, вызванного неисправностью опорного подшипника, продемонстрирован в таблице 4.

Таблица 4 – Причина АО и мероприятия по предотвращению отказов

Причина отказа	
Мероприятия по предотвращению подобных отказов	

График, представленный на рисунке 2, позволяет увидеть изменение виброперемещения опорного подшипника ГПА в течение времени.

Аварийный останов агрегата произошел [REDACTED] в связи с превышением показателя виброперемещения опорного подшипника ГПА. Этот показатель является важным индикатором работы оборудования и характеризует уровень вибрации, который возникает в подшипнике в процессе

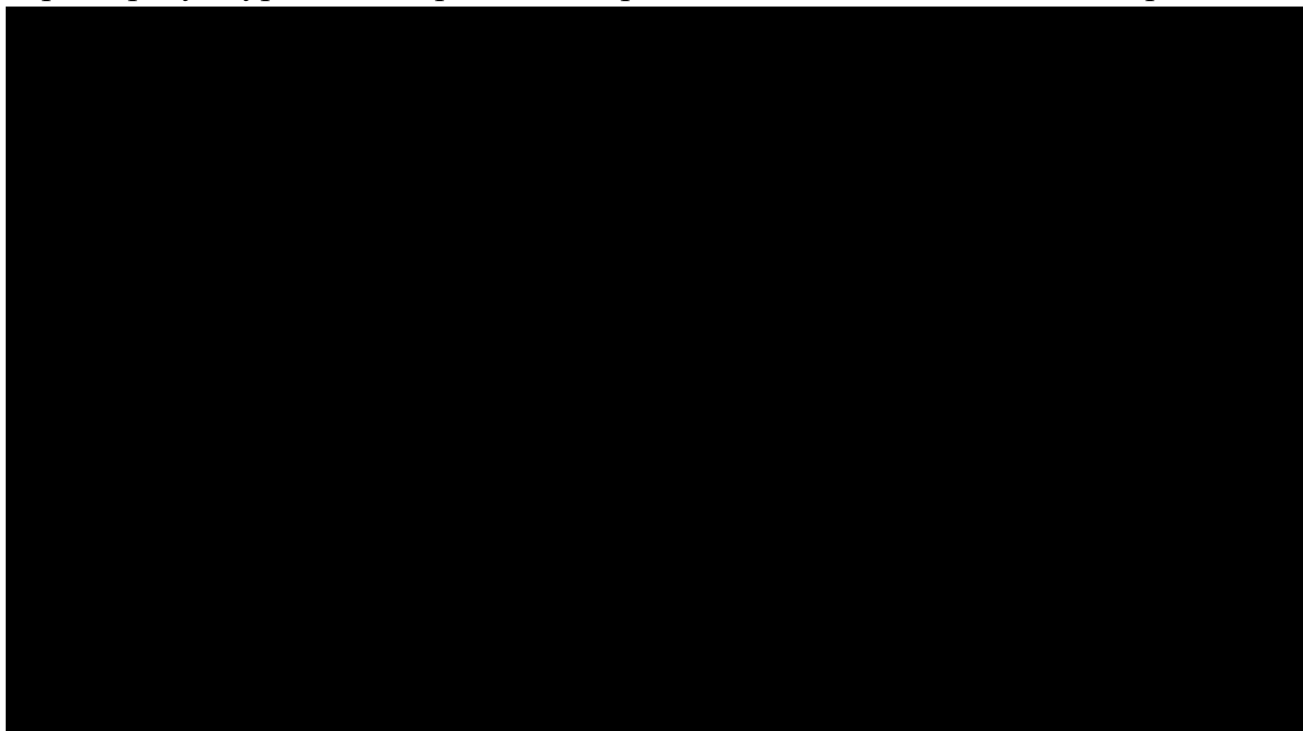


Рисунок 2 – График исторического тренда виброперемещения ротора со стороны опорного подшипника.

Пример АО, вызванного неисправностью КИПиА, продемонстрирован в таблице 5.

Таблица 5– Причины АО и мероприятия по предотвращению отказов

Причина отказа	
Мероприятия по предотвращению подобных отказов	



Анализируя график исторического тренда масла в баке ЦБК, продемонстрированный на рисунке 3, можно определить временные интервалы, когда произошло изменение уровня масла в [REDACTED] в [REDACTED] падение уровня масла в баке ЦБК, в результате чего САУ произвела АО агрегата.

Одной из причин аварийного останова было то, что уровнемер маслобака начал показывать ложные значения. Это могло произойти по разным причинам, например, из-за неисправности прибора, технических нарушений при монтаже, неправильного калибровочного коэффициента и т.д.

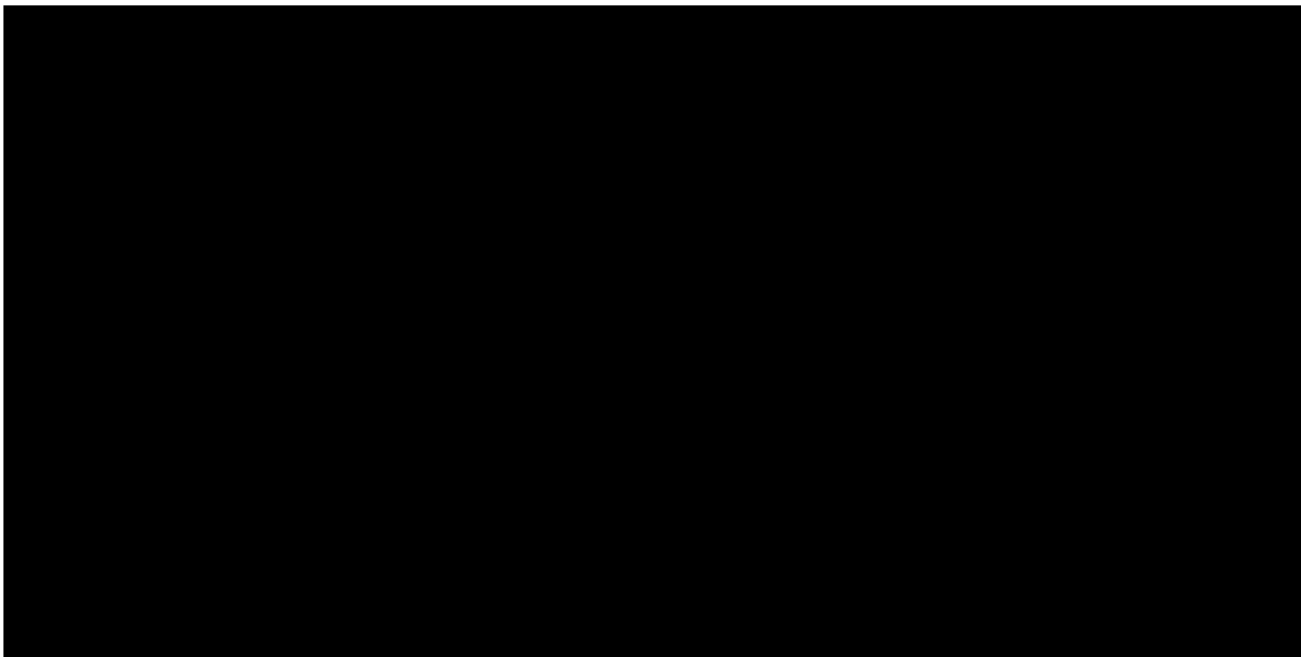




Рисунок 3 – График исторического тренда масла в баке ЦБК.

Пример АО вызванного неисправности в работе маслосистемы, продемонстрирован в таблице 6.

Таблица 6 – Причины АО и мероприятия по предотвращению отказов

Причина отказа	[REDACTED]
----------------	------------

	
Мероприятия по предотвращению подобных отказов	

Анализируя журнал исторических событий во время АО по причине низкого давления масла в маслосистеме, продемонстрированного в рисунке 4, можно наблюдать, что  САУ зафиксировала падение давления масла в маслосистеме ГПА и в этот же момент произвела АО агрегата. Это свидетельствует о хорошей работе системы автоматического управления, которая сработала в соответствии с установленными параметрами и предотвратила возможное повреждение оборудования.

В результате разбора причины АО, выяснилось, что причиной останова являлась неисправность предохранительного клапана, который является одним из ключевых элементов маслосистемы ГПА. Этот элемент предназначен для поддержания давления масла на заданном, но в данном случае, из-за возможной неисправности клапана, его функции прекратились, и произошло падение давления масла.

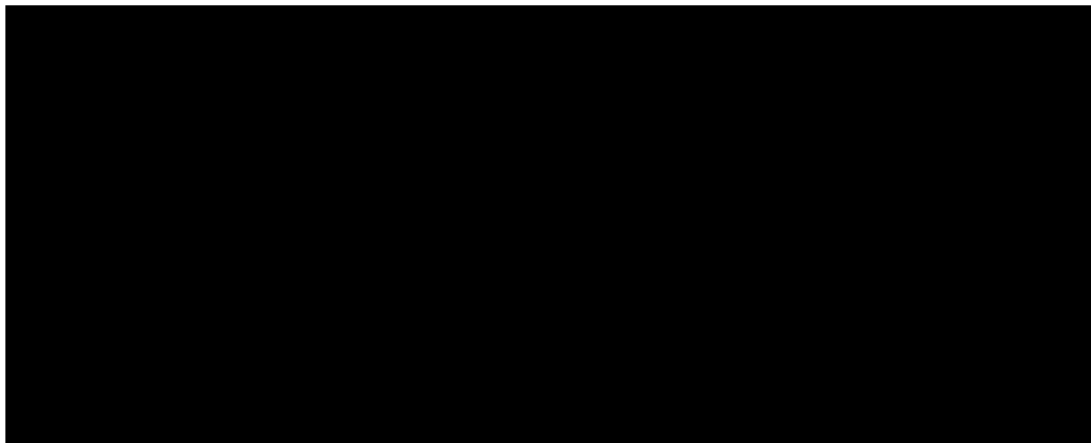


Рисунок 4 – Журнал исторических событий во время АО по причине низкого давления масла в маслосистеме.

Для разработки комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА, будут рассмотрены следующие элементы: КИПиА, маслосистема, проточная часть и подшипники, поскольку именно на них приходится наибольшее количество неисправностей.

2.4. Последствия аварийных остановов на ГПА

Проблемы, связанные с остановом ГПА, могут возникать по множественным причинам, таким как технические сбои, аварии, отключение электроэнергии и т.д. Все эти ситуации могут привести к серьезным последствиям. Основными из них являются:

1. Сокращение поставок газа – остановки ГПА могут привести к сокращению поставок газа к конечным потребителям. Это может нарушить логистическую цепочку транспорта газа, что может повлечь за собой штрафы и санкции со стороны потребителя.

2. Ухудшение экологической ситуации – КС часто расположены вблизи населенных пунктов, заповедных зон, рек и т.д. Останов ГПА может привести к выбросу в атмосферу значительных объемов газов, содержащих вредные примеси, что негативно повлияет на экологическую ситуацию в месте нахождения КС.

3. Материальные потери – остановки ГПА могут привести к материальным потерям для компаний. Эти потери могут привести к снижению прибыли из-за сокращения поставок газа к конечному потребителю.

4. Сокращение срока службы оборудования – частые остановки ГПА могут привести к сокращению срока службы оборудования, что повышает затраты на ремонт и повышает риск последующих АО на ГПА.

5. Создание угрозы разрушения – аварийный останов ГПА может привести к разрушению агрегата, что может повлечь за собой вред здоровью рабочего персонала.

Аварийные остановки ГПА могут иметь серьезные негативные последствия для окружающей среды, рабочего персонала и экономики.

Поэтому, необходимо предпринимать все возможные меры для того, чтобы минимизировать АО на ГПА.

					Исследование состояния вопроса минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

3. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО МИНИМИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ОСТАНОВОВ НА ГПА

3.1. Актуальные направления повышения работоспособности КИПиА

В условиях длительной эксплуатации и широкого диапазона изменения режимов на первый план выходят задачи предотвращения аварий, связанных с отказом отдельных деталей и узлов турбины, обеспечения вибрационного состояния агрегата. [12, стр.63] КИПиА на газокompрессорных агрегатах играют важную роль в обеспечении качественной и надежной работы оборудования. Однако, независимо от уровня качества и характеристик, КИПиА, чаще любого другого оборудования, выходит из строя.

Проблемы, связанные с выходом КИПиА из строя, связаны с техническими, организационными и экономическими факторами. Одним из главных факторов, влияющих на эффективность работы КИПиА, является качество оборудования, его монтаж, обслуживание и эксплуатация элементов КИПиА. Поэтому реализация мероприятий по минимизации выхода КИПиА из строя, является важным аспектом в решении проблемы минимизации АО на ГПА.

Один из способов решения проблемы повышения работоспособности КИПиА – разработка и применение эффективной структуры системы обслуживания и контроля. В этом случае требуется разработать оптимальную модель технического обслуживания оборудования и сформировать команду квалифицированных специалистов, занимающихся обслуживанием систем автоматизации и своевременной диагностикой возможных неисправностей.

Системы обучения могут быть организованы на базе современных образовательных технологий, таких как курсы повышения квалификации.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Романов Ю.Р.</i>			Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Гончаров Н.В.</i>					40	85
<i>Рук. ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

На практике, меры по минимизации выхода КИПиА из строя на ГПА включают использование систем диагностики, ранней диагностики и прогнозирования. Важным элементом системы контроля является система мониторинга состояния оборудования, позволяющая оперативно выявлять проблемы и выводить из строя дефектные элементы КИПиА. Эта система позволяет улучшить качество и надежность обслуживания, своевременно заменять оборудование, рассчитывать сроки ремонта и замены деталей.

Еще одним способом минимизации выхода КИПиА из строя, является стандартизация производственных процессов и нахождение наилучшей технической конструкции оборудования, для достижения максимальной эффективности. В этом случае, необходимо иметь высококачественное оборудование, соответствующее всем стандартам и регламентам.

Интеграция новейших разработок – также является эффективным способом минимизации выхода КИПиА из строя. Например, внедрение технологии, связанных с внедрением искусственного интеллекта.

Предложение по внедрению искусственного интеллекта в работу КИПиА способны минимизировать АО и снизить затраты на ремонт и обслуживание агрегатов. Для этого возможно использовать алгоритмы машинного обучения, которые будут анализировать работу агрегатов и предупреждать о возможных проблемах заранее.

Однако, есть и риски при внедрении искусственного интеллекта в работе КИПиА. Например, возможны сбои и ошибки в работе алгоритмов, что может привести к ложным срабатываниям. Также, такая система будет зависеть от правильной работы аппаратных систем.

Таким образом, реализация мероприятий по минимизации КИПиА из строя на ГПА позволит повысить работоспособность оборудования.

3.2. Решения направленные на повышение работоспособности маслосистемы

Маслосистема представляет собой совокупность устройств, предназначенных для подачи смазочного масла к подшипниковым узлам

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

турбомашин и в систему регулирования, контроля и поддержания его температуры, очистки и т.д. [13] Однако, выход из строя маслосистемы может привести к многократным отказам оборудования, частым ремонтам и повышенным эксплуатационным расходам. В связи с этим необходимы мероприятия по повышению работоспособности маслосистемы, таких как:

1. Регулярное техническое обслуживание и замена – наиболее важное мероприятие по минимизации выхода из строя маслосистемы – это регулярное техническое обслуживание и замена масла. Частая замена масла помогает снизить риск остатков грязи на поверхностях двигателя и компрессора, что может продлить время безаварийной эксплуатации. Периодичность замены масла должна осуществляться в соответствии с рекомендациями производителя оборудования. В процессе хранения и эксплуатации масло периодически подвергают химическому анализу в соответствии с СТО Газпром 2-2.4-133 и СТО Газпром 2-2.4-134.

2. Мониторинг утечек – кроме того, необходимо следить за уровнем масла и измерять его температуру с помощью датчиков. Это позволяет оперативно обнаружить утечки в маслосистеме, включая утечки из уплотнений и предпринимать необходимые меры для устранения этих неисправностей.

3. Конструктивные изменения – это может быть улучшение масляного фильтра, увеличение ёмкости резервуара масла, установка дополнительных насосов или повышение мощности маслонасосов.

4. Система мониторинга состояния – наконец, важным моментом повышения работоспособности маслосистемы – это установка системы мониторинга состояния. Это позволяет следить за эффективностью работы маслосистемы и обнаруживать потенциальные поломки в режиме реального времени. Программное обеспечение для мониторинга, также поможет предотвратить неисправности и устранить их на ранних этапах.

Таким образом, мероприятия по повышению работоспособности маслосистемы на ГПА – это внимательное техническое обслуживание, применение современных технологий мониторинга состояния оборудования и

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

внесение конструктивных изменений в маслосистему. Все эти изменения направлены на повышение работоспособности маслосистемы, снижение её уязвимости к поломкам и снижение общих эксплуатационных расходов.

3.3. Актуальные направления повышения работоспособности проточной части

Проточная часть – это один из самых сложных и ответственных узлов в любом механизме, который представляет собой множество деталей, соединенных воедино. Однако, ни одна из них не является вечной и стойкой к износу. Поэтому, одним из важнейших вопросов является минимизация выхода из строя деталей проточной части.

Эффективность работы газоперекачивающих агрегатов в значительной степени определяется состоянием проточной части ГТА, которая в процессе эксплуатации в той или иной степени характеризуется снижением показателей своей работы. [14]

Профилактические мероприятия включают в себя регулярную проверку и техническое обслуживание элементов проточной части. Они могут заключаться в контроле за работой систем смазки, охлаждения, воздухопроводов, вентиляции, а также в замене смазочных материалов, проведении регулировки и замене деталей, вышедших из строя из-за износа.

Диагностические мероприятия позволяют выявлять неисправности проточной части агрегата на ранней стадии и предотвращать их развитие. К таким мероприятиям относятся контроль за состоянием, контроль температуры и давлений, анализ масла, проверка электронных компонентов и многое другое. Системы диагностики автоматически определяют неисправности, что позволяет сократить время.

Ремонтные мероприятия включают в себя замену неисправных и изношенных деталей в проточной части агрегата. Ремонтные работы проводятся на случае повреждения уплотнений, разрушения лопаток турбины, ротора и других элементов.

Важно отметить, что все мероприятия по обслуживанию и ремонту проточной части ГПА должны проводиться профессионально квалифицированными специалистами и с соблюдением необходимых технических требований. Также необходимо использовать только высококачественные запчасти и материалы для ремонта и обслуживания агрегатов.

В целом, современные системы обслуживания и диагностики, а также профессиональные подходы к ремонту агрегатов, позволяют снизить выход из строя элементов проточной части ГПА и обеспечить их надежное и стабильное функционирование. Это позволяет уменьшить время простоя агрегатов, повышает работоспособность и безопасность эксплуатации и способствует росту производительности в целом.

3.4. Решения направленные на повешение работоспособности подшипников

Одними из наиболее ответственных узлов в ГПА, использующих в качестве приводов как конвертированные авиационные двигатели, так и электродвигатели, являются подшипниковые элементы качения и скольжения. Многие из них на сегодняшний день представляют собой довольно сложные и точные устройства. [15, стр. 68]

Для эффективной работы опорных узлов, важно обеспечить минимальный износ деталей и предотвратить появление дефектов, которые могут возникнуть из-за коррозии, усталости металла, плохой смазки, либо неправильного монтажа. Эти факторы являются превалирующими в определении уровня надежности, качества и продолжительности работы опорных узлов. Поэтому следует уделять особое внимание техническому обслуживанию и профилактике, а также выбирать только высококачественные материалы и компоненты.

Чтобы добиться этих целей, необходимо проводить ряд мероприятий.

1. Увеличение частоты техобслуживания и замены подшипников – подшипники являются деталями, которые имеют ограниченный ресурс работы,

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

их износ неизбежен. Поэтому для поддержания работоспособности агрегата необходимо увеличить частоту проведения технического обслуживания и своевременно заменять подшипники, даже если визуально их состояние не вызывает опасений.

2. Монтаж и установка подшипников – особое внимание необходимо уделить монтажу и установке подшипников на агрегате. Необходимо следить за наличием герметичных зазоров, оптимальным натяжением и правильной смазкой. При монтаже подшипников нужно использовать специальное оборудование и инструменты, которые обеспечат правильное положение и обработку.

3. Использование высококачественных материалов – при производстве газокompрессорных агрегатов и их узлов необходимо использовать только проверенные и качественные материалы, которые помогут поддерживать оптимальное состояние подшипников.

4. Контроль за эксплуатационными режимами – некачественная или неправильная эксплуатация агрегата может привести к перегрузке и повреждению подшипников. Поэтому необходимо следить за эксплуатационными режимами, контролировать частоту вращения ротора, нагрузки на агрегат и температуру каждого подшипника.

5. Контроль и настройка натяжения – натяжение подшипников является критической величиной для их длительной и безотказной работы. Необходимо регулярно контролировать и настраивать натяжение, следить за тем, чтобы оно не было слишком высоким или низким, так как недостаточный контроль может привести к перегреву или повреждению подшипника.

Таким образом, повышение работоспособности подшипников – это важный процесс, который требует тщательных мер и обеспечения необходимых условий для долгой и эффективной работы. Создание регулярного графика технического обслуживания, контроль за нагрузками и эксплуатационными режимами, а также использование качественных

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45


материалов и оборудования позволяют минимизировать выход подшипников из строя.

Расчёт радиальной нагрузки на подшипник

Газоперекачивающие агрегаты работают в экстремальных условиях, где могут возникать высокие температуры и давления, а также механические вибрации. Подшипник скольжения выдерживает радиальную нагрузку на вал, который вращает ротор компрессора. При неправильном расчете радиальной нагрузки на подшипник, он может перегреться, износиться или, в худшем случае разрушиться, что может привести к серьезным последствиям для работы агрегата и безопасности рабочего персонала. Поэтому важно проводить расчет радиальной нагрузки на подшипник скольжения на ГПА, чтобы гарантировать его работоспособность и безопасную работу.

Для расчёта радиальной нагрузки на подшипник скольжения использовались данные, полученные с КС-4 "Нимнырская", которые приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Исходные данные

№	Параметры	Значения
1	Окружная скорость V, мм/с	
2	Условное среднее давление p, МПа	
3	Номинальная частота вращения n, об/мин	
4	Температура подшипника, °С.	
5	Марка масла	
6	Материал цапфы	

По и ГОСТ 7902-1-2001, для режима жидкостного трения приложенная к подшипнику радиальная нагрузка рассчитывается по формуле.

$$\text{[Redacted Formula]} \quad (1)$$

- где μ – динамическая вязкость, МПа·с;
 ω – угловая скорость, рад/с; l – длина цапфы, мм;
 Φ – коэффициент нагруженности;
 ψ – относительный зазор.

Коэффициент нагруженности подшипника может быть выражен из формулы радиальной нагрузки:

$$\text{[Redacted Formula]} \quad (2)$$

где p – условное среднее давление между цапфой и вкладышем подшипника, МПа.

Формула для расчета угловой скорости вращения вала определяется следующим образом:

$$\text{[Redacted Formula]} \quad (3)$$

где n – частота вращения вала, об/с.

Определение относительного зазора основано на эмпирической формуле:

$$\text{[Redacted Formula]} \quad (4)$$

где V – окружная скорость цапфы, мм/с.

Длина цапфы определяется в соответствии с ее диаметром, используя формулу.

$$\text{[Redacted Formula]} \quad (5)$$

где φ – коэффициент, значение которого в большинстве случаев лежит в диапазоне 0,5...1,2(примем равным 0,8).

Для расчёта коэффициента нагруженности (2) подшипника необходимо найти значения угловой скорости вращения вала (3) и относительного зазора (4):

Угловая скорость:

$$\text{[Redacted Formula]}$$

Относительны зазор:

$$\text{[Redacted Formula]}$$

По графику динамической вязкости масла И20 на рисунке 5, примем коэффициент [REDACTED]

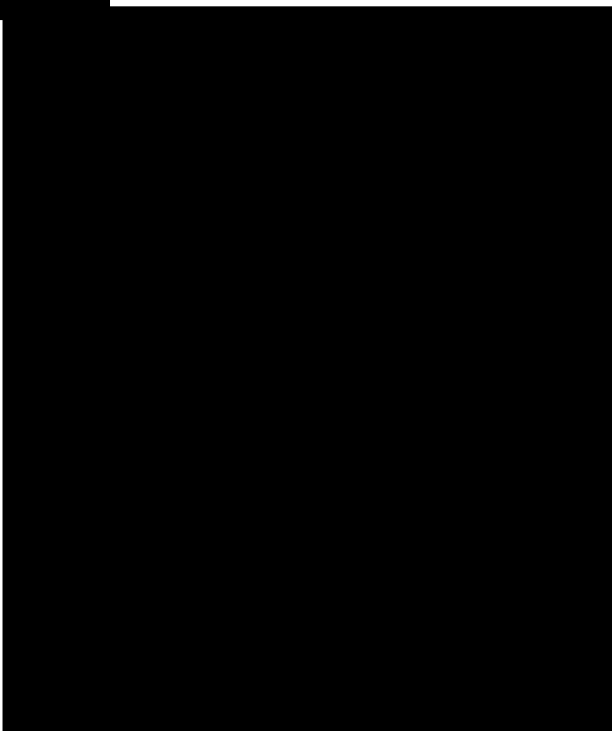


Рисунок 5 – График динамической вязкости масла И20.

Тогда длина цапфы:

[REDACTED]

Тогда коэффициента нагруженности подшипника равен:

[REDACTED]

Расчёт радиальной нагрузки на подшипник будет произведён по формуле (1), подставив в формулу исходные данные и другие найденные параметры:

[REDACTED]

Таким образом, ограничение радиальной нагрузки, генерируемой валом ГДТ, оценивается в [REDACTED]. Правильно рассчитанная радиальная нагрузка гарантирует, что подшипник не перегружен, и может принять нагрузку, получаемую в результате эксплуатации. Кроме того, правильный расчет радиальной нагрузки может помочь предотвратить потенциальные аварии, связанные с разрушением подшипника или с его износом. Важность проведения расчета радиальной нагрузки на подшипник скольжения в работе

ГПА заключается в гарантировании обнаружения потенциальных проблем и увеличении работоспособности в целом.

3.5. Импортзамещение оборудования ГПА

В связи с наблюдающимся в последнее время ростом заинтересованности вопросом импортзамещения в России, становится все актуальнее вопрос на тему замены импортных деталей и оборудования ГПА на отечественным аналогом производства. Несомненно, в данной ситуации есть ряд преимуществ, но стоит оценить и риски, которые могут возникнуть при данном переходе.

В данный момент, основное число деталей агрегатов на территории России являются продукцией западных производителей, в особенности САУ.

САУ от иностранного производителя, поставленное вместе с агрегатом на объект эксплуатации, требует по условиям лицензионного соглашения регулярного сервисного обслуживания, которое стоит очень дорого, поскольку предполагает выполнение этой работы специалистами фирмы-производителя.[16]

Первым и самым важным фактором, говорящим в пользу импортзамещения, является экономия средств. Цена на закупку устройств иностранного производства – весьма высока, и в случае замены на отечественные аналоги, сэкономленные деньги можно выделить на другие, более важные направления.

Кроме этого, смена импортных деталей на отечественные может оказать существенное воздействие на экономику, с точки зрения отечественных производителей. Рынок может получить новых игроков, у которых появится возможность реализовать свои проекты, а также реализовывать разработку отечественных технологий, что является немаловажным стимулом для развития инновационного сектора России.

Однако, есть и ряд рисков, связанных с резким переходом на отечественные аналоги. Отечественные аналоги могут оказаться качественно хуже иностранных, что негативно скажется на техническом состоянии ГПА и

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

на безопасности технологического процесса в целом.

Импортозамещение газокompрессорных агрегатов требует серьезных исследований, обоснования долгосрочной выгоды таких мер и продуманной стратегии замены импортных аналогов на отечественные. Абсолютно очевидно, что само импортозамещение – это не конечная цель, а всего лишь еще один шаг на пути к развитию промышленного сектора России. В целом, импортозамещение оборудования – важнейшая и жизненно необходимая задача сегодняшнего дня.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Раздел финансового менеджмента необходим для оценки затрат на проведение мероприятий по минимизации аварийных остановов газоперекачивающего агрегата, а также для определения потенциальной экономической выгоды от их реализации. Ресурсоэффективность должна быть учтена для определения оптимальных способов использования ресурсов и снижения затрат на энергоносители, материалы и трудовые ресурсы. Раздел ресурсосбережения должен учитывать наличие ресурсов для реализации мероприятий, а также необходимость их закупки или организации собственного производства. Все эти аспекты помогут определить стратегию повышения безопасности и надежности газоперекачивающего агрегата с минимальными финансовыми и ресурсными затратами.

4.1. Анализ экономической эффективности. SWOT – анализ

SWOT-анализ (анализ сильных и слабых сторон, возможностей и угроз) – это метод для оценки сильных и слабых сторон исследования, а также возможностей и угроз, которые могут повлиять на его результаты.

В рамках проведения исследования по минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах, SWOT-анализ может быть полезным инструментом для определения:

- Сильных и слабых сторон текущей системы обслуживания и технического обслуживания газоперекачивающих агрегатов;
- Возможностей для улучшения технического обслуживания и обслуживания газоперекачивающих агрегатов, таких как использование новых технологий, лучшее обучение персонала или использование более

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Романов Ю.Р.</i>			Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Гончаров Н.В.</i>				51	85	
<i>Рук. ООП</i>		<i>Чухарева Н.В.</i>				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

надежных компонентов;

- Угроз, таких как изменение законодательства, низкая эффективность работы персонала или нехватка квалифицированных специалистов.

SWOT - анализ поможет определить, какие факторы могут стать главными при разработке комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на газоперекачивающих агрегатах, а также позволит разработать конкретный план действий для улучшения системы технического обслуживания и обслуживания газоперекачивающих агрегатов. Матрица SWOT анализа приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-технологического решения: С1. Повышения надежности поставок газа; С2. Экономическая эффективность; С3. Универсальность по отношению к характеристикам трубопровода; С4. Увеличение срока эксплуатации оборудования; С5. Устойчивость оборудования к механическим повреждениям</p>	<p>Слабые стороны технологического решения: Сл1. Дорогостоящее оборудование; Сл2. Проблемы безопасности внедрения новых методов; Сл3. Необходимость внедрения более дорогостоящего оборудования; Сл4. Необходимость опытных и высококлассных специалистов.</p>
<p>Возможности: В1. Бесперебойная поставка газа потребителю; В2. Увеличение срока службы компонентов ГПА; В3. Уменьшение экологической угрозы; В4. Увеличение безопасной эксплуатации объектов транспорта газа</p>		
<p>Угрозы: У1. Использование импортных комплектующих;</p>		

У2. Развитая конкуренция на рынке.		
------------------------------------	--	--

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 9-12.

Таблица 9 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон исследования

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	+	+	0	0	+
	B3	-	-	-	+	+
	B4	+	+	+	+	+

Таблица 10 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон исследования

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	+
	B2	+	+	-	+
	B3	-	-	-	+
	B4	+	-	-	+

Таблица 11 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон исследования

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	+	-
	У2	-	-	-	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон исследования

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	+
	У2	+	-	-	+

Итоговая таблица SWOT анализа представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Итоговый SWOT анализ

	<p>Сильные стороны научно-технологического решения: С1. Повышения надежности поставок газа; С2. Экономическая эффективность; С3. Универсальность по отношению к характеристикам трубопровода; С4. Увеличение срока эксплуатации оборудования; С5. Устойчивость оборудования к механическим повреждениям</p>	<p>Слабые стороны технологического решения: Сл1. Дорогостоящее оборудование; Сл2. Проблемы безопасности внедрения новых методов; Сл3. Необходимость внедрения более дорогостоящего оборудования; Сл4. Необходимость опытных и высококлассных специалистов.</p>
<p>Возможности: В1. Бесперебойная поставка газа потребителю; В2. Увеличение срока службы компонентов ГПА; В3. Уменьшение экологической угрозы; В4. Увеличение безопасной эксплуатации объектов транспорта газа</p>	<p>– Чем выше бесперебойность, тем больше поставки газа конечному потребителю, – Увеличение срока эксплуатации компонентов ГПА приводит к повышению экономической эффективности эксплуатации и ведёт к снижению затрат на ремонт компонентов, – Повышение безопасной работы объекта приводит к снижению рисков для обслуживающего персонала.</p>	<p>– Найм на работу квалифицированного персонала; – Повышение квалификации кадров.</p>
<p>Угрозы: У1. Использование импортных комплектующих; У2. Развитая конкуренция на рынке.</p>	<p>– Отсутствие спроса на новые технологии, – Качество отечественных комплектующих может быть на порядок ниже.</p>	<p>– В дальнейшем использование импортных комплектующих может потребовать большее финансирование проекта.</p>

4.2. Планирование научно–исследовательской работы

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследования	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
	2	Постановка цели и задач исследования	Руководитель, бакалавр
	3	Литературный обзор	Бакалавр
Разработка технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Бакалавр
	6	Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Бакалавр
Оформление отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Так как в данном случае потребители относятся к коммерческой категории, то критерием сегментирования является размер предприятия и метод проведения врезки отвода.

4.3. Определение трудоемкости выполняемых работ

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожс}$ используется формула:

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot t_{min_i} - 2 \cdot t_{max_i}}{5} \quad (6)$$

Где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{min_i} – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предложении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни;

t_{max_i} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предложении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (7)$$

где T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дн.;

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

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

4.4. Разработка графика проведения научного исследования

Для расчета длительности работ в календарных днях, используется формула:(

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (8)$$

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

T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дней;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (9)$$

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.

В 2023 году – $T_{\text{кал}} = 365$ дней, $T_{\text{вых}} = 104$ дней, $T_{\text{пр}} = 14$ дней.

Подставим численные значения в формулу:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе, округляют до целого числа и заносят в таблицу 15.

Таблица 15– Временные показатели проведения научной разработки

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , человека дни	t_{max} , человека дни	$t_{ож}$, человека дни			
Календарное планирование работ по теме	4	8	5,6	Руководитель, бакалавр	3	4
Постановка цели и задач исследования	4	8	5,6	Руководитель, бакалавр	3	4
Литературный обзор	13	19	15,4	Бакалавр	15	23
Составление и утверждение технического задания	8	13	10	Руководитель	10	15
Проведение теоретического анализа существующих технических решений	10	15	12	Бакалавр	12	18
Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	18	24	20,4	Бакалавр	20	30
Оценка результатов	6	9	7,2	Руководитель, Бакалавр	4	5

исследования						
Составление пояснительной записки	10	15	12	Руководитель, Бакалавр	6	9

На основе таблицы 15 строим план график, представленный в таблице 16.

Таблица 16 – Календарный план график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май					
1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	4	■	■												
2	Постановка цели и задач исследования	Руководитель, бакалавр	4	■	■												
3	Литературный обзор	Бакалавр	23		■	■	■	■	■								
4	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	15				■	■	■	■	■	■	■				
5	Проведение теоретического анализа существующих технических решений	Бакалавр	18						■	■	■	■	■	■	■		
6	Исполнение теоретических расчетов и выводы по ним	Бакалавр	30								■	■	■	■	■	■	
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Бакалавр	5												■	■	
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Бакалавр	9												■	■	

■ - Руководитель

■ - Бакалавр

4.5. Расчет материальных затрат НИ

Расчет материальных затрат НТР включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_M) \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх\ i} \quad (10)$$

где k_M – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

C_i – цена приобретения i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования, руб.;

$N_{расх\ i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.).

Значения материальных затрат представлены в таблице 17.

Таблица 17– Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, З ^М , руб.		
		Ис	Ис	Ис	Ис	Ис	Ис	Ис	Ис	Ис
		п. 1	п. 2	п. 3	п. 1	п. 2	п. 3	п. 1	п. 2	п. 3
Программы Microsoft Office	шт.	3	1	5	150 0	150 0	150 0	450 0	150 0	750 0
Бумага для принтера	шт.	50 0	20 0	30 0	0,5	0,5	0,5	250	100	150
Электроэнергия	кВт/ч	25 0	20 0	27 0	4,5	4,5	4,5	112 5	900	121 5
Итого:								587 5	250 0	886 5

Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Сюда включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (программного обеспечения), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной

цене. Расчет затрат на оборудование представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет затрат на оборудование

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, З ^м , руб.		
		Исп. п. 1	Исп. п. 2	Исп. п. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Компьютер	шт.	1	1	1	5500 0	2800 0	35 00 0	5500 0	2800 0	3500 0
Принтер	шт.	1	1	1	8000	6000	80 00	8000	6000	8000
Доступ в закрытые источники информации	шт.	1	1	1	500	500	50 0	500	500	500
Итого:								6350 0	3450 0	4350 0

Основная заработная плата исполнителей работы

Расчет заработной платы произведен на основе тарифных ставок предприятия, которое занимается проектирование автоматизированных систем управления. Полученные данные занесены в таблицу 19. Расчет осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (11)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата, руб.;

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочие дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_M} \quad (12)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дней $M=11,2$ месяцев, 5 – дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала в рабочие дни.

Месячный должностной оклад работника определяется по формуле:

$$Z_M = Z_{mc} \cdot (k_p + k_{np} + k_d) + Z_{mc} \quad (13)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок ($k_d = 0,2$, т. е. 20% от Z_{tc});

k_p – районный коэффициент (для Томска $k_p = 0,3$, т. е. 30%).

Таблица 19 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Z_{tc} , руб.	k_{np} , %	k_d , %	k_p , %	Z_M , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель проекта	38000	30	20	30	68400	8512	9,25	78736
Студент	1400	30	20	30	2520	313,6	27,5	8624
Итого, $Z_{осн}$:								81144

Дополнительная заработная плата исполнителей работы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Полученные данные будут занесены в таблицу 20.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (14)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, на стадии проектирования принимают равным 0,15.

Таблица 20 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	$k_{\text{доп}}$	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	0,15	78736	11810
Студент	0,15	8624	1294
Итого:		87360	13104

Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органами государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Полученные данные будут занесены в таблицу 21.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (15)$$

где $k_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, принимается равным $k_{\text{внеб}} = 30\%$.

Таблица 21 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	78736	11810
Студент	8624	1294
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого:	30139	

Накладные расходы

В статью накладных расходов входят прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: оплата электроэнергии, печать и

ксерокопирование, почтовые расходы и т.д. Полученные данные будут занесены в таблицу 22.

Накладные расходы определяются по формуле:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей}) \cdot k_{нр} \quad (16)$$

где $k_{нр}$ - коэффициент, учитывающий накладные расходы, принимается равным $k_{нр} = 16\%$.

$$Z_{накл1} = (5875 + 63500 + 87360 + 13104 + 30139) \cdot 0,16 = 31996 \text{ руб.}$$

$$Z_{накл2} = (2450 + 34500 + 87360 + 13104 + 30139) \cdot 0,16 = 26808 \text{ руб.}$$

$$Z_{накл3} = (8871 + 43500 + 87360 + 13104 + 30139) \cdot 0,16 = 29275 \text{ руб.}$$

Формирование бюджета затрат научно-исследовательской работы

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Материальные затраты НТИ	5875	2450	8871
2. Затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	63500	34500	43500
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	87360		
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	13104		
5. Отчисления во внебюджетные фонды	30139		
6. Накладные расходы	31996	26808	29275
7. Бюджет затрат НТИ	231974	194361	212249

4.6. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

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 входе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{испi} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (17)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{231974}{231974} = 1$$

$$I_{финр}^{исп2} = \frac{194361}{231974} = 0,84$$

$$I_{финр}^{исп3} = \frac{212249}{231974} = 0,91$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (18)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения занесены в таблицу 23.

Таблица 23 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности	0,1	5	4	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	4
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,20	3	3	2
5. Надежность	0,25	3	3	2
6. Материалоемкость	0,15	5	3	4
Итого	1	3,55	3,8	3,2

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = \frac{3,55}{1} = 3,55$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп2}} = \frac{3,8}{0,89} = 4,27$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}^{исп3}} = \frac{3,2}{0,91} = 3,52$$

Из расчетов видно, что наиболее целесообразный вариант проекта разработки НТИ произведен во втором исполнении

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{срi}$):

$$\mathcal{E}_{срi} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (19)$$

Результаты сравнительной эффективности разработки занесены в таблицу 24.

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,84	0,91
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,55	3,8	3,2
3	Интегральный показатель эффективности	3,55	4,27	3,52
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,83	1,21	0,99

Исходя из полученных данных, наиболее эффективным оказалась разработка под исполнением №2.

Выводы: в результате проведения исследования по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были проанализированы различные варианты исполнения научно-исследовательского проекта, бюджет наиболее выгодного исполнения с точки зрения финансовой эффективности и ресурсоэффективности составил 2 вариант исполнения.

вибрация оборудования и шумы в компрессорных цехах.

Уровень производственного шума

Уровень шума регламентирует ГОСТ 12.1.003 - 2014 [18]. Допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

Персонал должен быть обеспечен средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с типовыми отраслевыми нормами и характером выполняемой работы. В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки-вкладыши, заглушающая способность которых составляет 6 – 8 дБА. В случае более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину.

К коллективным средствам и методам защиты от шума относятся: совершенствование технологии ремонта и своевременное обслуживание оборудования; использование средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи); средств звукопоглощения.

Уровень вибрации

Для санитарного нормирования и контроля используются средние квадратические значения виброускорения или виброскорости, а также их логарифмические уровни в децибелах. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116 дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6 – 9 Гц [19].

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены: применением вибробезопасного оборудования и инструмента и средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения; организационно-техническими мероприятиями (поддержание в условиях эксплуатации технического состояния машин и механизмов на уровне, предусмотренном НТД на них; введение режимов труда, регулирующих продолжительность воздействия

						Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			68

вибрации на работающих; вывод работников из мест с превышением ДУ по вибрации) [19].

Освещенность рабочей зоны

Для строительных площадок и участков работ необходимо предусматривать общее равномерное освещение. При этом освещенность должна быть не менее 2 лк независимо от применяемых источников света, за исключением автодорог. При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 5 лк при работе вручную и не менее 10 лк при работе с помощью машин и механизмов [20].

Запыленность и загазованность рабочей зоны

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1 – 10 мг/м³. При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами. [21].

5.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Рассмотрим опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при работе на компрессорной станции.

Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования

Движущиеся части производственного оборудования, являющиеся возможным источником травмоопасности, должны быть ограждены или расположены так, чтобы исключалась возможность прикасания к ним работающего или использованы другие средства (например, двуручное управление), предотвращающие травмирование. Другим немаловажным

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

аспектом является соблюдение частоты и полноты мероприятий, входящих в перечень планово-предупредительных работ (ППР). Необходимо своевременно и в полном объеме производить технические осмотры оборудования (ТО), средний и капитальный ремонты (СР и КП), внимательно следить за элементами системы КС. Также необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица, имеющие на это право [22].

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудование, работающее под высоким давлением, обладает повышенной опасностью. Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т. д [23].

Основным требованием к конструкции оборудования, работающего под высоким давлением, является надежность обеспечения безопасности при эксплуатации и возможности осмотра и ремонта.

Утечки токсичных и вредных веществ в рабочую зону

Перекачиваемый газ, почти на 98% состоит из метана, в таблице 25 приведены его токсичные и пожароопасные свойства.

Таблица 25 - Токсичные и пожароопасные свойства газа

Основные параметры газа	Значение
Температура воспламенения, °С.	537
ПДК, мг/м ³ .	300
Пределы воспламенения смеси с воздухом, %.	4-16
Санитарная норма, %.	0,8
Токсичное воздействие	Центральная нервная система

Основные свойства газа:

- при содержании метана в воздухе в пределах от 4 до 16% образуется взрывоопасная концентрация;
- природный газ, скопляющийся в закрытом помещении, вытесняет воздух и удушающее действует на человека;
- предельно допустимое содержание газа в помещениях не должно превышать 1%.

5.4. Экологическая безопасность Воздействие на литосферу

Литосфера может оказаться под вредным влиянием производственной деятельности на КС в результате образования или скопления количества отходов, которое превышает допустимые нормы. Важной производственной задачей является либо обеспечения полной переработки складированных вредных веществ, либо сведение к минимуму последствий возможного воздействия хранимых веществ на литосферу. Среди мероприятий по уменьшению негативного влияния производственных процессов на литосферу необходимо выделить следующие:

1. Соблюдение правил контролируемых организаций по обязательному селективному сбору отходов, их хранению и предельному допустимому количеству складированных веществ, а также по соблюдению договоров о передаче отходов и вредных веществ специализированным организациям для утилизации;
2. Соблюдение требований технологического режима по рабочим показателям проекта;
3. Соблюдение полноты технического обслуживания, среднего и капитального ремонта;
4. Замена уплотнений оборудования для обеспечения герметичности технологических ёмкостей.

На территории КС должны быть предусмотрены следующие места временного хранения для:

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

- сбора ТБО и других твердых отходов - площадки с контейнерами,
- сбора избыточного активного ила - иловые площадки;
- сбора нефтяных отходов - специальные емкости;
- сбора жидких нефтесодержащих отходов - закрытые емкости.

Воздействие на гидросферу

Во время работы компрессорной станции некоторые загрязняющие вещества, такие как, например, жидкие углеводороды, масла и присадки различного назначения могут попасть в гидросферу (реки, моря, подземные воды), тем самым нанеся ей непоправимый вред. Это может произойти в результате проведения нерегламентированных операций, либо при несоблюдении правил проведения ремонтных работ, при халатном отношении к безопасности производственного процесса во время эксплуатации оборудования.

Следующие меры превентивного характера могут предотвратить загрязнений сточных вод (и, как следствие, гидросферы) [24]:

1. Своевременный и полный контроль за оборудованием, в котором возможна утечка вредных веществ, в частном порядке включает в себя своевременную замену уплотнения оборудования и арматуры, мероприятия, направленные на поддержание целостности огнеупорных футеровок и оборудования противокоррозионной защиты, а также соблюдение правил безопасной эксплуатации узлов ГПА

2. Уборка отходов производства в специализированные ёмкости, предназначенные для транспортировки до мест дальнейшей переработки.

Воздействие на атмосферу

Атмосферные загрязнения веществами, хранящимися и эксплуатируемыми на КС, происходит при нарушениях в производственном режиме, которые могут быть вызваны нештатными рабочими параметрами (повышенным или пониженным давлением и температурой), при физическом или химическом износе оборудования, уплотнений и герметизирующих элементов, и т.д

					Социальная ответственность	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Распределение общей величины выбросов природного газа при его транспорте можно представить в виде следующих соотношений, представленных в таблице 26[25].

Таблица 26 - Величины выбросов природного газа

Соотношения	Показатели, %
Общая величина выбросов природного газа на КС	100
При пусках и остановах ГПА	73
Утечки (фугитивные выбросы):	
- уплотнения запорной арматуры по штоку	1,70
- фланцевые и резьбовые соединения	1,86
- предохранительные клапаны	0,47
- уплотнения затвора свечной запорной арматуры	1,90
- уплотнения компрессоров	1,80
- другое технологическое оборудование	0,81
Ремонтные работы, аварийные ситуации и др.	1,46

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На компрессорной станции наиболее возможная чрезвычайная ситуация – это пожар или взрыв. В основе аварий могут лежать как технические причины (износ оборудования, его разрушение, нарушение технологического процесса, отказ электроники и механических средств предотвращения появления опасных факторов, таких как повышение давления), так и человеческий фактор.

Для того, чтобы уменьшить возникновения ЧС и повысить устойчивость объекта проводятся следующие мероприятия:

1. Организация технической диагностики оборудования, коммуникаций, их техническое обслуживание и ремонт.
2. Использование современных приборов контроля и сигнализации.
3. Проведение периодических и внеочередных инструктажей с обслуживающим персоналом, медицинских обследований работников на предмет соответствия их здоровья установленным требованиям.
4. Соблюдение всех правил и требований работы с оборудованием, неукоснительное соблюдение согласованных технологических режимов работы оборудования.

Пожаровзрывоопасность

Опасность возникновения пожаров на предприятиях газовой промышленности определяется прежде всего физико-химическими свойствами природного газа, который при несоблюдении определенных требований безопасности воспламеняется, вызывает пожары и взрывы, влекущие за собой аварии.

Для того чтобы предотвратить ЧС, связанные с возникновением пожаров необходимо применять следующие меры безопасности: в каждом цехе, на складе и других объектах на основе действующих правил пожарной безопасности должны быть разработаны противопожарные инструкции с учетом специфики производства, а также оперативный план ликвидации пожара, и проводиться систематические тренировки персонала по тушению пожара. На КС должны иметься схемы пожарного водопровода с указанием мест установки пожарных гидрантов и кранов.

Требования по использованию первичных средств пожаротушения:

- огнетушители углекислотного типа (ОУ-2, ОУ-6, ОУ-7 и т. д.) – для осуществления тушения загораний различных горючих веществ, за исключением тех, горение которых происходит без доступа воздуха.
- полотно из асбеста, войлок (кошма) необходимы для того, чтобы тушить небольшие очаги возгорания любых веществ и материалов, процесс горения которых не может происходить без доступа воздуха.
- Песок – для механического сбивания пламени и изоляции, горящего или тлеющего материала от доступа воздуха [27].

5.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с нормативными документами, к работе на компрессорной станции допускаются только лица, достигшие 18-летнего возраста, которые прошли медицинский осмотр и не имеют противопоказаний, обученные безопасным методам ведения работы, прошедшие инструктаж на рабочем месте и получившие допуск к самостоятельной работе [28].

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

В федеральном законе РФ от 28.12.2013 № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [29], указано, что с вредными условиями труда сталкиваются рабочие на предприятиях горной и угольной промышленности, на металлургическом и абразивном производстве, в нефтяной и химической промышленности.

Компенсация за вредные условия труда и ее размер устанавливается на основании статей Трудового кодекса, коллективного договора или иных внутренних документов предприятия. Законодательно предусмотрено, что люди, работающие в опасных условиях, могут получать такие гарантии и компенсации [29]:

- уменьшение количества рабочих часов (36 часов в неделю и меньше),
- оплачиваемый отпуск, являющемся дополнительным и предоставляемым каждый год (не меньше 7 календарных дней),
- происходит рост оплаты труда (не меньше 4% от оклада),
- льготы для пенсионного обеспечения,
- бесплатное лечение и оздоровление,
- выдача расходных материалов – спецодежды, обеззараживающих средств.

Для наиболее безопасного и эффективного ведения работ рабочее место должно быть правильно организовано. Рабочая зона, ее оснащенность и оборудование, которые применяются в соответствии с характером выполняемой работы, должны обязательно обеспечивать безопасность рабочего, сохранение его здоровья и поддержание работоспособности всего персонала организации. [30] Важно, чтобы организация осуществляла проверку и оценку состояния охраны труда и промышленной безопасности, которая включает в себя следующие уровни и формы контроля:

- проведение постоянного контроля рабочими исправности технологического оборудования, инструмента и других средств защиты на рабочих местах согласно инструкциям по охране труда;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

- проведение периодического оперативного контроля, который проводится руководителями работ и подразделений организации согласно их должностным обязанностям;
- проведение выборочного контроля состояния условий труда в подразделениях предприятия, проводимый службой охраны труда согласно утвержденным планам.

Проведение инструктажа по технике безопасности и обучение безопасным приемам и методам работы проводит инженер по охране труда (при наличии данной должности) или лицо, исполняющее его обязанности.

Также важно осуществлять проведение регулярных учебно-тренировочных занятий, направленных на приобретение устойчивых навыков применения технических средств и приспособлений, СИЗ и соблюдения мер безопасности в период проведения производственных мероприятий.

					Социальная ответственность	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Планово-предупредительный ремонт (ППР) // neftegaz URL: http://neftegaz.ru/tech_library/view/4036-Planovo-predupreditelnyj-remont-PPR
2. Устройство и эксплуатация компрессорной станции магистрального газопровода // AlBest URL: https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00520930_0.html
3. ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИЙ АГРЕГАТ // Газпром трансгаз Ставрополь URL: <https://stavropol-tr.gazprom.ru/press/proekt-azbukaproizvodstva/gazoperekachivayushchij-agregat>
4. <https://neftegaz.ru/tech-library/transportirovka-i-khranenie/141724-gazoperekachivayushchij-agregat-gpa/>
5. Насосы и компрессоры: учебник // А. А. Гершун, В. И. Хабибуллин, Ю. В. Романов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. - 458 с.
6. Автоматизированная система безопасности электроприводных газоперекачивающих агрегатов БАБИЧЕВ С.А., КРЮКОВ О.В., ТИТОВ В.Г.
7. Татлыев Р.Д., Артеева Т.Е., Цыганенко Н.Д., Гончарова А.В., Чечеренко Е.А., Совершенствование условий эксплуатации и обслуживания газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным типом привода // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2019. № 3. С. 30–32
8. НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ И ОБРАЗОВАНИИ // АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ АО ГПА Н.В. Попова, Н.В. Лапик., П.Э. Полоумов 64-67 с.

					Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
Разраб.		Романов Ю.Р.				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
Руковод.		Гончаров Н.В.					78
Рук. ООП		Чухарева Н.В.					85
					Список литературы		
					Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		

9. Седов В. В., Сальников С. Ю., Щуровский В. А. Современная газокompрессорная техника-результат совместной деятельности производителей и потребителей //Компрессорная техника и пневматика. – 2014. – No. 8. 2 с.
10. Ю. Ф. Федяков Ремонт турбомашин и оборудования компрессорных станций магистральных газопроводов. Часть II. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА. Учебное пособие. 22 с.
11. КС-4 Иван Москвитин "Нимнырская" // Транспортная логистическая компания Дельта URL: <https://tlcdelta.ru/?p=678>
12. АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ УСЛОВИЙ ДЛЯ ПРОХОЖДЕНИЯ // АО ГПА Н.В. Попова, Н.В. Лапик., П.Э. Полоумов. 63 с.
13. ТЕПЛООБМЕННИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК // Теплообменные аппараты в системах маслоснабжения турбин URL: <https://tlcdelta.ru/?p=678>
14. Федосеев А. Ю/ Повышение эффективности работы газотурбинного газоперекачивающего агрегата авиационного типа в межремонтный период: дис. Александр Владимирович Калинин Строительство и эксплуатация нефтегазопроводов, баз и хранилищ наук: 25.00.19. - 2019. - 25 с.
15. Насосы. Компрессоры // Анализ дефектов опорных элементов газоперекачивающих агрегатов компрессорных станций магистральных газопроводов. // П.С. Кунина, Е.И. Величко, А.Е. Нижник, А.В. Музыкантова, М. Абессоло – 68 с.
16. ЖУРНАЛ «СТА» // Опыт импортозамещения в газовой отрасли – САУ «КАСКАД» МОРДОВЧЕНКО ДМИТРИЙ, ДЕРЕВЯНКИН АЛЕКСАНДР, МАРТЫНОВ АЛЕКСАНДР
17. ГОСТ 12.1.003 - 2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности

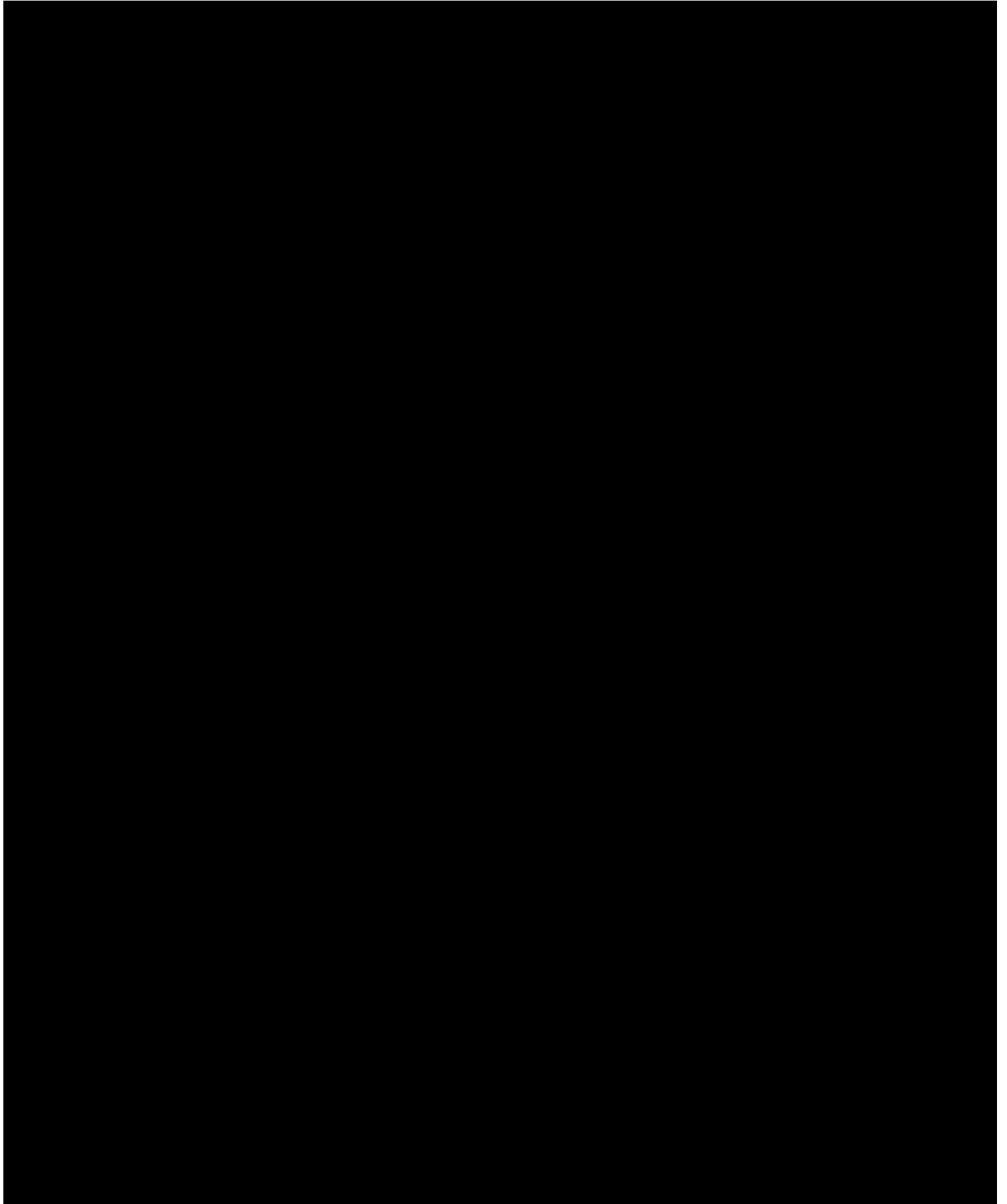
										Лист
										79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

18. ГОСТ 12.1.012–2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.
19. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий.
20. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение.
21. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
22. ГОСТ 12.2.011-2012 ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные. Общие требования безопасности
23. ПБ 03-576-2003. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Утверждён постановлением Ростехнадзором России от 11.06.03 №91, 19.06.2003
24. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод.
25. РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа
26. «Технологический регламента на проектирование компрессорных станций»
27. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
28. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
29. Федеральный закон от 28.12.2013 №426 – ФЗ, О специальной оценке условий труда. – М.: МЦФЭР, 2014. – 120 с
30. ГОСТ 12.3.002–75. ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

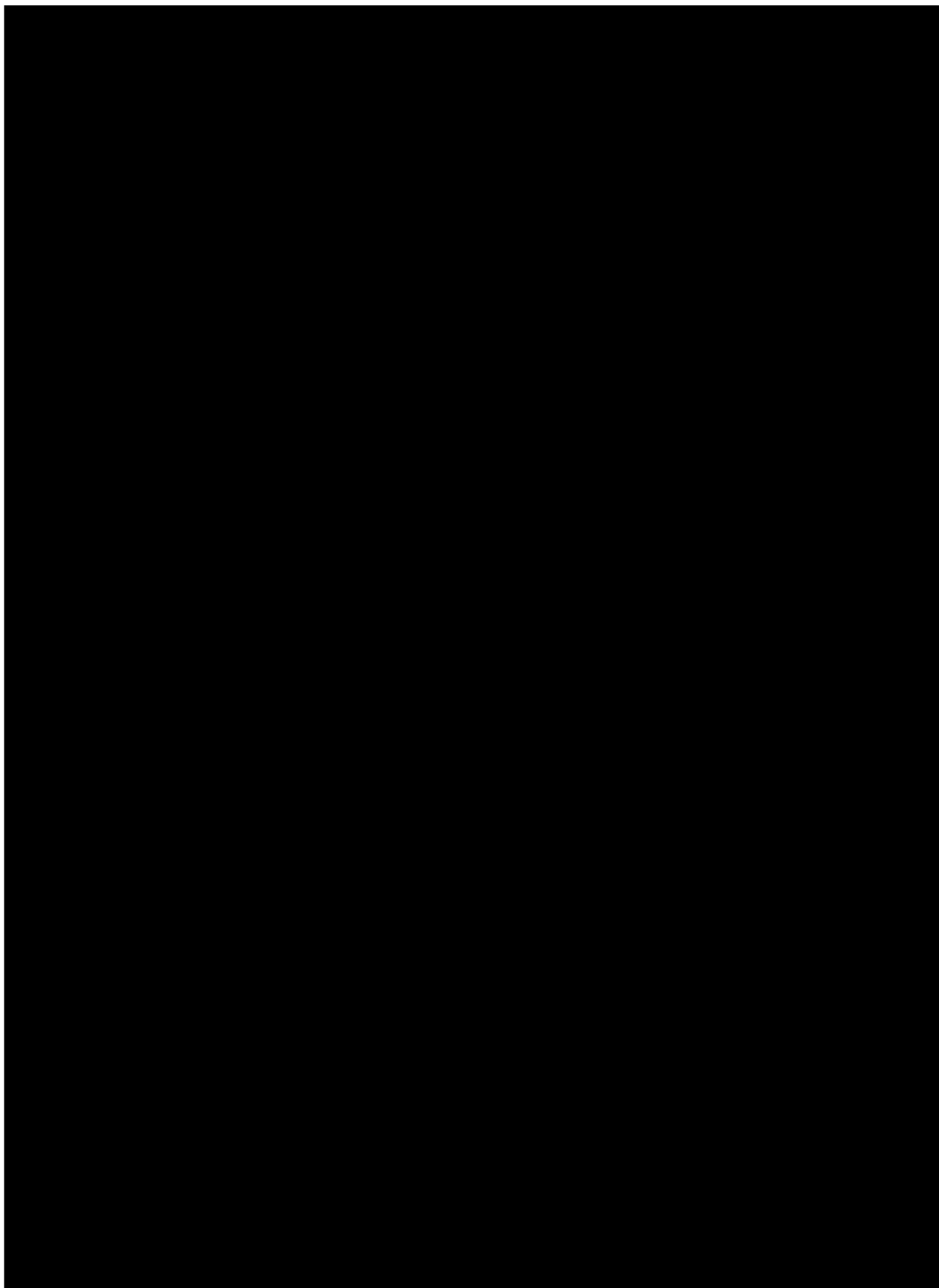
					Список литературы	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ПРИЛОЖЕНИЯ

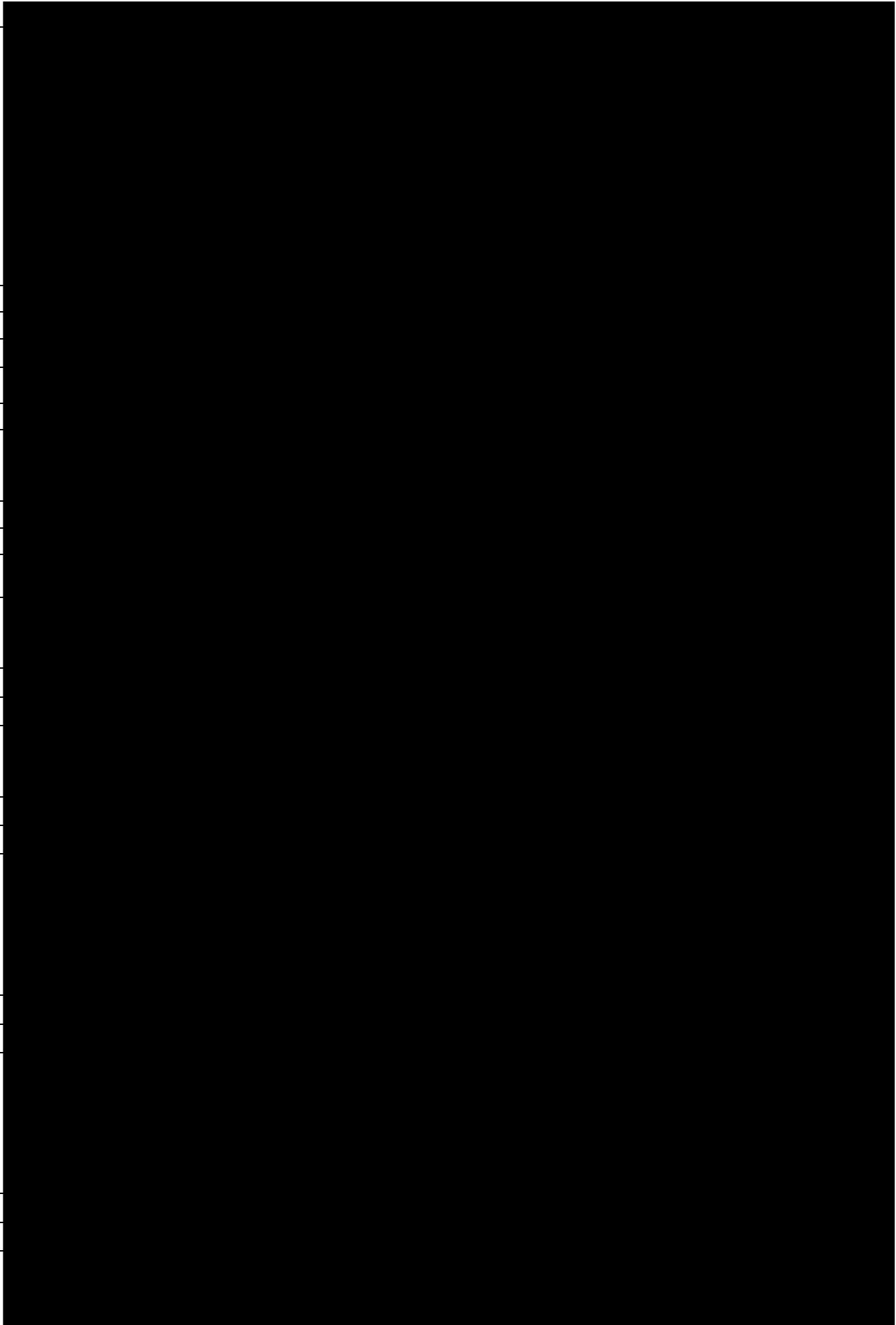
Приложение А – Технологическая схема ГПА-16У



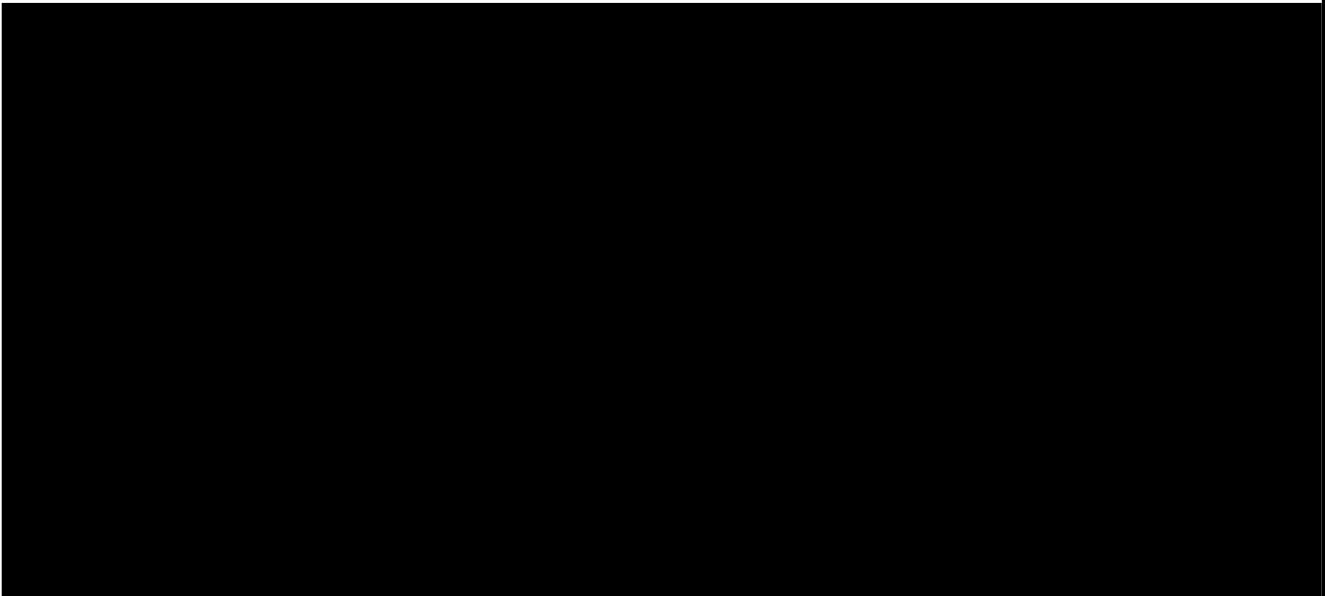
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка комплекса мероприятий по минимизации аварийных остановов на ГПА			
Разраб.		Романов Ю.Р.			Приложения	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Гончаров Н.В.					81	85
Рук. ООП		Чухарева Н.В.				Отделение нефтегазового дела Группа 2Б92		



					Приложения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



					Приложения	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Приложение В – Опасные и вредные факторы при проведении работ на КС

Виды работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-88)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Работы по оценке напряженно-деформированного состояния линий влсасывания и нагнетания на КС	Физические		
		Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.2.011-2012 ССБТ
		Электрический ток	
		Повышенное значение напряжения	ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ
		Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением	ПБ 03-576-2003 ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ
		Пожаровзрывобезопасность на рабочем месте	ПБ 03-576-2003 32 ФЗ – от 22.07.2013г. №123
	Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны		СанПиН 2.2.4.548-96 СНиП 2.04.05.86
	Превышение уровней шума		ГОСТ 12.1.003-2014
	Превышение уровней вибрации		ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03
	Недостаточная освещенность рабочей зоны		СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 СП 52.13330.2011
	Химические		
		Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ
	Биологические		
		Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися	ГОСТ 12.1.008-78 ССБТ