

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

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»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</b>

УДК 622.692.4.052-048.78

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б5Д	Слабов Владимир Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Сечин А.А.	к.т.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<b>ОНД ИШПР</b>	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

## ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ

### БАКАЛАВРИАТА

*Планируемые результаты обучения*

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<b><i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i></b>		
<b>Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b>		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1, ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, УК-3, УК-4, УК-5, УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов  в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16, ПК-17, ПК-18),  (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромыслового оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
Р7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6,  ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
Р8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30),  (АВЕТ-3с), (ЕАС-4.2-е).</i>
<b>Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b>		
Р9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9, ПК-14), требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>

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

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»  
 Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП ОНД ИШПР  
 \_\_\_\_\_ Брусник О.В.  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

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

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б5Д	Слабову Владимиру Николаевичу

Тема работы:

Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№ 59-109/с от 28.02.2020г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

*Объектом исследования является насос магистральный НМ 10000-210, установленный на НПС «Парабель». В насосе установлен ротор с производительностью 10000 м<sup>3</sup>/час*

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><i>Аналитический обзор по литературным источникам, насосного оборудования, его детализированный состав. Анализ работы конкретного насоса и взаимодействующих с ним систем. Анализ причин возникновения неисправностей. Анализ принятых решений имеющихся неисправностей. Разработка комплекса мероприятий на повышение эффективности работы насоса.</i></p>
--	--

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

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
---	--

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Рыжакина Т.Г., доцент
«Социальная ответственность»	Сечин А.А., ассистент

<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б5Д	Слабов В.Н.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б5Д	Слабову Владимиру Николаевичу

<b>Инженерная школа</b>	Природных ресурсов	<b>Отделение</b>	Нефтегазовое дело
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	<i>Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки</i>

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</p> <p>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</p> <p>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</p>	<p>1. <i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску, оклады в соответствии с положением об оплате труда сотрудников НИ ТПУ.</i></p> <p>2. <i>1,3 районный коэффициент; 16% накладных расходов.</i></p> <p>3. <i>Отчисления по страховым выплатам на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность – 27,1 %</i></p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</p>	<p><i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i></p>
<p>2. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет и риски</p>	<p><i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i></p>
<p>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности</p>	<p><i>Расчет показателей ресурсоэффективности. Определение интегрального показателя эффективности научного исследования</i></p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	31.01.2020
--	------------

Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Рыжакина Т.Г.	к.э.н.		31.01.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Б5Д	Слабов В.Н.		31.01.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Б5Д	Слабову Владимиру Николаевичу

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

Тема ВКР:

<b>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</b>	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Магистральный насос НМ 10000-210 предназначенный для создания напора в магистральном трубопроводе, установленный в задании основной насосной НПС «Парабель»</i>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>— организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<i>Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2002 г. N 188 "Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки".</i>

<p><b>2. Производственная безопасность:</b>  2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов  2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><i>К вредным факторам на объекте относятся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Недостаточная освещённость рабочей зоны;</li> <li>- Превышение уровней шума;</li> <li>- Превышение уровней вибрации;</li> </ul> <p><i>К опасным факторам относятся</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Пожаровзрывобезопасность</li> <li>- Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования</li> <li>- Электрический ток</li> </ul>
<p><b>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p><i>Нефть, попадая в воду, растекается вследствие ее гидрофобности по поверхности, образуя тонкую нефтяную пленку, которая перемещается со скоростью примерно в два раза большей, чем скорость течения воды.</i></p> <p><i>Последствия возникновения нефтяного загрязнения почв носят губительный характер: происходит массовая гибель почвенной мезофауны. Изменяются фотосинтезирующие функции высших растений. Дыхание почв также чутко реагирует на загрязнение нефтепродуктами.</i></p> <p><i>При попадании в атмосферу вредные вещества физико-химически преобразуются, а впоследствии либо рассеиваются, либо вымываются. Уровень загрязнённости атмосферы находится в прямой зависимости от того, произойдет ли перенос этих веществ на большое расстояние от их источника, либо их скопление останется локальным.</i></p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p><i>Прогнозируются следующие чрезвычайные ситуации:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отключение электроэнергии;</li> <li>- взрыв паровоздушной смеси в помещении насосной;</li> <li>- пожар в помещении насосной.</li> </ul> <p><i>Наиболее опасной для производства и жизни людей чрезвычайной ситуацией является взрыв. Спрогнозируем вероятные разрушения при взрыве</i></p>

	<i>паровоздушной смеси в помещении насосной, в случае разлива нефти.</i>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Сечин А.А.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Б5Д	Слабов Владимир Николаевич		

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

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 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
17.01.2020	<i>Введение</i>	10
27.02.2020	<i>Общая часть</i>	20
27.03.2020	<i>Расчеты и аналитика</i>	20
27.04.2020	<i>Финансовый менеджмент</i>	10
30.04.2020	<i>Социальная ответственность</i>	10
11.05.2020	<i>Заключение</i>	10
14.05.2020	<i>Презентация</i>	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД ИШПР	Брусник О.В.	к.п.н, доцент		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 101 с., 32 рис., 24 табл., 30 источников.

Ключевые слова: подшипник скольжения, насос нефтяной магистральный.

Объектом исследования является головная нефтеперекачивающая станция с основным магистральным насосом типа НМ 10000-210.

Цель работы – Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции.

В процессе исследования проводились анализ проблем опорного узла нефтяного магистрального насоса НМ 10000-210.

В результате исследования предложены: решения по снижению вибрации агрегата, мероприятия по снижению температуры подшипника, измененная конструкция лабиринтного уплотнения.

Область применения: магистральный транспорт нефти

Экономическая эффективность/значимость работы позволит, повысить качество эксплуатации насосного агрегата, уменьшить количество отказов, увеличит качество ремонта подшипника скольжения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции		
Разраб.		Слабов В.Н.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.				12	101
Консульт.					НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					

## СОКРАЩЕНИЯ

НПС – нефтеперекачивающая станция

ЛЧ – линейная часть

СОД – средства очистки и диагностирования

РНУ – районное нефтепроводное управление

НМ – насос магистральный

НОУ – насос откачки утечек

ФГУ – фильтр-грязеуловитель

ЕП – емкость подземная

РД – регулятор давления

РД – руководящий документ

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика

САР – система автоматического регулирования

НТД – нормативно-техническая документация

РДП – районный диспетчерский пункт

СКУТОР – системы контроля и управления техническим обслуживанием и ремонтом

СУООС – системы управления и охраны окружающей среды

ССБТ – система стандартов безопасности труда

					Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Слабов В.Н.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>				13	101
<i>Консульт.</i>					НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>					
					<i>Сокращения</i>		

## НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

ГОСТ 12.3.047-98. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

ГОСТ Р ИСО14001-98. Система управления охраной окружающей среды. Требования и руководство по применению.

ГОСТ Р ИСО 14031-2001. Управление окружающей средой. Оценивание экологической эффективности. Общие требования.

РД 153-39ТН-008-96. Руководство по организации эксплуатации и технологии технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций.

РД 08-183-98. Правила оформления и хранения документации, подтверждающей безопасность величины максимально разрешённого рабочего давления при эксплуатации объекта магистрального трубопровода

ВППБ 01-05-99. Правила пожарной безопасности при эксплуатации магистральных нефтепроводов.

ВНТП 2-86. Нормы технологического проектирования магистральных нефтепроводов.

СниН 3.05.05-84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.

СНиП 2.05.06-85. Строительные нормы и правила. Магистральные трубопроводы.

СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы. Нормы проектирования.

СНиП 2.09.03-85. сооружение промышленных предприятий.

НПБ 105-95. Определение категорий помещений и зданий по взрывоопасности.

ОР 14.00-74.20.40-КТН-003-1-03. Положение по техническому регулированию системы магистрального нефтепроводного транспорта ОАО АК «Транснефть».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции			
Разраб.		Слабов В.Н.			Нормативные ссылки	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.					14	101
Консульт.						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

ОР 14.00-74-20.20-КТН-003-1-03. Регламент учётной регистрации и кодирования нормативных документов в системе магистрального нефтепроводного транспорта ОАО АК «Транснефть».

СТП-24.00-74.20.55-КТН-003-1-04. Система управления окружающей средой. Структура и ответственность.

СТП-24.00-74.20.55-КТН-004-1-04. Система управления окружающей средой. Планирование.

СТП-24.00-74.20.55-КТН-007-1-04. Система управления окружающей средой. Управление документацией.

СТП-24.00-74.20.55-КТН-013-1-04. Система управления окружающей средой. Аудит СУОС.

СТП-24.00-74.20.55-КТН-014-1-04. Система управления окружающей средой. Анализ со стороны руководства.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>17</b>
<b>1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>19</b>
1.1. Климатические и природные условия района .....	19
1.2. Характеристика предприятия .....	19
1.3. Нефтеперекачивающая станция НПС «Парабель» .....	21
1.4. Маслосистема .....	23
1.5. Насос магистральный НМ 10000-210 .....	29
1.6. Анализ причин отказов магистральных насосов и аварийных остановок НПС .....	42
1.7. Анализ вида трения в подшипниках и смазочного слоя .....	42
1.8. Режим жидкостного трения и условия его образования .....	45
1.9. Покрытие в подшипниках скольжения.....	47
1.10. Способ чистовой обработки поверхности скольжения .....	48
1.11. Анализ неисправностей и способы их устранения.....	51
<b>2. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА .....</b>	<b>54</b>
2.1. Входные данные .....	55
2.2. Расчет минимально допустимых зазоров в подшипниках .....	55
2.3. Расчет теплоотвода из рабочей зоны подшипника .....	59
2.4. Анализ системы насос- электродвигатель.....	62
2.5. Анализ системы насос магистральный насос подпорный .....	63
2.6. Предлагаемое исполнение лабиринтного уплотнения .....	65
2.7. Предлагаемый метод обработки вкладыша .....	66
<b>3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РУСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>67</b>
3.1. Проведение предпроектного анализа .....	67
3.2. Планирование научно-исследовательских работ .....	73
3.3. Бюджет научно-технического исследования. Основная заработная плата исполнителей темы. ....	77
3.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	84
<b>4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>87</b>
4.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....	87
4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	89
4.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....	93
4.4. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	95
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>98</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>99</b>

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Слабов В.Н.</i>				<i>Оглавление</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Брусник О.В.</i>						11	101
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>					НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире нефть является ключевым материалом экономики. Из данного сырья производят множество материалов, а также топливо. Но переработка нефти производится на нефтеперерабатывающих заводах. И, следовательно, возникает необходимость доставки сырья на перерабатывающие заводы. Существует несколько способов перемещения нефти. Наиболее продуктивным является транспортировка по трубам. Компания ПАО «Транснефть» является лидером в области транспортировки добытой нефти. Механизм, заставляющий пульсировать нефть по трубам — это насос, в нашем случае магистральный насос НМ 10000-210. Насос состоит из множества элементов и самостоятельных узлов, без которых он недееспособен. Вращаемый элемент насоса — это ротор это он, при вращении создает необходимый напор в трубопровод и расход. Но для первого поворота ротора и последующего его вращения необходимо создать вокруг насоса станцию с комплексом вспомогательного оборудования и, не мене важным, чем сам насос, электродвигателя. Так же смонтировать трубопроводы подачи и отвода нефти с емкостями для хранения, называемыми резервуарами.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции. Из сказанного выше видно, что к основному оборудованию относится магистральный агрегат. Эффективность по определению это способность выполнять работу и достигать необходимого результата с наименьшими трудозатратами. При подготовке к данной работе был произведен опрос эксплуатационного и ремонтного персонала о наличии существующих проблем и неисправностей при эксплуатации и ремонте магистрального насоса НМ 10000-210, а также рассмотрены тренды.

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Слабов В.Н.</i>				<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Брусник О.В.</i>						17	101
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Брусник О.В.</i>							
						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		

Основной упор сделан на подшипники скольжения, так как после увеличения производительности, а именно замене ротора с  $Q=7000$  м<sup>3</sup>/час на  $Q=10000$  м<sup>3</sup>/час, наблюдается повышенная температура подшипника скольжения с рабочей стороны и увеличение виброскорости во всех точках агрегата.

В работе описано влияние температуры на подшипниковые опоры, на их срок службы и межремонтный период.

Для обсуждения предоставлены: измененная конструкция лабиринтного уплотнения, метод проведения шабрения вкладышей подшипников и изменение диаметра рабочего колеса для работы агрегата в номинальном режиме.

Задачами, поставленными, перед автором работы являются: разработка мероприятий направленных на номинальную работу насосного агрегата в условиях установленного ротора с большей производительностью, решение проблемы повышенного нагрева подшипника скольжения, устранение причин протекания масла через лабиринтное уплотнение.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

# 1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

## 1.1. Климатические и природные условия района

Район исследуемого участка в климатическом отношении представляет собой область среднего приобья Западно-Сибирской равнины.

Климат на территории района расположения предприятия резко континентальный. Зима холодная и гораздо продолжительнее лета. Лето теплое. Весна и осень коротки. Присутствуют резкие изменения температуры в течение года, месяца и суток. Зимний период – более шести месяцев.

Самый холодный месяц - январь с резкими колебаниями температуры от минус 14 °С до минус 30°С. Самый жаркий месяц - июль со средней температурой от плюс 15°С до плюс 28 °С.

Устойчивый снежный покров образуется в октябре, ранний срок 2 октября, поздний 8 ноября. Средняя величина снегового покрова 50-90 см.

Глубина промерзания до 2-х метров на открытой площадке и до 1 метра в лесу. Из основных инженерно-геологических особенностей присутствуют промерзание и пучинистость, вследствие морозов, грунта.

Глубина промерзания почвы составляет около 2 м.

Влажность воздуха высокая до 80%. Большое количество осадков и слабые испарения создают благоприятные условия для образования болот и озер.

## 1.2. Характеристика предприятия

АО «Транснефть Центральная Сибирь» это дочернее предприятие ПАО «Транснефть». Общество создано в целях реализации технических и социально-экономических интересов акционеров при безусловном обеспечении интересов РФ в области транспортировки по магистральным нефтепроводам нефти, газа и продуктов их переработки, а также с целью извлечения прибыли.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции			
Разраб.		Слабов В.Н.			Общая часть	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.					19	101
Консульт.						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

РНУ «Парабель» – филиал АО «Транснефть Центральная Сибирь».

Вид деятельности РНУ «Парабель»:

- транспортирование нефти по МН;
- эксплуатация оборудования и трубопроводов;
- хранение и перекачка нефти;
- анализ количества загрязнённых веществ, поступающих в водоёмы и атмосферу;
- складирование и временное хранение материалов;
- проведение работы, направленной на организацию хозяйственной деятельности предприятия;
- реконструкция, техническое перевооружение и своевременный капитальный ремонт действующих основных фондов;
- ликвидация и предупреждении аварий и аварийных ситуаций возникающих на ЛЧ и НПС;
- организация мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС;
- обеспечение единства измерений при учёте количества и качества нефти;
- ремонт труб, фасонных изделий, насосного и другого оборудования, запорной арматуры, приборов контроля и регулирования для магистральных нефтепроводов;
- обеспечение правильной эксплуатации машин и механизмов, транспортных средств, зданий, сооружений, вентиляционных и других установок;
- охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов;
- деятельность по предупреждению и тушению пожаров.

РНУ имеет две линии электроснабжения, а также оснащена дизель генераторами для автономного подключения, что обеспечивает бесперебойность технологических процессов.

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						20
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 1.3. Нефтеперекачивающая станция НПС «Парабель»

НПС «Парабель» является головной нефтеперекачивающей станцией с резервуарным парком на технологическом участке «Александровская - Парабель» магистрального нефтепровода «Александровское - Анжеро - Судженск». На НПС «Парабель» осуществляется приём, хранение и перекачка нефти по нефтепроводу  $D_y=1220$  мм. «Александровское - Анжеро - Судженск», а также прием нефти по нефтепроводу «Игольско - Таловое - Парабель»  $D_y=420$  мм. (участок МН «Игольско - Таловое - Парабель» 0-86 км.) и  $D_y=530$  мм. (участок МН «Игольско - Таловое - Парабель» 73-397,7 км.) и ее перекачка по нефтепроводу «Александровское - Анжеро - Судженск».

В состав НПС «Парабель» входят:

- основная насосная – 4 модернизированных насосных агрегата НМ-10000-210, сменными роторами номинальной производительностью  $Q=7000$  м<sup>3</sup>/ч, сменными роторами номинальной производительностью  $Q=10000$  м<sup>3</sup>/ч;
- подпорная насосная – 4 насосных агрегата НГПНА–3600-120 с электродвигателями АЗВ 1600/10000-4УХЛ1, один насосный агрегат внутристанционных перекачек 12НДС-Нм;
- ЗРУ-10 кВ;
- резервуарный парк – 2 резервуара типа РВС–20000 и 6 резервуаров типа РВСП–20000;
- узел регулирования давления с двумя регуляторами  $D_y=600$  мм.,  $P_y=80$  кгс/см<sup>2</sup> типа ЗР-600-8,0;
- аналитическая лаборатория;
- блок измерения качества нефти – БИК (3 шт.);
- фильтры-грязеуловители МН «Александровское – Анжеро - Судженск»  $D_y=1400$  мм.,  $P_y=40$  кгс/см<sup>2</sup> (3 шт.);
- фильтры-грязеуловители МН «Игольско - Таловое - Парабель»  $D_y=1000$  мм.,  $P_y=40$  кгс/см<sup>2</sup> (3 шт.);
- фильтры-грязеуловители подпорной насосной  $D_y=1200$  мм.,  $P_y=16$  кгс/см<sup>2</sup> (3 шт.);

					Общая часть	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- узел предохранительных клапанов на входе в резервуарный парк НПС «Парабель» МН «Александровское – Анжеро - Судженск»: СППК-200-16 – 13 шт.;

- узел предохранительных клапанов на входе в резервуарный парк НПС «Парабель» МН «Игольско - Таловое - Парабель»: СППК-200-16 – 3 шт.;

- узел предохранительных клапанов подпорной насосной: СППК-200-16 – 5 шт.;

- технологические трубопроводы с запорной аппаратурой;

- очистные сооружения НПС;

- сеть трубопроводов промышленно-ливневой и бытовой канализации с колодцами;

- водонасосная: два центробежных насосных агрегата ЦН-400-105А, два резервуара противопожарного запаса воды объемом  $V=1000$  м<sup>3</sup> каждый;

- пожарный водоём объемом  $V=16000$  м<sup>3</sup>;

- сеть трубопроводов пожаротушения (водопроводы) с водяными гидрантами, колодцами с задвижками, блок-боксами с задвижками;

- система хозяйственно-питьевого водоснабжения;

- система откачки утечек и дренажа;

- станция автоматического пожаротушения, блок-боксами электроприводных задвижек.

Технологическая схема обеспеченная на НПС «Парабель» позволяет производить работу станции в разных режимах. Один из таких режимов «через резервуары» предполагает, что нефть поступает в резервуарный парк, а затем на насосные агрегаты и в трубопровод, режим «с подключенными резервуарами» обеспечивает перекачку нефти из поступающего трубопровода с подпиткой из резервуаров, режим «из насоса в насос» обеспечивает подъем напора в трубопроводе и нефть не поступает в резервуарный парк. А также возможна транзитная перекачка по МН «Александровское - Анжеро - Судженск», т.е. минуя НПС.

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						22
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

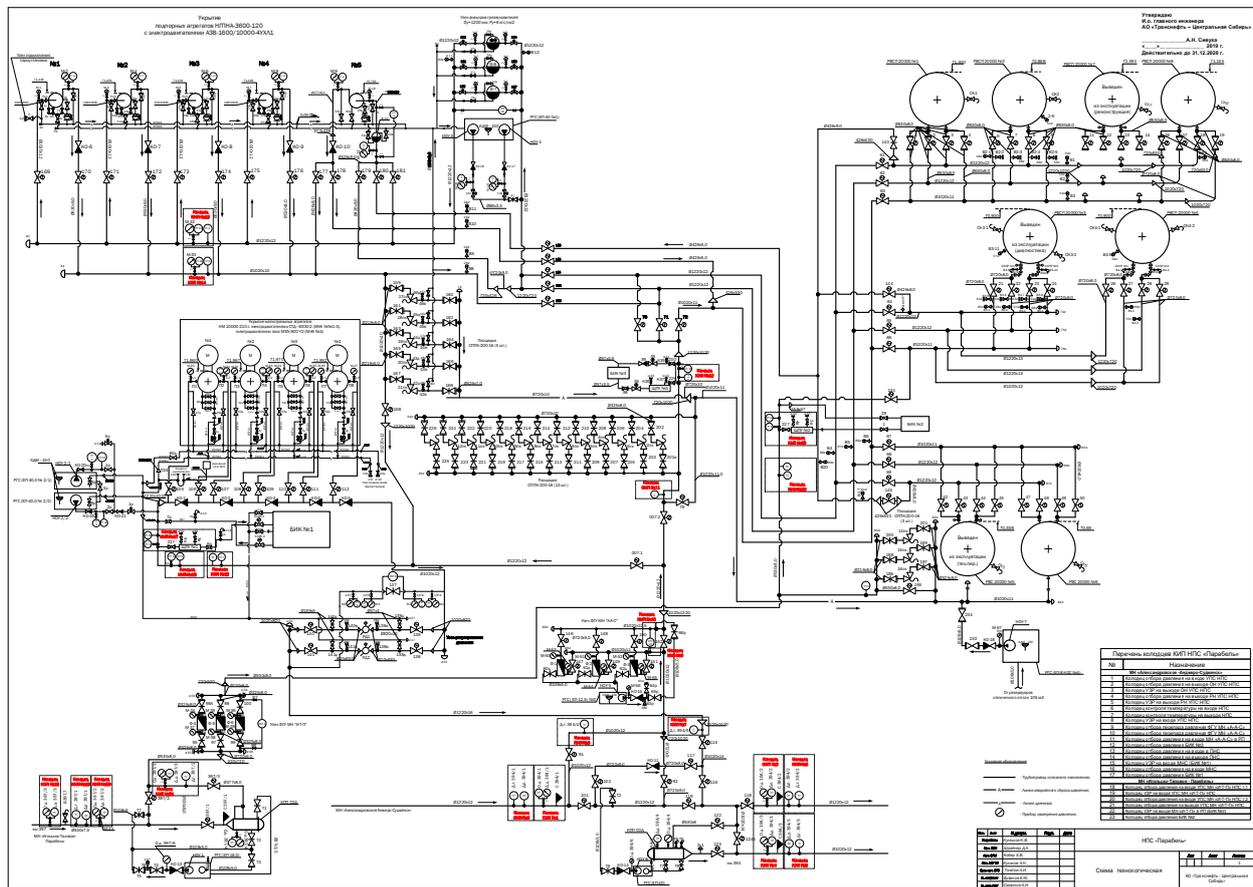


Рисунок 1 Технологическая схема НПС

#### 1.4. Маслосистема

Маслосистема эксплуатируемая на насосной станции предназначена для смазки и охлаждения подшипников магистральных насосных агрегатов. Система предусматривает хранение запасов чистого масла, закачку его в расходные маслобаки и откачку отработанного масла.

Централизованная маслосистема монтируется в заглубленном состоянии, что позволяет маслу с подшипников самотеком поступать в маслобаки. На НПС «Парабель» маслосистема располагается в электростанции.

Параметрами системы требующими постоянный контроль являются: давление масла перед подшипниками НА, температура масла, перепад давления на фильтрах, уровень масла в рабочем, резервном и аккумулирующем маслобаках, герметичность к внешней среде.

Существует два варианта подачи масла на подшипники: динамический и статический. При динамической подаче давление масла создается за счет маслонасосов и поступает на смазку подшипников МНА и в аккумулирующий

										Лист
										23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общая часть					

маслобак. При статической подаче масло из аккумулирующего маслобака, расположенного в верхней части здания, под действием гидростатического давления поступает на подшипники МНА.

Маслобаки предназначены для сбора с подшипников и «отдыха» масла (охлаждение, выпадение осадка). На крышке маслобака смонтирован воздушник для вентиляции внутренней полости. На боковой поверхности указатель уровня масла в баке для визуального замера. Внутренняя поверхность бака оснащена тремя перегородками для уменьшения пенообразования. Дно бака выполнено с уклоном в одну сторону для облегчения опорожнения и очистки. Сигнализаторы уровня контролируют максимальный и минимальный уровень масла в маслобаке. В нижней части маслобаков установлены патрубки для отбора проб масла.

Насос шестеренчатый Ш-40. Рабочий механизм состоит из двух шестерней: ведущей, которая соединяется с валом электродвигателя, и ведомой. В тот момент, когда зуб ведомой шестерни входит в зацепление с межзубным пространством ведущей шестерни, происходит выдавливание масла. Таким образом, создается напор масла в напорном патрубке. В этот момент с другой стороны рабочего механизма зуб ведомой шестерни выходит из зацепления с межзубным пространством ведущей шестерни – создается вакуум. Так происходит всасывание масла в приемный патрубок насоса



Рисунок 2. Насос Ш-40

Насосы такого типа способны создавать очень высокое давление, что может привести к повреждению корпуса насоса и запорной арматуры.

					Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

В связи с этим в корпус насоса вмонтирован предохранительный клапан, который при определенном давлении открывается и создает перетекание масла из приемного патрубка во всасывающий.

Фильтры предназначены для очистки масла от механических примесей. Фильтры для очистки масла имеют сменные фильтрующие элементы. При перепаде давления на фильтре более 0,05 МПа фильтр подлежит чистке. В работе должен находиться один фильтр.

Аппараты воздушного охлаждения (АВО) масла предназначены для поддержания температурного баланса в маслосистеме. Два агрегата в работе, один в резерве. Кроме того, в состав АВО входят осевые вентиляторы для охлаждения масла, обвязочные трубопроводы и запорная арматура; для регулирования количества отводимого тепла предусматривается автоматическое включение или отключение одного или нескольких вентиляторов АВО. Для вывода АВО в ремонт или для снижения количества отводимого тепла аппарат отключается при помощи запорной арматуры, расположенной в помещении маслосистемы. При отсутствии необходимости охлаждения масла (например, в зимний период) подача смазки на МНА осуществляется через байпасную линию АВО.

Аккумулирующий бак предназначен для сбора, хранения и, в случае аварийной остановки маслонасосов, подачи масла под действием гидростатического давления на смазку подшипников агрегатов.

Высота установки аккумулирующего бака зависит от давления необходимого на подшипники агрегатов, которое должно быть – не менее 0,04 МПа.

При замене масла, заполнение чистым маслом осуществляется с бака для чистого масла при использовании шестеренчатого насоса, установленного специально для этих целей, который подает чистое масло в основные баки.

Давление масла, перед подшипниками магистрального насоса и электродвигателя, контролируется манометром и реле давления. На линии слива масла с каждого подшипника установлено смотровое окно для

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						25
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

визуального контроля протока масла (обязательный контроль протока при подготовке агрегата к пуску).

### 1.1.1. Регулирование рабочих параметров маслосистемы

Количество смазки, подаваемой на подшипники НА, должно соответствовать требованиям изготовителей оборудования, указанным в соответствующих руководствах по эксплуатации.

Регулирование количество смазки, подаваемой к подшипникам НА, осуществляется изменением диаметра отверстий в дроссельных шайбах. Диаметр отверстий дроссельных шайб определяется расчетным методом и корректировкой при производстве наладочных работ.

Изменение диаметра отверстий в дроссельных шайбах влечёт за собой изменение давления перед подшипниками. Корректировка величины давления осуществляется при помощи регулирующей арматуры, установленной на байпасном трубопроводе приёмного и напорного коллектора маслонасосов, а также в обвязке аккумулирующего маслобака. При этом необходимо контролировать наличие потока в переливном трубопроводе аккумулирующего маслобака, что является свидетельством его заполнения и нормальной работы. Вместе с тем, поток в переливном трубопроводе не должен быть слишком большим, т.к. он частично заполняет сливной коллектор системы смазки (обратку) и может препятствовать нормальному стоку масла из подшипников МНА.

Маслосистема НПС «Парабель» предназначена для принудительной смазки подшипников скольжения и радиально-упорных подшипников магистральных насосов НМ-10000-210 и их электродвигателей.

На НПС «Парабель» эксплуатируется безнапорная статическая маслосистема (с возможностью переключения на напорную). Система состоит из :

- двух насосов типа Ш-40 (в работе только один, один всегда в резерве);
- насоса типа Ш-2-25 (необходимого для замены масла в маслосистеме);
- фильтров для очистки масла;

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						26
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

- УВО масла АВМ-В-9-Ж;
- двух рабочих маслобаков  $V=2,2\text{ м}^3$  и одного аккумулирующего маслобака  $V=0,8\text{ м}^3$ ;
- нагнетательного и двух сливных коллекторов с запорной арматурой;
- ёмкости для резервного хранения масла  $V=5,0\text{ м}^3$ .
- в маслосистеме применяется турбинное масло Тп-22.
- кроме указанного оборудования на рабочих маслобаках установлены сигнализаторы уровня по два на каждом маслобаке: один – «Аварийный максимальный уровень», второй – «Минимальный уровень» и «Предельный максимальный уровень».

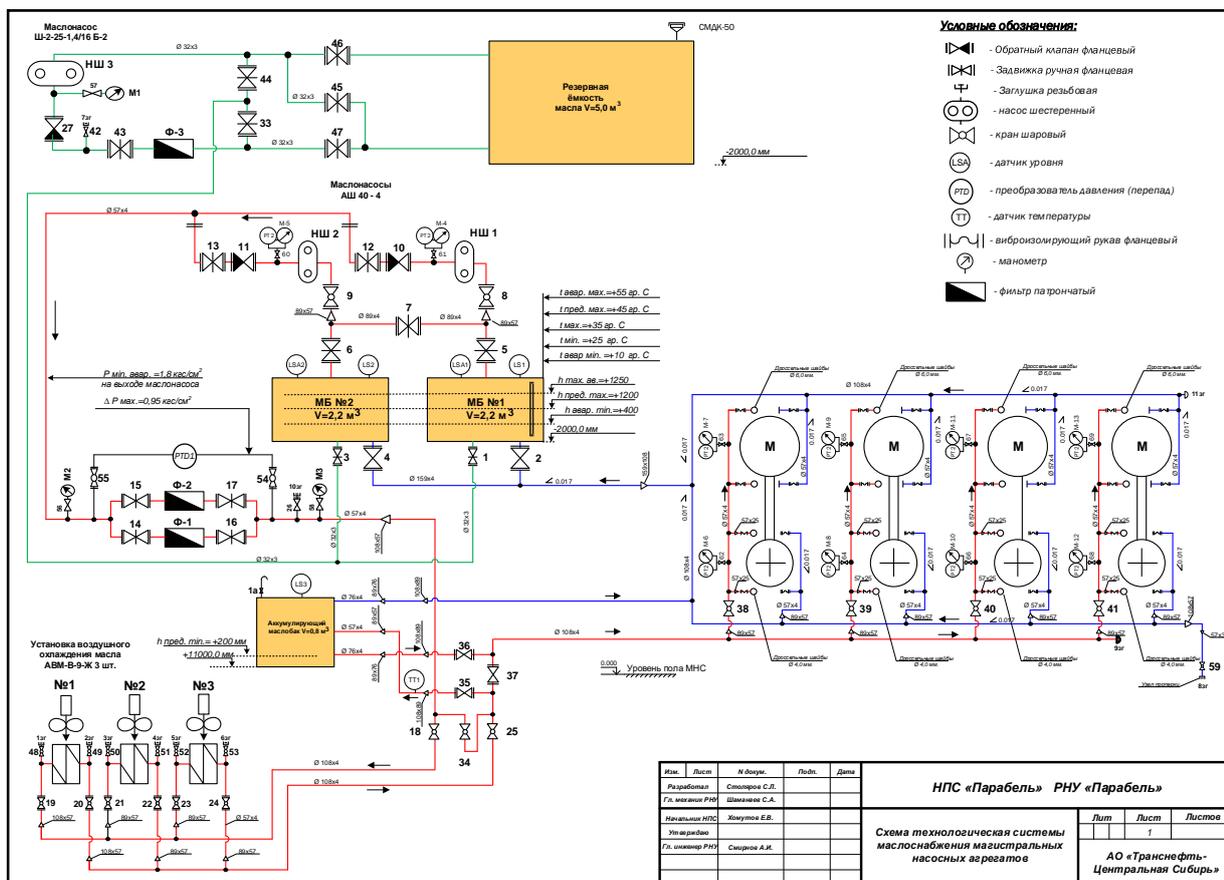


Рисунок 3 Технологическая схема маслоснабжения НПС

Резервная ёмкость, выполненная заглубленной вне электрозала основной насосной, оборудована замерным люком, люком для налива масла, дыхательным клапаном с огнепреградителем, также ёмкость подключена к системе теплоснабжения, для поддержания требуемой температуры масла в зимний период. Аккумулирующий маслобак оборудован сигнализатором уровня – «Аварийный минимум».

Сливные маслопроводы на электродвигателях и насосах оборудованы смотровыми окнами.

На напорных маслопроводах как электродвигателя, так и насоса установлены дроссельные шайбы – для регулирования расхода масла. На подшипники электродвигателя – 6мм, на подшипники насоса 4мм.

Подбор диаметра дроссельных шайб производится в процессе эксплуатации агрегата опытным путём, в среднем от 4,0 до 7,0 мм.

Маслосистема работает следующим образом:

- Из рабочего бака, рабочим маслонасосом, масло подается через фильтр на установку воздушного охлаждения и попадает в аккумулирующий бак, откуда по трубопроводу поступает в подающий коллектор и на агрегаты. Затем по сливным коллекторам масло поступает в маслобак. Далее цикл повторяется.

- Аккумулирующий бак служит для обеспечения статического давления масла на агрегатах. Величина давления зависит от высоты установки бака. Бак установлен на отметке 11 м. от уровня разъема подшипников агрегата (на кровле здания основной насосной), что позволяет поддерживать давление масла на агрегатах  $0,3 \text{ кгс/см}^2$  не менее 5 минут выбега ротора при прекращении подачи электроэнергии на маслонасосы при подаче масла на все агрегаты.

- Регулировка давления масла на агрегатах осуществляется шаровыми кранами:

а) Минимально допустимое давление масла  $0,3 \text{ кгс/см}^2$ .

б) Максимально допустимое давление масла  $0,8 \text{ кгс/см}^2$ .

Для основных агрегатов НПС «Парабель» давление масла в процессе эксплуатации должно составлять  $0,4 - 0,6 \text{ кгс/см}^2$ ;

Задвижки подачи масла на выведенных из резерва насосных агрегатах должны быть закрыты.

Рабочая температура масла в общем коллекторе должна находиться в пределах от  $+ 25^\circ\text{C}$  до  $+ 55^\circ\text{C}$ , при повышении температуры масла свыше допустимых пределов, включаются 3 вентилятора маслоохлаждения. При температуре ниже установленных пределов маслосистема работает по байпасной линии, минуя АВО.

					Общая часть	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Во время эксплуатации маслосистемы необходимо следить за качеством масла. Для контроля за качеством масла следует не менее 1 раза в квартал проводить лабораторный анализ масла. Требования, предъявляемые к турбинному маслу:

- температура вспышки не менее 150°С;
- содержание влаги не более 0,25 %;
- содержание механических примесей не более 1,5 %;
- кислотное число не более 1,5 мг/КОН на 1 г масла.

### 1.5. Насос магистральный НМ 10000-210

Магистральный насос - насос, предназначенный для перекачки между НПС по трубопроводам нефти с показателями: температура от - 5 до +80 градусов Цельсия, содержание механических примесей по объему не более 3 см<sup>2</sup>/с, не более 0,05 % и размером не более 0,2мм

Разъём корпуса – горизонтальный – вдоль вала, входной и выходной трубопроводы подсоединяются к нижней части корпуса. Конструкция обеспечивающая вскрытие, осмотр, ремонт, замену ротора, подшипников и остальных внутренних деталей без демонтажа подводящих и отводящих трубопроводов и в некоторых случаях без отсоединения от электродвигателя. Необходимо только произвести снятие крышки насоса.

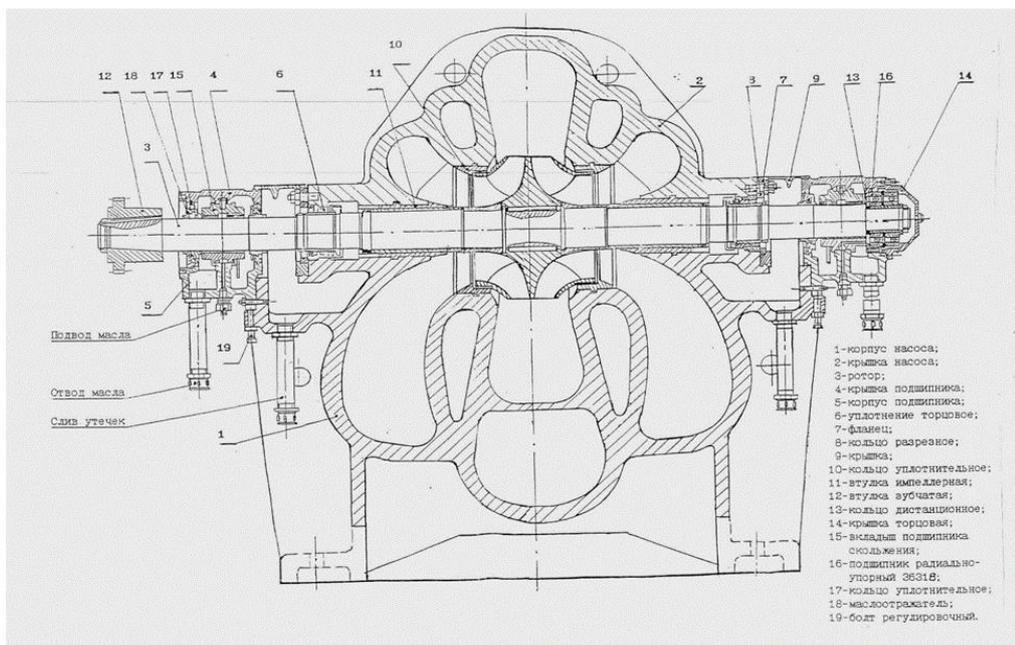


Рисунок 4 Насос НМ

						Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			29

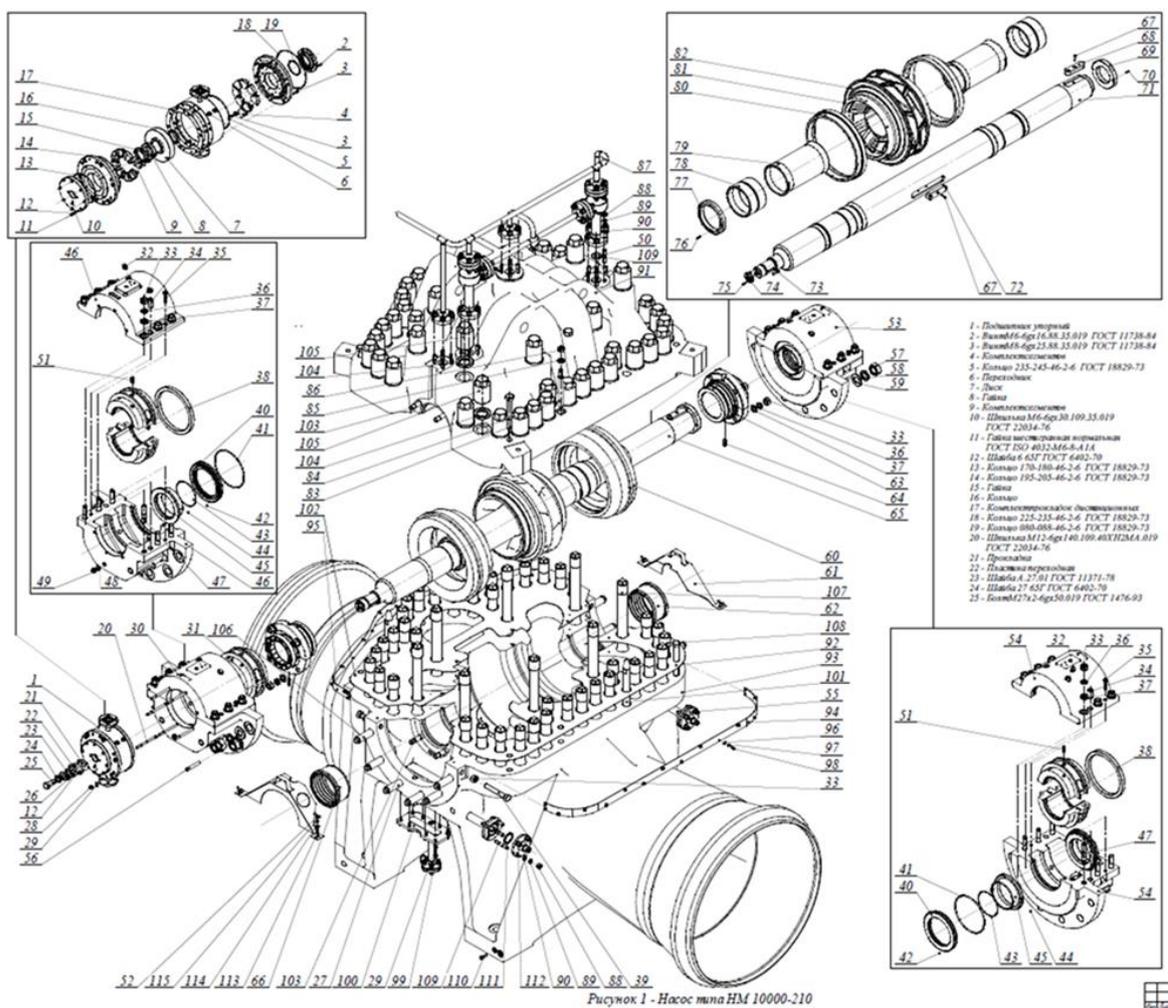


Рисунок 5 Детализировка насоса НМ

Основными элементами насоса являются: корпус, ротор в сборе, торцовые уплотнения, трубопроводы подачи нефти с камеры высокого давления на торцевые уплотнения, циклонные сепараторы и подшипники.

Основной и самой массивной деталью насоса является корпус, состоящий из двух частей и имеющий разъем в горизонтальной плоскости. Верхняя и нижняя половина корпуса соединяются шпильками в комплекте с колпачковыми гайками. Для обеспечения герметичности соединения корпуса применяется прокладка толщиной 1 мм. Толщина более 1мм или менее не допускается.

### 1.1.2. Гидравлическая характеристика центробежных насосов

Основные параметры насоса – это напор (давление), подача, мощность, КПД и кавитационный запас.

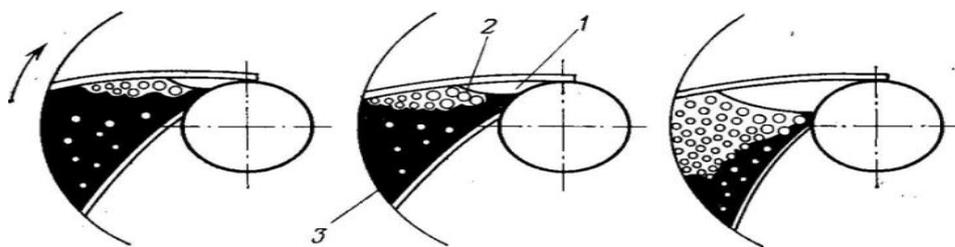
									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общая часть				

Действительная характеристика насоса отличается от теоретической тем, что при ее построении учитываются реальная жидкость, потери напора в рабочем колесе и проточной части корпуса, и тем, что рабочее колесо насоса имеет конечное число лопаток.

### 1.1.3. Кавитация

Кавитация – нарушение сплошности потока, образование пузырьков (каверн) с последующим их всхлопыванием (микровзрывом).

Пузырьки скапливаются на лопастях ротора и при микровзрыве образуется ударная волна, проходящая через пузырек и ударяемая о рабочее тело агрегата. Внешне наблюдается холодное кипение. Образование каверн хорошо проиллюстрировано на рисунке 6.



начальная стадия

развитая кавитация

супер кавитация

Рисунок 6. Стадии развития кавитации

При входе их в область повышенного давления у рабочего колеса, пары сразу конденсируются, пустоты мгновенно с ударом «захлопываются», в результате соударений в толще жидкости возникают гидравлические микроскопические удары.

Насос в режиме кавитации издает повышенный шум, внутренний треск, возникает повышенная вибрация, а при максимально развившейся кавитации – гидравлическими ударами.

Кавитационный износ возникает вследствие локальных гидравлических ударов жидкости в зоне кавитации, в результате на поверхности детали возникают микроскопические углубления, которые затем сливаются, образуя глубокие каверны (раковины). Кавитация сопровождается также химическим разрушением материала насоса под действием кислорода и других выделившихся газов. Действие кавитации усиливается, если жидкость содер-

жит взвешенные абразивные вещества (песок).

Для создания нормальных (бескавитационных) условий все центробежные насосы работают с необходимым кавитационным запасом, т. е. на входе насоса создается дополнительное давление (подпор), сверх давления насыщенных паров перекачиваемой жидкости.

#### **1.1.4. Анализ методов регулирования характеристик**

Применяется несколько способов регулирования характеристик насоса.

Изменение частоты вращения рабочего колеса. Возможно несколько вариантов используемого оборудования для изменения частоты вращения это использование частотного регулирования электродвигателя, это применение гидромфты, либо использование полупроводниковых преобразователей. Эти методы основаны на регулировании частоты электродвигателя либо использования промежуточного элемента между насосом и электродвигателем. Использование данных методов регулирования дают возможность уменьшить гидроудары, возникающие в системе, при помощи плавного пуска и останова, и также снизить кавитационный запас насоса.

Обточка рабочего колеса. Использование такого метода как, обточка рабочего колеса позволяет расширить применение центробежного насоса а так же в некоторых случаях найти компромисс в решениях. Обточке подвергаются не только лопасти, но и сами диски и производится эта операция на специализированном предприятии. К главному недостатку такого метода можно отнести то, что обточенное колесо уже не вернешь к своим первоначальным размерам. Согласно данным из источников, допустимый размер обточки находится в пределах 8-15% от диаметра колеса. Но в крайних случаях этот допуск увеличивают до 20%.

#### **1.1.5. Ротор насоса**

Ротор это самостоятельная единица насосного агрегата, устанавливаемая в насос в сборе, предварительно пройдя балансировку.

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						32
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Ротор предназначен для преобразования механической энергии (крутящего момента и частоты вращения) приводного ЭД НА в кинетическую энергию потока жидкости.

Обозначение ротора: РН12.005.120.00-04-С

Тип ротора: НМ10000/Q10000

Подача: 10000м<sup>3</sup>/час

Частота вращения (Q): 3000 об/мин

Днар=505 мм

Длинна 2470 мм

Напор: 210

Масса: 429 кг

После балансировки, остаточная неуравновешенность:

Плоскость 1: 0,3 г\*мм/кг (допуск 1,2 г\*мм/кг),

Плоскость 2: 0,4 г\*мм/кг (допуск 1,2 г\*мм/кг),

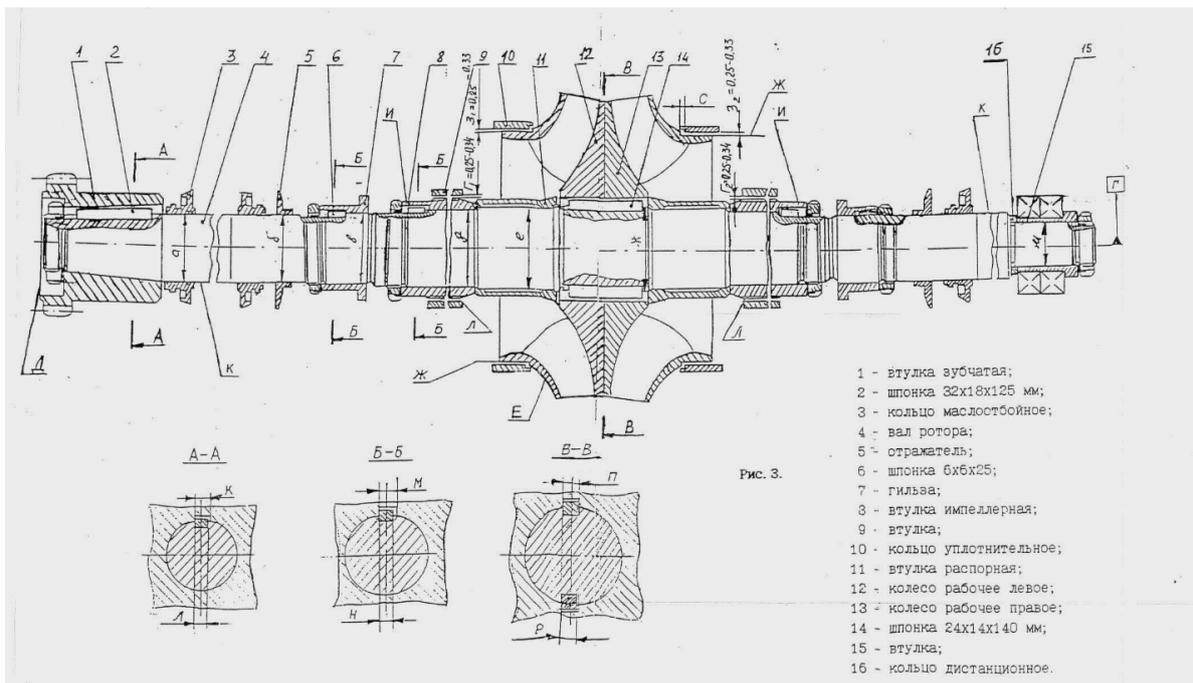


Рисунок 7 Ротор насоса НМ

В составе ротора находятся:

вал (рисунок 8);

рабочее колесо, состоящее из двух половин;

гильзы защитные;

детали крепежные.

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Общая часть				

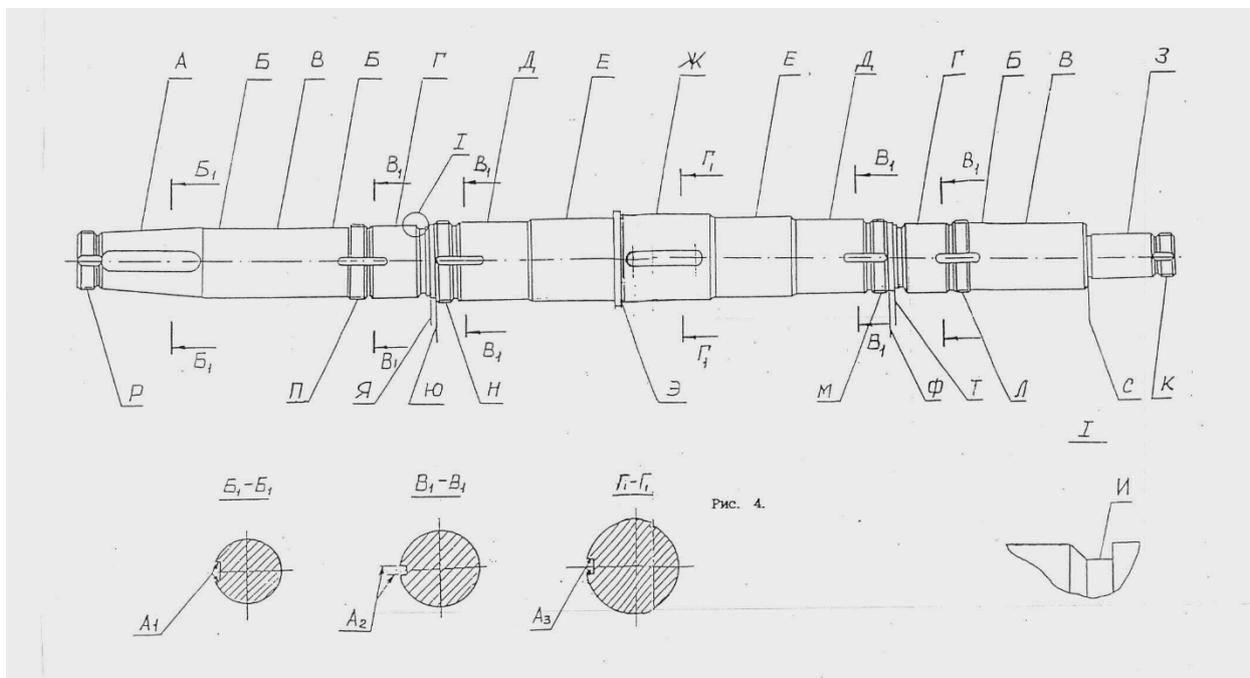


Рисунок 8 Вал ротора

### 1.1.6. Подшипники

Подшипники скольжения служат в качестве опор для ротора. Смазка подшипников осуществляется централизованного маслоснабжения, принудительно. Необходимое количество масла, поступающее на подшипники, регулируется при помощи шайб с калибровочным отверстием, называемыми дроссельными шайбами. Они смонтированы на, подводящем масле к подшипникам, трубопроводе.



Рисунок 9. Подшипник скольжения и качения

					Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Используемые подшипники на насосе подразделяются на группы:

- радиальные, воспринимающие перпендикулярные нагрузки;
- упорные, воспринимающие осевые усилия;
- радиально - упорные и упорно-радиальные, воспринимающие как те, так и другие нагрузки.

По виду трения в кинематической паре подшипники подразделяются на подшипники качения и подшипники скольжения.

#### Подшипники качения

Подшипник качения (рисунок 10) состоит из наружного кольца с дорожкой качения на внутренней поверхности, внутреннего кольца с дорожкой качения на внешней поверхности, сепаратора с установленными в него шариками или роликами.



1 – наружное кольцо; 2 – внутреннее кольцо; 3 – тела качения (шарики); 4 – дорожка качения (сепаратор)

Рисунок 10. Подшипник качения

#### Достоинства и недостатки

#### Достоинства подшипника качения:

- сравнительно недорогие;
- небольшие потери на трение, незначительный износ;

- высокая степень взаимозаменяемости, что облегчает ремонт машин, малый расход смазки, не требуют особого внимания и ухода.

Недостатки подшипника качения:

- высокая чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам (большая жесткость конструкции);

- недолговечны и как следствие малонадежны;

- радиальные размеры сравнительно большие;

- присутствует шум при использовании на больших скоростях.

Подшипники скольжения

Подшипник скольжения являются опорой вала, который вместе с шейкой вала представляет вращательную кинематическую пару.

Подшипники скольжения бывают разборные и неразборные (цельные). У разборных подшипников корпус состоит из двух половин, верхней и нижней (Рисунок 12, 13). У неразборных корпус не делится. В неразборные подшипники втулка из антифрикционного материала запрессовывается, а у разборных наплавляется на внутреннюю часть подшипника. Изготавливают корпуса подшипников из чугуна или стали, а вкладыш материала выбирают таким, что бы обеспечивался наименьший коэффициент трения.

Подшипники скольжения бывают разъемными и неразъемными. При выборе неразъемного подшипника, вкладыш в виде втулки запрессовывается в отверстие корпуса. Вкладыш разъемного подшипника состоит из двух частей – нижней и верхней, которые монтируются в корпусе и крышке подшипника.

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						36
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### Опорный подшипник



Рисунок 11. Подшипник скольжения

В магистральных насосах типа НМ используются радиальные, разъемные подшипники, «постели» вкладышей которых залиты антифрикционным материалом – баббитом марки Б-83 (Рисунок 12, 13).



Рисунок 12 Верхняя часть подшипника



Рисунок 13 Нижняя часть подшипника

Дефекты, вызывающие необходимость ремонта подшипника скольжения:

- подплавление или выкрашивание баббитовой заливки или образование на вкладыше наплыва баббита (рисунок 14);

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата



Рисунок 14 Отсутствие смазки или его перегрев

- износ вкладышей с увеличением зазоров между поверхностями трения подшипника и вала (попадание механических примесей, наличие рисок на шейке вала);

- нарушение чистоты рабочих поверхностей вкладышей;

- отслоение антифрикционного слоя от вкладыша подшипника.

Если раковины и выкрашивания имеют площадь более 1/4 площади вкладыша, и если наблюдается отслоение баббита – вкладыши подшипников перезаливают.

Как таковой ремонт подшипников скольжения не производится. При критическом износе производится замена втулки или вкладыша, с восстановлением канавок для масла и отверстий. В некоторых случаях производится дозаливка вкладыша с последующей обработкой.

Масло поступает в зону трения через ненагруженную часть подшипника

В местах стыка вкладышей имеются неглубокие полости так называемые холодильники. Функция этих холодильников заключается в распределении поступающего масла по всей длине подшипника. При обслуживании и ремонте необходимо следить за наличием данных полостей.

Также на подшипниках имеются канавки. Длину канавки делают не более 0,8 от всей длины вкладыша. Используется два вида канавок: с острыми

					Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

кромками, для задержания продуктов износа и с закруглениями при надежной системе очистки масла.

Достоинства: надежная работа при больших скоростях; способность противодействовать возникающим ударным и вибрационным нагрузкам благодаря демпфирующего действия смазочного материала; сравнительно тихая работа; сравнительно небольшие габариты; при демонтажа с насоса для проведения ремонта или замены нет необходимости демонтировать муфту; простота конструкции.

Недостатки: необходим постоянный контроль и надзор в процессе эксплуатации, требует к использованию качественную смазку и в большом количестве; антифрикционный материал боится перегрева; имеет сравнительно большие осевые размеры; увеличенные потери на трение при периоде пуска и недостаточности смазки.

Центровка ротора в корпусе насоса осуществляется перемещением корпусов подшипников при помощи регулировочных винтов. После выставления ротора, подшипник штифтуется.

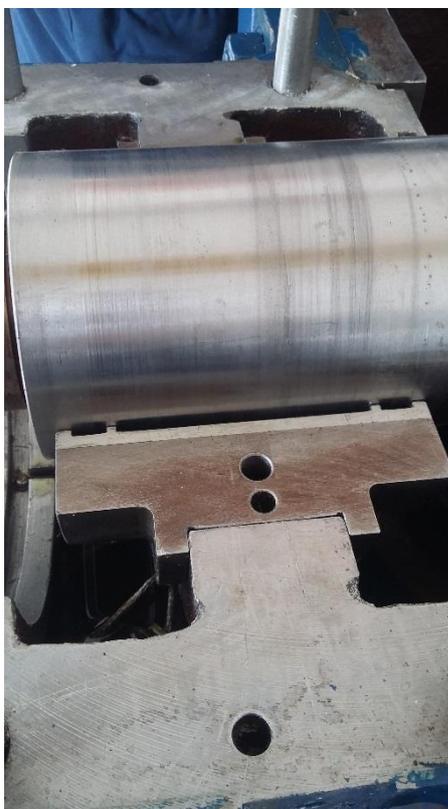


Рисунок 15 Вал установлен в подшипник

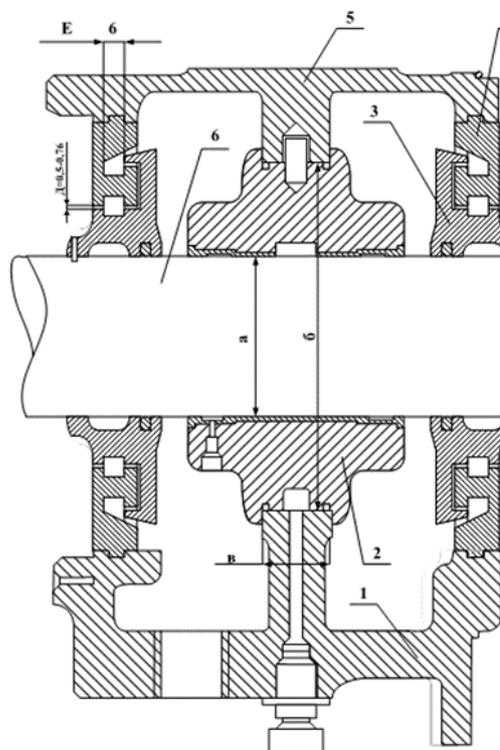


Рисунок 16 Подшипниковый узел

В некоторых насосах типа НМ, НПВ применяются гидродинамические подшипники скольжения

Опорные гидродинамические подшипники компании «John Crane Bearing Technology» («ЖСВТ»), которые способны удовлетворить различные технические требования по окружной скорости, устойчивости и отклонению вала, компенсируя его смещения.

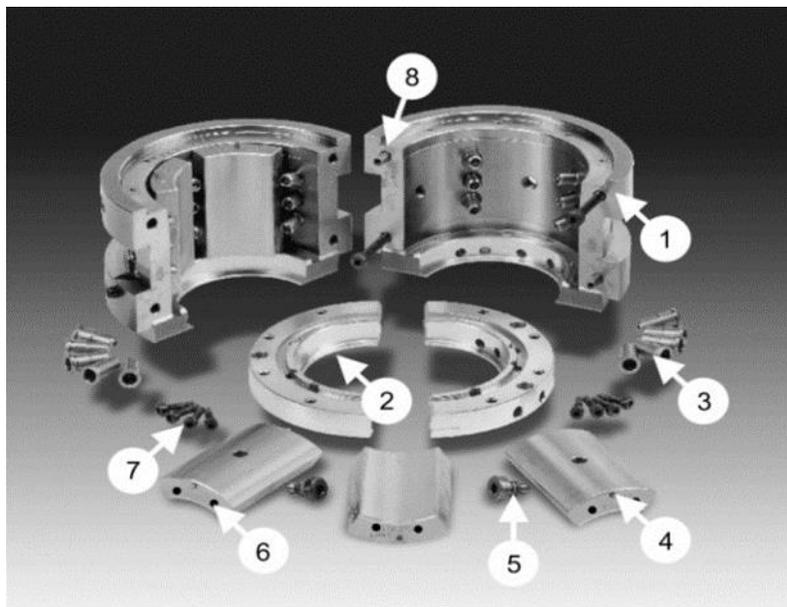


Рисунок 17. Самоустанавливающийся сегментный радиальный подшипник

Самоустанавливающийся сегментный радиальный подшипник состоит из:

- 1) Корпуса;
- 2) Фланцевого уплотнения;
- 3) Форсунок;
- 4) Самоустанавливающегося радиального сегмента;
- 5) Зажимных винтов радиального сегмента подшипника;
- 6) Отверстий термодатчика;
- 7) Зажимных болтов фланцевого уплотнения;
- 8) Конических штифтов;

Сами подшипники обычно удерживаются в корпусе узла подшипника с помощью фиксирующих штифтов по всей окружности. Задняя сторона самоустанавливающегося радиального сегмента профилирована по радиусу, что обеспечивает свободный ход сегмента, при этом точка наклона остается

неизменной независимо от угла сегмента. Основное преимущество данной конструкции — это создание оптимальных динамических характеристик вала.

Как у самоустанавливающихся радиальных подшипников, так и у самоустанавливающихся упорных подшипников есть сегменты, которые качаются, обеспечивая идеальную геометрию, и как следствие, оптимизируя несущую способность, потерю мощности, проток масла и температуру масляного клина.

Перед установкой узла подшипника в корпус проводится всесторонний расчет на основе протокола замера и данных диаметра вала. На основании расчета заводом-изготовителем поставляются подшипники с гарантированным зазором 0,08 мм для опорного и 0,15 мм для упорного.

Элементы скольжения подшипника изготовлены с высочайшей точностью, категорически запрещается обрабатывать их вручную.

Требуемые зазоры по уплотнениям ротора (рисунок 18) приведены в таблице 1.

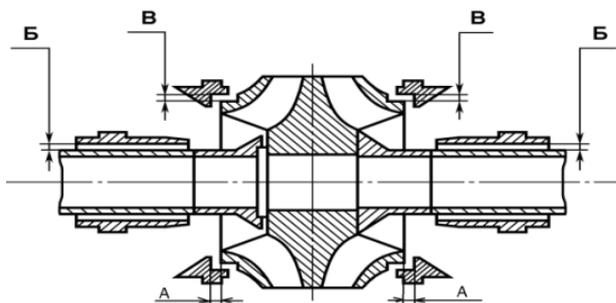


Рисунок 18 – Зазоры по уплотнениям ротора

Таблица 1 - Зазоры по уплотнениям ротора

Типоразмер насоса	Величина зазора, мм		
	А (между уплотнительным кольцом и торцом рабочего колеса)	Б (между втулкой корпуса и валом)	В (между уплотнительным кольцом и бандажным кольцом)
10000-210	10	0,4-0,5	0,3-0,38

Вкладыш подшипника (бабитовый) устанавливается в корпус подшипника скольжения. После установки в насос требуется проведение операции шабрения

Внутренний диаметр 114,90

## 1.6. Анализ причин отказов магистральных насосов и аварийных остановок НПС

Магистральные насосы:

- повышенные утечки нефти (нефтепродукта) в торцевых уплотнениях (износ трущейся пары; износ резинотехнических изделий; заклинивание, (заедание) пружины; присутствие механических примесей при работе торцевого уплотнения; скопление парафина в ТУ);
- разрушение или повреждения подшипников скольжения;
- разрушение или повреждения радиально-упорного подшипника;
- неисправность возникшая в соединительной муфте;
- вибрация агрегата выше допустимой (расцентровка; дисбаланс ротора и соединительной муфты; наличие посторонних элементов в рабочем колесе; ослабление затяжки анкерных болтов);
- негерметичность корпуса насоса по отношению к внешней среде (в том числе, негерметичность по разъему «корпус-крышка»);
- просачивание масла через лабиринтные уплотнения вследствие износа.

## 1.7. Анализ вида трения в подшипниках и смазочного слоя

Задачами, стоящими перед смазочным материалом являются — уменьшения трения, сокращение износа трущихся поверхностей и уменьшения потерь КПД на трение. Также смазка предотвращает попадание загрязняющих веществ в рабочую зону. Применяемые масла, используемые для работы подшипников скольжения должны противостоять износу и возникновению задира, так как работа подшипников происходит с большими статическими и динамическими нагрузками.

В зависимости от режима работы трение в подшипниках скольжения подразделяется на: жидкостное, полужидкостное и граничное.

Жидкостное трение характерно разделением рабочей поверхности подшипника скольжения и рабочей поверхности вала слоем масла, толщина  $h$

					Общая часть	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



может вызывать перегрев и получение отказа в оборудовании. При отсутствии или недостаточном слое масла, который разделяет поверхности трения, возникают соприкосновения на больших участках или по всей поверхности. Также при нарушении подачи смазки возникает граничное трение.

Подшипники, работающие в режиме жидкостного трения, описывает теория гидродинамической смазки. Процесс, протекающий в опоре скольжения при оптимальных условиях жидкостного трения, можно иллюстрировать следующим образом: в состоянии покоя цапфа занимает в подшипнике положение, показанное на рис. 20 (центр ее  $O_1$  располагается в случае вертикальной нагрузки  $P$  непосредственно под центром подшипника  $O$  на линии действия силы  $P$ ). [25, с. 60]

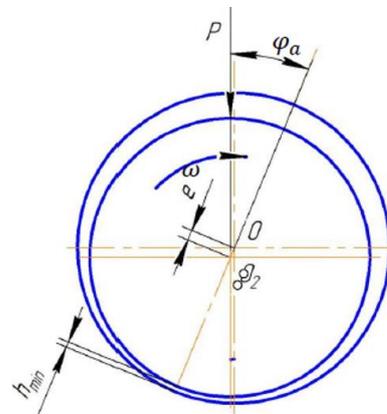
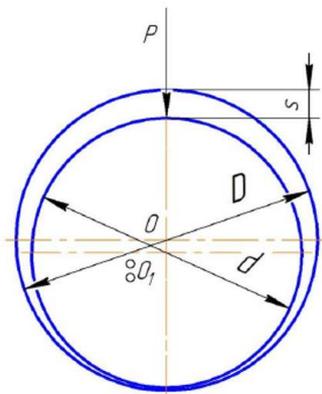


Рисунок 20 Положение

Рисунок 21 Всплытие вала в

неподвижного вала в подшипнике

смазочном слое подшипника

В нижней части, где цапфа соприкасается с подшипником, зазора нет, а на диаметрально противоположной стороне образуется максимальный зазор  $s$  ( $s = D - d$ ), где  $D$  и  $d$  — диаметры подшипника и цапфы с учетом отклонений размеров в соответствии с выбранной посадкой. При определенной скорости вращения, между трущимися поверхностями образуется непрерывный смазочный слой, отделяющий эти поверхности друг от друга (рис. 21). Центр цапфы из точки  $O_2$  смещается в сторону вращения в точку  $O$ , и между поверхностями подшипника и цапфы возникает клиновидный зазор. Смазочный слой, заполняющий этот зазор, называют масляным клином. В сечении плоскостью, проходящей через ось подшипника и линию центров  $OO_2$ ,

					Общая часть	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



дальнейшее течение кривой  $f$  определяется в зависимости от безразмерной характеристики режима работы  $\lambda$  ( $\lambda = \mu\omega/p$ ).

По мере роста значения величины  $\lambda$  толщина слоя смазки увеличивается, с избытком перекрываются все шероховатости, и непосредственный контакт их исключен. При этом сопротивление движению производится исключительно трением между слоями вязкой жидкости, и трение на этом участке кривой является жидкостным (участок 2—3 кривой). С увеличением  $\lambda$  и толщины смазочного слоя коэффициент трения несколько возрастает, соответственно увеличивается и тепловыделение в рабочей зоне подшипника. Теоретически самое выгодное условие работы подшипника скольжения следует искать в точке 2, когда значение коэффициента трения  $f$  минимально. Но при внезапном малейшем уменьшении величины  $\lambda$ , например, вследствие снижения вязкости жидкости или угловой скорости, последует рост коэффициента трения и соответственно большее тепловыделение, что обусловит повышение температуры смазочного слоя и еще большее снижение динамической вязкости смазки  $\mu$ . Так, переход от точки 2 влево влечет за собой прогрессирующее возрастание коэффициента трения. Наоборот, при увеличении  $\lambda$  в зоне жидкостного трения на участке 2—3 кривой работа подшипника характеризуется стабильностью. Если расчетному режиму работы соответствует некая точка, лежащая в промежутке между точками 2 и 3, то при отклонении от заданного режима вправо по направлению к точке 3 коэффициент трения  $f$  увеличится, соответственно возрастет тепловыделение, температура смазочного слоя поднимется, что вызовет снижение динамической вязкости  $\mu$ , и уменьшение  $\lambda$ , т. е. возвращение этой величины к ее расчетному значению. [25, с. 10]

Аналогичный эффект возникнет и при отклонении от расчетного режима влево по направлению к точке 2. При этом коэффициент трения снижается, тепловыделение уменьшается, температура падает, а вязкость возрастает — в результате  $\lambda$  увеличивается, приближаясь к расчетному значению. Следовательно, практически оптимальному режиму работы соответствует не точка 2, а некоторое положение вправо от нее. Образование режима

					Общая часть	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

жидкостного трения является основным критерием расчета большинства подшипников скольжения. При этом одновременно обеспечивается работоспособность по критериям износа и заедания. Для образования режима жидкостного трения необходимо соблюдать следующие основные условия:

1. Зазор, образуемый между скользящими поверхностями, должен обладать клиновидной формой;
2. Непрерывность заполнения зазора маслом соответствующей вязкости;
3. Скорость относительного движения поверхностей должна быть достаточной для создания в слое масла уравнивающего внешнюю нагрузку давления. [25, с. 10]

### 1.9. Покрытие в подшипниках скольжения.

В качестве антифрикционного материала в подшипниках скольжения применяют оловянистый баббит. Этот материал обладает высокими антифрикционными свойствами. Но также и имеет решающий в выборе материалов, недостаток, он обладает низким сопротивлением усталостному разрушению и с повышением температуры подвержен стремительному разупрочнению. Известно что прочностные характеристики используемого материала ухудшаются примерно в 2 раза с изменением температуры от + 20 до + 150°C. [28, с. 45]

Таблица 2 – Химический состав оловянистого баббита Б83(в %).

Олово	Сурьма	Медь	Свинец	Железо	Висмут	Мышьяк	Цинк
			Не более				
Остальное (80.9 - 84.5)	10,0-12,0	5,5-6,5	0,35	0,10	0,05	0,10	0,03

Таблица 3 – Предельные режимы работы изделий из материала Б83.

Нагрузка	Скорость	Температура	ГОСТ
МПа	м/с	град.	-
15	50	70	1320-74

Наиболее используемые процессы присоединения баббита в подшипниках скольжения центробежных машин, основаны на прилуживании его оловом к основному металлу вкладыша:

					Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

1. С заливкой баббита на гладкую поверхность;

2. С заливкой баббита на поверхность с элементами механического крепления его.

В первом случае прочность сцепления баббита с основным металлом обеспечивается только прилуживанием баббита, во втором – прилуживанием баббита и механическим креплением.

Толщину присоединяемого баббитового слоя согласно следующих факторов:

- толщину слоя необходимо выбирать такой, чтобы твердые частички проникающие в зону трения вместе с маслом были поглощены слоем баббита;
- учитывать величину износа при приработке материала;
- учитывать величину износа до смены вкладыша и срок службы до этого момента, а также припуски на обработку при ревизии;

Но с запасом выбирать толщину не следует, так как увеличенная толщина баббитового слоя приводит к повышению температуры подшипника, к выкрашиванию и растрескиванию слоя баббита, а также к снижению усталостной прочности.

### **1.10. Способ чистовой обработки поверхности скольжения**

На данный момент широко используется, при обработки поверхности скольжения, шабрение. Шабрение это снятие слоя материала относительно малой толщины инструментом называемым шабер. Перед тем как провести операцию шабрения поверхности очищают от масла и продуктов износа, промывают в растворе, протирают, и только затем наносят на них краску, необходимую для определения высоты неровностей.

В зависимости от качества обработанной поверхности краска ложится: равномерно при хорошо обработанных поверхностях, и не равномерно на плохо обработанных. При заполнении углубления краска, в зависимости от величины углубления, имеет пятна различного цвета: белые пятна свидетельствуют о выступах, серые пятна это менее углубленные места и темные пятна, имеющие наибольшую глубину

Шабрение производится в несколько этапов.

					Общая часть	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



подшипник разбирают и шабруют окрашенные места вначале нижнего, а затем верхнего вкладыша, перемещая шабер по окружности вкладыша.

При проведении шабрения инструмент необходимо наклонять к обрабатываемой поверхности под таким углом, чтобы снимать слой металла средня частью режущей кромки. Возникающие после обработки шабером штрихи на поверхности детали должны иметь форму четырехугольника или ромба. В зависимости от конфигурации и положения вкладыша рабочее движение шабера может быть направлено в правую и левую стороны. В зависимости от этапа обработки устанавливается и угол резания. При грубом шабрении угол резания выдерживать  $70\text{—}75^\circ$ , а при чистовом — около  $120^\circ$ . Чем больше угол резания тем тоньше снимаемая стружка.

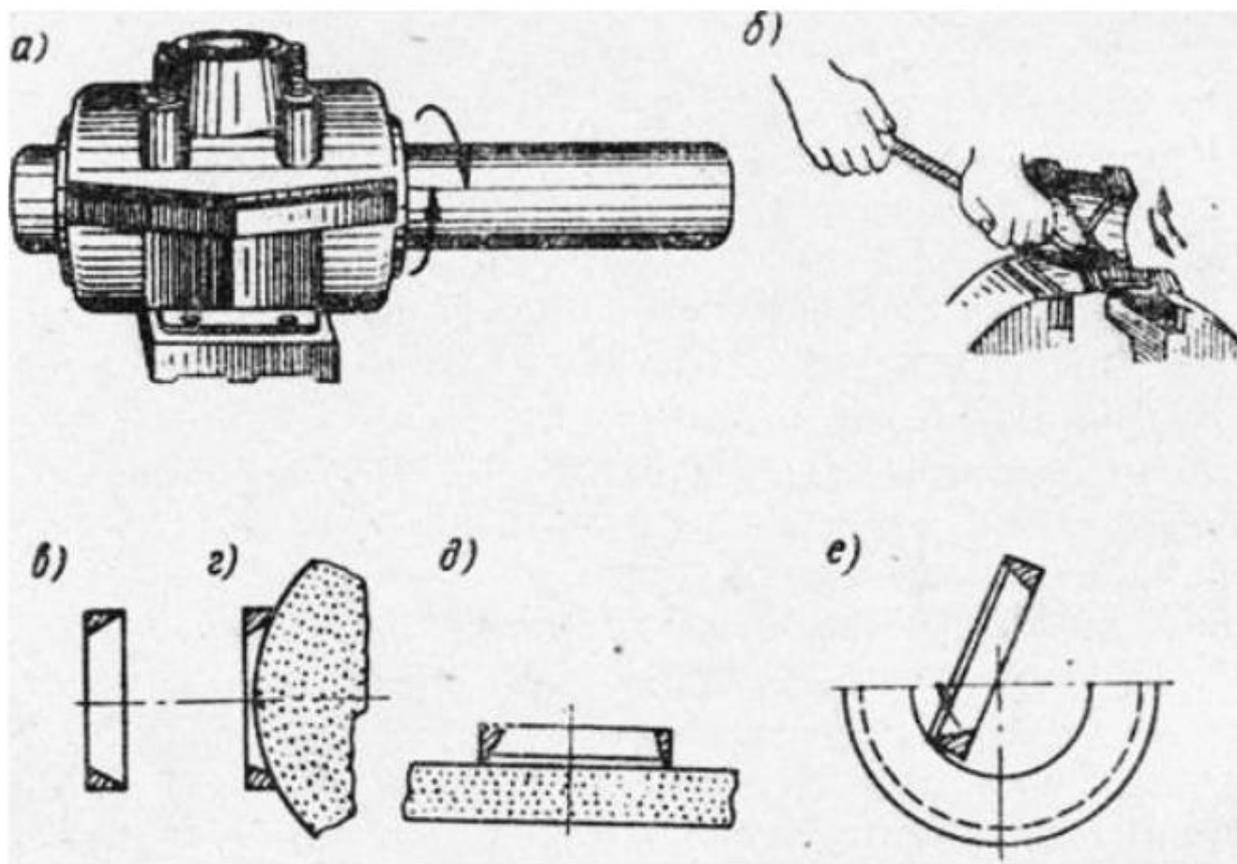


Рис. 24. Приемы шабрения вкладышей подшипников (а, б); специальные шаберы-кольца для шабрения вкладышей подшипников (в, г, д, е)

Этапы шабрения вкладышей продолжаются до тех пор, пока обрабатываемая поверхность подшипника не будет равномерно покрываться слоем краски на площади не менее  $3/4$  общей обрабатываемой площади.

В некоторых случаях вместо трехгранного шабера применяют шабер кольцо. Шабер-кольцо (рисунок. 24, е) изготавливают из корпуса изношенного конического роликового подшипника путем заточки его на обычном точиле. После заточки торец шабера доводится на мелкозернистом круге.

Приемы точного шабрения. Некоторые детали измерительных машин, приборов и инструментов требуется шабрить с весьма высокой точностью. Обработка поверхностей таких деталей не всегда может быть достигнута методом шабрения. Для достижения высокой производительности при точном шабрении и повышения качества этой работы пользуют пасты ГОИ.

### **1.11. Анализ неисправностей и способы их устранения.**

При эксплуатации насосного агрегата НМ 10000-210, по замечаниям эксплуатационного персонала, выявлены некоторые проблемы. К ним относятся:

нагрев подшипника скольжения выше рабочей температуры, при установке ротора  $Q=10000$ ;

повышенная вибрация в подшипниковых узлах;

просачивание масла через лабиринты.

Проблема с перегревом подшипника ведет за собой остановку агрегата с демонтажем подшипника и проведение работ по шабрению и подгонки необходимых зазоров. Как описано выше перегрев ухудшает качество бабита и, следовательно, уменьшает срок службы подшипника. Данную работу проводят специалисты ремонтного участка.

Просачивание масла через лабиринты ведет за собой несколько проблем, это эстетическая – постоянная капля с узла подшипника, потеря масла, и возможность попадания влаги и посторонних элементов в масло.

Согласно заводского паспорта на насос НМ, перегрев подшипника возможен:

загрязненная смазка или недостаточное ее количество;

нарушена центровка агрегата;

нарушена балансировка ротора;

					Общая часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

малы масляные зазоры, не обеспечено прилегание вала по вкладышу.

При проведении очередного ремонта с шабрением подшипника и выставлением зазоров также проведена центровка агрегата до значений, указанных в РД. Данное решение не берем в расчет.

Масло турбинное не мене чем раз в квартал берут на анализы в лабораторию и проводят испытания на соответствие. Лабораторные анализы подтверждают соответствие масла и отсутствия в нем мех примесей.

Вращающиеся объекты, в данном случае ротор, испытывают на себе действие инерционных сил. Величина этих сил зависит от величины несовпадения оси вращения ротора и центра его масс, и называется это несбалансированностью (дисбалансом) ротора.

Несбалансированный ротор является источником переменных сил, действующих на подшипниковые опоры, и значительно сокращает ресурс агрегата. Для уменьшения этих сил необходима балансировка ротора.

Балансировка осуществляется при помощи установки дополнительных масс или удаления части металла с рабочего органа ротора для исключения дисбаланса.

Балансировка роторов машин обычно осуществляется при помощи специальных балансировочных станков, но также может осуществляться и в условиях эксплуатации. Проведение балансировка ротора в условиях эксплуатации существенно отличается от балансировки на специальном стенде. Это связано с тем, что измеряются не собственно инерционные силы, а их влияние на агрегат. Помимо этого, в реальных условиях эксплуатации на агрегат действуют не только силы инерции инерционные силы, но и силы другого происхождения.

Анализируя описанное выше, принимаю, что балансировка в условиях эксплуатации не обеспечит необходимого результата. А балансировка ротора, проведенная на балансировочном станке является, достаточной (ротор поступил с завода ТРМЗ с протоколом балансировки, где дисбаланс в пределах нормы). Поэтому исключаем этот вариант неисправности из расчета.

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

А вот проверку на достаточность количества масла, подводимого на подшипники и необходимые масляные зазоры, проведем далее.

По второй проблеме, связанной с лабиринтами, рассмотрим новый вариант исполнения данного элемента.

Произведем анализ системы «насос-электродвигатель» и «насос магистральный- насос подпорный»

					<i>Общая часть</i>	<i>Лист</i>
						53
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 2. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Оптимальные условия работы опор скольжения обеспечиваются при жидкостном трении, когда смазочный слой полностью отделяет поверхности цапфы и подшипника друг от друга. На кривой Герси-Штрибека этому процессу соответствует ветвь 2-3 (рис. 22).

Работоспособность подшипника обусловлена вязкостью смазки и ее количеством, проходящим через зазор в единицу времени; коэффициент трения весьма мал, потери на трение не выше, чем в опорах качения, износ рабочих поверхностей практически пренебрежимо мал. Однако такой режим работы может быть реализован лишь при определенных соотношениях ряда параметров - скорости скольжения, вязкости смазки, удельной нагрузки, размеров подшипника и пр.

Правильное определение основных рабочих характеристик подшипников скольжения во многом обеспечивает надежность и долговечность проектируемого опорного узла при его эксплуатации в режиме жидкостного гидродинамического трения. При работе подшипника скольжения в режиме жидкостного трения цапфа и вкладыш практически не изнашиваются.

Произведем расчет подшипников при подаче смазки под давлением. Рассчитаю минимальную толщину масляного слоя и сравню это значение с критической толщиной масляного слоя, обеспечивающей жидкостное трение с перекрытием микронеровностей контактирующих поверхностей трения. Определию требуемое давление на входе масла в подшипник и сравню это значение со значением давления масла, создаваемого на входе в подшипниковый узел центробежного насоса НМ 10000-210.

Расчет производился согласно рекомендациям [25]

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Слабов В.Н.</i>			<i>Расчеты и аналитика</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					54	101
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>						

## 2.1. Входные данные

Таблица 4 – Входные данные для расчета.

Характеристика	Условное обозначение	Единица измерения	Значение
Масса ротора	$m$	кг	429
Нагрузка на подшипник	$P$	Н	2102
Диаметр цапфы вала	$d$	м	0,11485
Внутренний диаметр вкладыша	$d$	м	0,11490
Длина вкладыша подшипника	$l$	м	0,130
Скорость вращения вала	$n$	об/мин	3000
Диаметральный зазор между подшипником и цапфой	$z$	м	0,00012
Средняя температура смазочного слоя	$t$	°С	50
Температура масла на входе в подшипник	$t_1$	°С	33
Температура масла на выходе из подшипника	$t_2$	°С	55
Шероховатость поверхности вала	$Rz$	мкм	0,32
Шероховатость поверхности подшипника	$Rz$	мкм	0,63
Расстояние между серединами опор ротора	$L$	м	1,876
Давление масла на входе в подшипник	$p_t$	кгс/см <sup>2</sup>	0,42
Расход смазочного масла через подшипник	$Q_{\text{раб}}$	л/мин	3,9

## 2.2. Расчет минимально допустимых зазоров в подшипниках

Определим радиальную нагрузку на подшипник  $P$ :

$$P = mg/2 = (429 * 9,8) / 2 = 2102 \text{ Н};$$

Определим среднюю удельную нагрузку на подшипник  $p$ :

$$p = P/dl = 2102 / (0,115 * 0,130) = 140602 \text{ Н/м}^2 \approx 14 \text{ кН/м}^2;$$

					Расчеты и аналитика	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Определим угловую скорость цапфы:

$$\omega = \pi n / 30 = 3,14 * 3000 / 30 = 314 \text{ рад/с.}$$

Найдем окружную скорость шейки вала  $v$ :

$$v = 0,5 * \omega * d = 0,5 * 314 * 0,115 = 18,055 \text{ м/сек.}$$

Найдем относительный диаметральный зазор между подшипником и валом  $\psi$ , м:

$$\psi = z / d = 0,00012 / 0,115 = 0,00104.$$

Принимаем  $\psi = 0,001$

Определим коэффициент динамической вязкости масла. В системе смазки подшипникового узла применяется масло турбинное ТП-22.

Рабочая температура масла  $50^\circ\text{C}$ . Кинематическая вязкость при  $50^\circ\text{C}$  согласно [25] равна  $20...23 \text{ сСт}$ , принимаем  $\nu = 22 \text{ сСт}$ , плотность турбинного масла  $\rho = 0,87 \text{ г/см}^3$ , отсюда:

коэффициент динамической вязкости равен

$$\mu = \nu * \rho = (22 * 10^{-6} * 0,87 * 0,001) / 0,000001 = 0,019 = 1,9 * 10^{-2} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Вычисляем безразмерный коэффициент нагруженности подшипника:

$$\Phi_p = r \psi^2 / \mu \omega = 140602 * 0,001^2 / 0,019 * 314 = 0,023.$$

По таблице 24 [25] находим соответствующее для половинчатого подшипника значение относительного эксцентриситета, предварительно рассчитав отношение  $l/d = 0,130 / 0,115 = 1,13$ .

Так, значение относительного эксцентриситета  $\chi = 0,3$ .

Таким образом, можно определить минимальную толщину масляного слоя по формуле:

$$h_{min} = 0,5 \psi d (1 - \chi) = 0,5 * 0,001 * 0,115 (1 - 0,3) = 0,00004025 \text{ м} = 40 \text{ мкм.}$$

Для определения критической толщины масляного слоя  $h_{кр}$  требуется предварительно вычислить прогиб шейки вала в подшипнике  $y_0$ , учитывая, что максимальный прогиб вала

$$y_{max} = (QL^3) / 48EJ$$

где:  $Q$  - нагрузка, приложенная в середине пролета, равная  $2P = 4204 \text{ Н} = 428,9 \text{ кгс}$ ,

L- расстояние между серединами опор  $L=187,6$  см;

E- модуль упругости стали  $E=2,14 \cdot 10^5$  кгс/см<sup>2</sup>;

J- осевой момент инерции сечения вала  $J=0,05d^4=0,05 \cdot 11,5^4=874,5$  см<sup>4</sup>;

Получаем,

$$y_{max}=(428,9 \cdot 187,6^3) / 48 \cdot 2,14 \cdot 10^6 \cdot 874,5=0,032 \text{ см}=32 \text{ мкм}$$

Вычисляем,

$$y_0=1,6 \cdot (l/L) \cdot y_{max}=1,6 \cdot (130/1876) \cdot 32=35,4 \text{ мкм};$$

Рассчитаем критическую толщину масляного слоя  $h_{кр}$  по формуле:

$$h_{кр}=R_{зв}+R_{зц}+y_0=6,3+3,2+35,4=44,9 \text{ мкм}.$$

Теоретически оптимальный режим работы подшипника скольжения реализуется при  $h_{min}=h_{кр}$ , когда коэффициент трения минимален. Этому равенству соответствует точка 2 кривой Герси-Штрибека (рис.22). Но в этом случае не обеспечивается запас толщины смазочного слоя. Для большей надежности необходимо выполнение условия  $h_{min}/h_{кр} \geq 1,1$ .

Проверим соотношение:  $h_{min}/h_{кр}=40/44,9=0,89$ .

Расчет на жидкостное трение основывается на том, что масляный слой должен воспринимать всю нагрузку, при этом его толщина должна быть больше сумм неровностей поверхности цапфы и вкладыша.

Условие  $h_{min}/h_{кр} \geq 1,1$  не удовлетворено, что говорит о том, что подшипник работает в условиях, не обеспечивающих жидкостное трение поверхностей ротора и опоры.

Проведем проверку условия  $h_{min}/h_{кр} \geq 1,1$  при максимально допустимых зазорах в подшипниках скольжения, т.е.  $z=0,00024$  м

Найдем относительный диаметральный зазор между подшипником и валом  $\psi$ , м:

$$\psi=z/d=0,00024/0,115=0,00208.$$

Принимаем  $\psi=0,002$

Определим коэффициент динамической вязкости масла. В системе смазки подшипникового узла применяется масло турбинное ТП-22.

					Расчеты и аналитика	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Рабочая температура масла 50°C. Кинематическая вязкость при 50°C согласно [25] равна 20...23 сСт, принимаем  $\nu=22\text{сСт}$ , плотность турбинного масла  $\rho=0,87\text{ г/см}^3$ , отсюда:

коэффициент динамической вязкости равен

$$\mu=\nu*\rho=(22*10^{-6}*0,87*0,001)/0,000001=0,019=1,9*10^{-2}\text{ Па}\cdot\text{с}$$

Вычисляем безразмерный коэффициент нагруженности подшипника:

$$\Phi p=r\psi^2/\mu\omega=140602*0,002^2/0,019*314=0,094.$$

По таблице 24 [25] находим соответствующее для половинчатого подшипника значение относительного эксцентриситета, предварительно рассчитав отношение  $l/d=0,130/0,115=1,13$ .

Так, значение относительного эксцентриситета  $\chi=0,3$ .

Таким образом, можно определить минимальную толщину масляного слоя по формуле:  $h_{min}=0,5\psi d(1-\chi)=0,5*0,002*0,115(1-0,3)=0,0000805\text{ м}=80\text{ мкм}$ .

Для определения критической толщины масляного слоя  $h_{кр}$  требуется предварительно вычислить прогиб шейки вала в подшипнике  $y_0$ , учитывая, что максимальный прогиб вала

$$y_{max}=(QL^3)/48EJ$$

где:

Q- нагрузка, приложенная в середине пролета, равная  $2P=4204\text{ Н}=428,9\text{ кгс}$ ,

L- расстояние между серединами опор  $L=187,6\text{ см}$ ;

E- модуль упругости стали  $E=2,14*10^5\text{ кгс/см}^2$ ;

J- осевой момент инерции сечения вала  $J=0,05d^4=0,05*11,54=874,5\text{ см}^4$ ;

Получаем,

$$y_{max}=(428,9*187,6^3)/48*2,14*10^6*874,5=0,032\text{ см}=32\text{ мкм}$$

Вычисляем,

$$y_0=1,6*(l/L)*y_{max}=1,6*(130/1876)*32=35,4\text{ мкм};$$

Рассчитаем критическую толщину масляного слоя  $h_{кр}$  по формуле:

$$h_{кр}=R_{зв}+R_{зц}+y_0=6,3+3,2+35,4=44,9\text{ мкм}.$$

Теоретически оптимальный режим работы подшипника скольжения реализуется при  $h_{min}=h_{кр}$ , когда коэффициент трения минимален. Этому равенству соответствует точка 2 кривой Герси-Штрибека (рис.15). Но в этом случае не обеспечивается запас толщины смазочного слоя. Для большей надежности необходимо выполнение условия  $h_{min}/h_{кр} \geq 1,1$ .

Проверим соотношение:  $h_{min}/h_{кр}=80/44,9=1,78$ .

Условие  $h_{min}/h_{кр} \geq 1,1$  удовлетворено, что говорит о том, что подшипник работает в условиях, обеспечивающих жидкостное трение поверхностей ротора и опоры. Но данное равенство удовлетворяется при максимальных зазорах, определенных РД. Произведем обратный расчет и выясним минимально допустимые зазоры.

Из условия:

$$h_{min}=h_{кр}=44,9 \text{ мкм}=0,0000449$$

найдем  $\psi$ :

$$h_{min}=0,5\psi d(1-\chi)$$

$$\psi = h_{min}/(0,5*d(1-\chi))=0,0000449/0,5*0,115*(1-0,3)=0,0011$$

Из условия

$$\psi=z/d$$

Найдем

$$z = \psi * d = 0,0011 * 0,115 = 0,00013$$

Отсюда следует, что минимальный диаметральный зазор должен быть 0,13мм.

Для дальнейшего расчета будем использовать  $\psi=0,001$

### 2.3. Расчет теплоотвода из рабочей зоны подшипника

Определим количество тепла  $W$ , выделяющегося в подшипнике в единицу времени.

Для проведения расчетов из табл. 26 [25] по известным значениям  $l/d$  и  $\chi$  находим соотношение  $f/\psi=7,62$ . Тогда, зная относительный диаметральный зазор между колодкой подшипника и цапфой вала  $\psi=0,001$ , определим коэффициент трения  $f$ :  $f=(f/\psi)*\psi=7,62*0,001=0,00762$ .

					Расчеты и аналитика	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Количество тепла, выделяющегося в подшипнике в единицу времени:

$$W=fPv/427=(0,00762*2102*18,055)/427=0,67 \text{ ккал/сек.}$$

В тепловых процессах, происходящих в подшипниках скольжения, различают три основные стадии.

1. Неупорядоченный режим, характеризующийся неравномерностью распределения температур по элементам подшипника во времени.

2. Упорядоченный или регулярный режим, характеризующийся постоянной скоростью изменения температуры во всех точках подшипника.

3. Стационарный режим, устанавливающийся через достаточно длительный срок после пуска; этот режим характеризуется постоянством распределения температур во времени.

Первый режим соответствует периодам пуска и останова, второй — плавному изменению нагрузки и скорости вращения. Тепло, выделяющееся при возрастании нагрузки и скорости, идет в основном на нагрев деталей подшипника и соприкасающихся с ним частей машины, и в некоторой степени отводится смазкой и уходит в окружающую среду через поверхность, омываемую воздухом. При достижении номинальной нагрузки и соответствующей скорости вращения устанавливается третий режим с постоянным тепловыделением в рабочей зоне подшипника; все тепло отсюда отводится смазкой и во внешнюю среду.

Условие теплового равновесия при стационарном режиме имеет вид  $W=W_1+W_2$ ,

где  $W$  — количество тепла, выделяющегося в подшипнике в единицу времени;  $W_1$  — количество тепла, отводимого смазкой;  $W_2$  — количество тепла, уходящего во внешнюю среду.

Рассчитаем количество тепла, отводимого через крышку подшипника, принимая площадь наружной поверхности равной

$$F_k=2,5\pi dl=2,5*3,14*0,115*0,130=0,117 \text{ м}^2,$$

коэффициент  $k$  принимается равным  $k=10 \text{ ккал/м}^2\text{ч}^\circ\text{С}$ .

Количество тепла  $W_2$ , отводимого через крышку подшипника:

$$W_2=(kF_k*(t-t_{\text{возд}}))/3600=(10*0,117*(55-20))/3600=0,011 \text{ ккал/сек.}$$

Расчеты и аналитика

Лист

60

Количество тепла  $W_1$ , которое должно отводиться смазкой:  
 $W_1 = W - W_2 = W - W_2 = 0,117 - 0,011 = 0,106$  ккал/сек.

В сущности, величину  $W_2$ , весьма малую по сравнению с  $W$ , можно и не учитывать, полагая, что все тепло из подшипника отводится смазкой. Примем требуемое количество тепла, которое должно отводиться смазкой, равным  $W_1 = 0,117$  ккал/сек.

Рассчитаем секундный расход масла, необходимый для отвода тепла  $W_1$  по формуле:  $Q = W_1 / (c\gamma(t_2 - t_1))$ .

Для этого рассчитаем удельный вес масла  $\gamma_{55}$  при  $t = 55^\circ\text{C}$ .  
 $\gamma_t = \gamma_{20} [1 - 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot (t - 20)]$ .  $\gamma_{60} = 0,87 \cdot [1 - 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot (55 - 20)] = 0,847$  г/см<sup>3</sup>.

Коэффициент  $c$  вычисляем по формуле:

$$c = 0,433 + 0,0011 \cdot (55 - 15) = 0,477 \text{ ккал/кг}.$$

Следовательно, искомый расход смазки равен:

$$Q = W_1 / (c\gamma(t_2 - t_1)) = 0,117 / (0,4877 \cdot 0,847 \cdot (55 - 33)) = 0,013 \text{ л/сек}.$$

В подшипниковом узле центробежного насоса НМ 10000-210 обеспечивается расход смазочного масла через опорный подшипник равный  $Q_{\text{раб}} = 3,9$  л/мин = 0,065 л/сек, что больше найденного аналитически расхода смазки.

### 2.3.1. Расчет количества смазки, вытекающей из торцов подшипника

Полный коэффициент расхода смазки  $q$  определяется по формуле:  
 $q = Q / 0,5\psi\omega l d^2 = 0,013 \cdot 10^{-3} / 0,5 \cdot 0,001 \cdot 314 \cdot 0,130 \cdot 0,115^2 = 0,0481$ .

Также полный коэффициент расхода смазки  $q$  можно рассматривать как сумму трех коэффициентов:

$$q = q_1 + q_2 + q_3,$$

Где

$q_1$  – коэффициент расхода смазки через торцы нагруженной зоны;

$q_2$  – коэффициент расхода смазки через торцы ненагруженной зоны;

$q_3$  – коэффициент, учитывающий дополнительное истечение смазки через канавки, расположенные на поверхности вкладыша.

Из табл. 27 [25] при  $\chi = 0,3$   $q_1 = 0,081$ .

					Расчеты и аналитика	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для вычисления  $q_2$  находим из табл. 28 [25] значения  $\beta=0,132$  и  $\vartheta=0,097$ .

Получим выражения для  $q_2$  :

$$q_2 = \beta \Phi p (d/l)^2 * p_e/p = 0,132 * 0,094 * (0,115/0,130)^2 p_e/p = 0,0097 p_e/p;$$

$$q_3 = 0;$$

Подставим найденные значения и выражения в:

$$q = q_1 + q_2 + q_3;$$

$$0,0481 = 0,081 + 0,0097 \cdot p_e/p,$$

$$\text{Откуда } p_e/p = (0,0481 - 0,081) / (0,0097) = 3,39.$$

Требуемое давление масла на входе:  $p_e = 3,39 p = 3,39 \cdot 140602 = 4,081 \text{ кГ/см}^2$ .

В подшипниковом узле центробежного насоса создается давление масла на входе в подшипник, равное  $p_m = 4,2 \text{ кгс/см}^2$ ,

что больше расчетного требуемого давления масла на входе.

#### 2.4. Анализ системы насос- электродвигатель

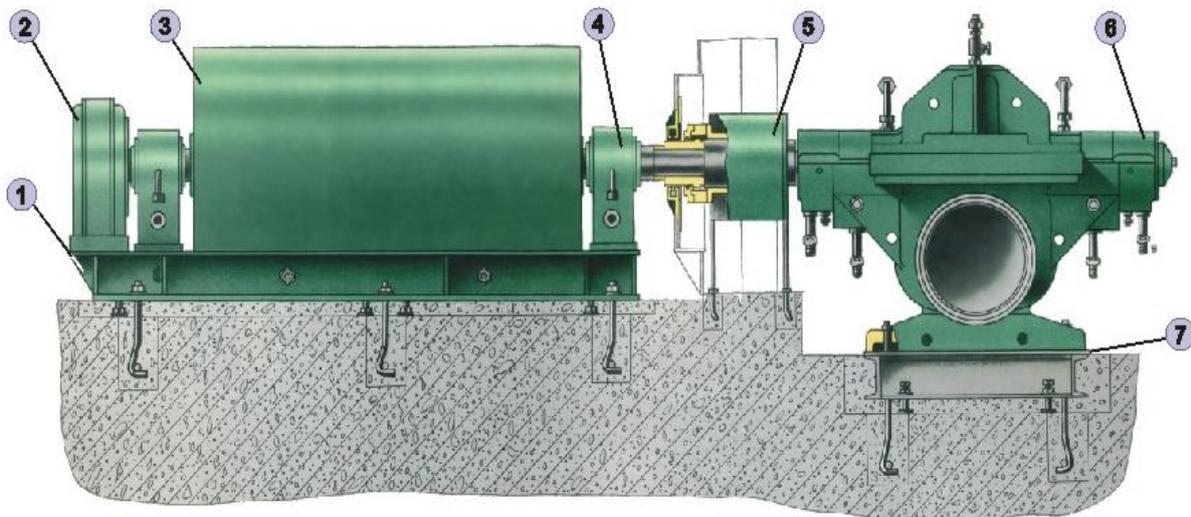


Рисунок 25. Насосный агрегат серии НМ

1- рама электродвигателя; 2- возбудитель; 3- электродвигатель СТД 6300;  
4- подшипник электродвигателя; 5- муфта; 6- насос МН 10000-210.

					Расчеты и аналитика	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62



## Характеристики насоса НГПН 3600-120 (на воде)

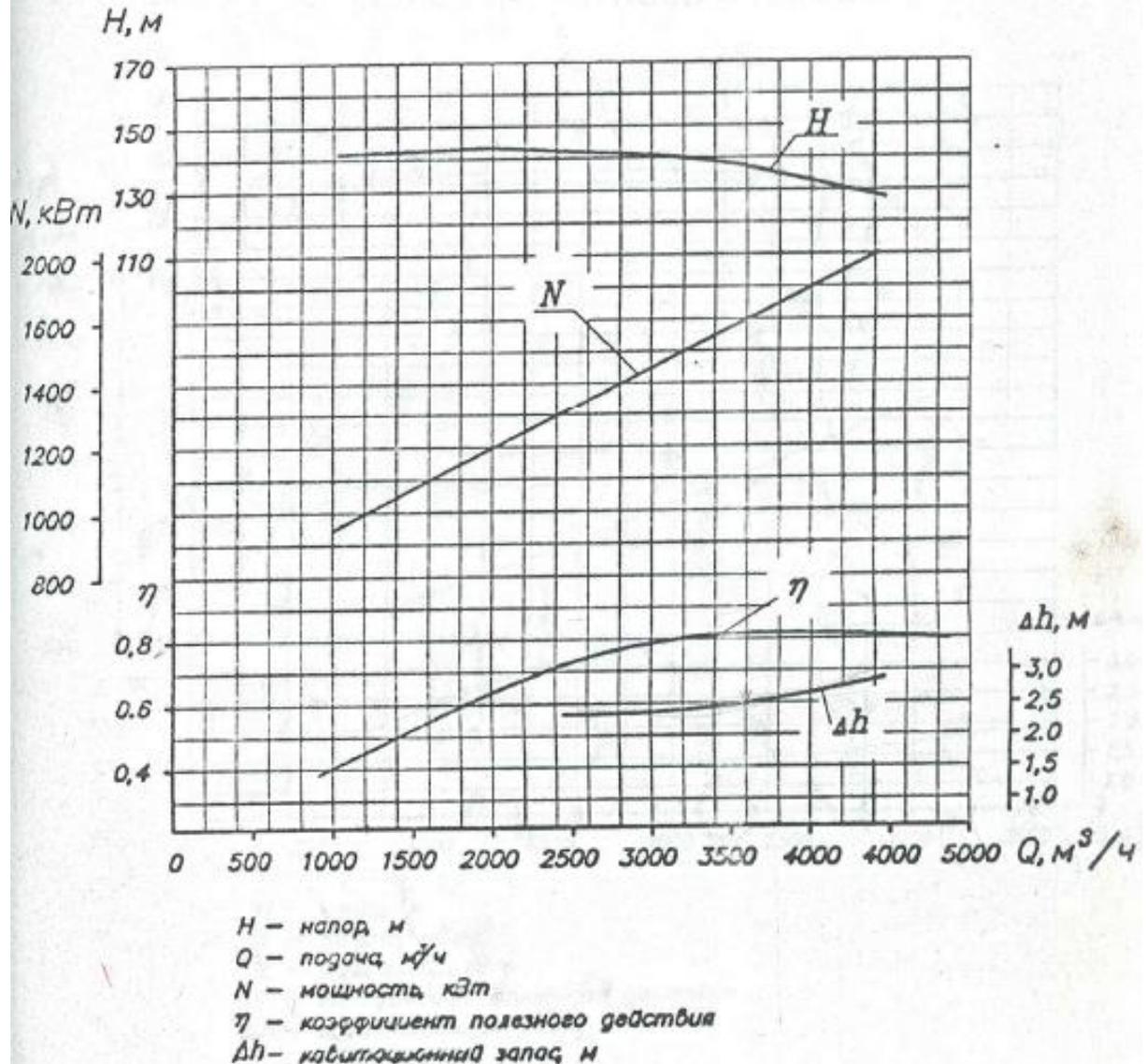


Рисунок 27 Характеристика насоса НГПНА 3600-120

Поэтому предлагаю произвести обточку рабочего колеса.

Предварительный расчет произведем по формуле:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{D_2}{D_1}$$

$$Q_1 = 10000 \text{ м}^3/\text{час};$$

$$D_1 = 505 \text{ мм};$$

$$Q_2 = 8500 \text{ м}^3/\text{час}; \quad D_2 = 429,3 \text{ мм}.$$

При данном диаметре рабочего колеса установится номинальный режим и вибрации агрегата прекратятся.

Расчеты и аналитика

Лист

64

Изм. Лист № докум. Подпись Дата

## 2.6. Предлагаемое исполнение лабиринтного уплотнения

При работе агрегата масло не должно выходить наружу.

Рассмотрены несколько вариантов для исключения данной проблемы.

На рисунке 29 предоставлен эскиз измененного наружного кольца лабиринта. Добавление «зонта» исключает стекания масла со стенок.

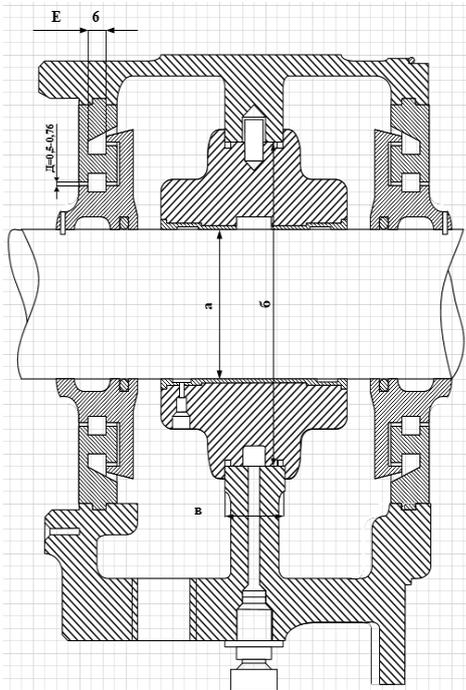


Рисунок 28 Подшипниковый узел

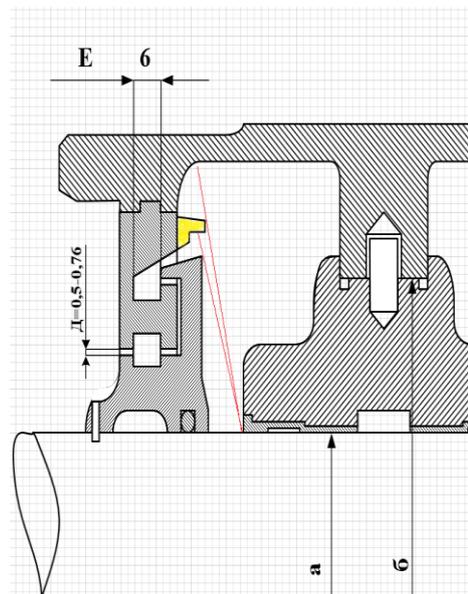


Рисунок 29 Лабиринт

На рисунке 30 предоставлен эскиз измененного наружного кольца лабиринта. Добавление отверстия в нижней части для увеличения пропускной способности слива.

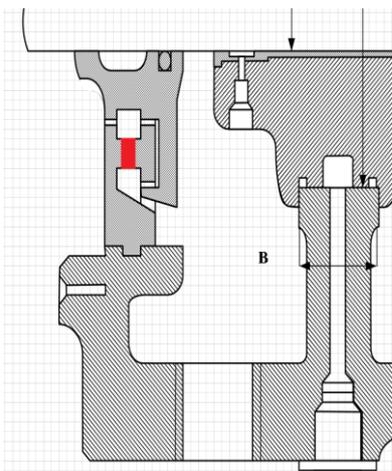


Рисунок 30 Лабиринт

## 2.7. Предлагаемый метод обработки вкладыша

Для решения проблемы связанной со сложностью обработки вкладыша подшипника при шабрении, предлагаю рассмотреть вариант с шабер-валом, полностью копирующий диаметр вала установленный на регулируемые опоры.

Данный инструмент устанавливается соосно с подшипником на регулируемых подставках. При касании шабера плоскости задаем необходимую подачу и вращаем инструмент.

Достоинства: обеспечивается соосность, прямолинейность, необходимая шероховатость, менее трудоемкий процесс шабрения.

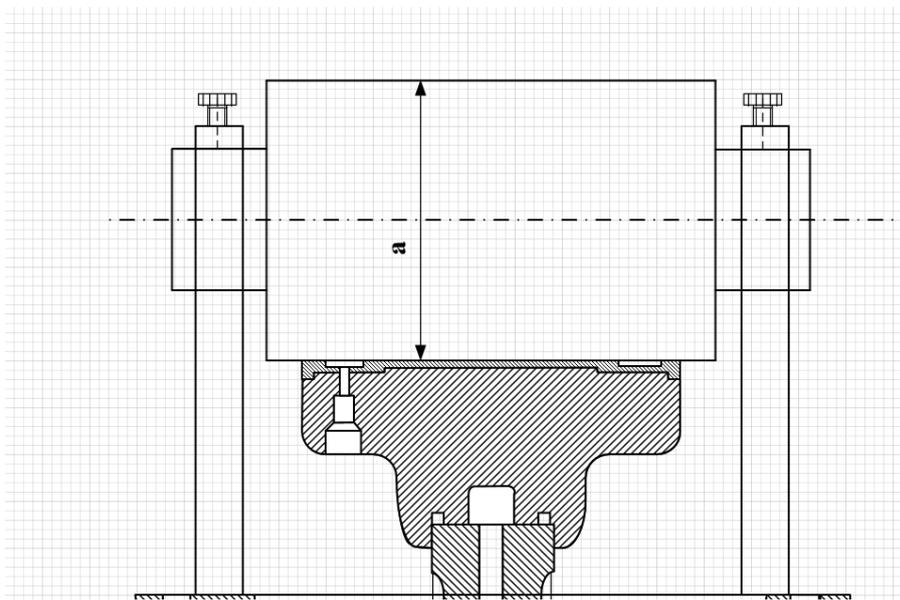


Рисунок 31 Шабер вал.

### 3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РУСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

#### 3.1. Проведение предпроектного анализа.

Определение целевого рынка и проведение его сегментирования

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

*Целевой рынок* – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. К данному исследованию, к целевому рынку относятся заводы по производству насосов и насосного оборудования, а также мелкие предприятия поставляющие изделия по индивидуальному заказу.

*Сегментирование* – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Сегментировать рынок услуг по разработке узла подшипника можно по следующим критериям: размер компании-заказчика, свойство узла (табл. 5).

*Таблица 5 Карта сегментирования рынка услуг по разработке подшипниковых узлов:*

	Свойство узла подшипника		
	Качество	Количество	Эксплуатационные характеристики
Завод по производству насосного оборудования		Выпускают оборудования в большом количестве	
Завод по производству комплектующих к насосному оборудованию	Производят детали качественные		
Предприятия выполняющие индивидуальные заказы			Производят детали под определенное оборудование в соответствии с эксплуатационными требованиями

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Слабов В.Н.			<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Брусник О.В.					67	101
<i>Консульт.</i>						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

По таблице видно, какие ниши на рынке услуг по разработке проектов узлов подшипника не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок. Результат сегментирования: Завод по производству насосного оборудования, так как цель проекта улучшить эксплуатационные характеристики изделия.

### SWOT-анализ

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

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (табл. 6).

Таблица 6 Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>  С1. Наличие бюджетного финансирования;  С2. Расчет толщины масляного слоя, обеспечивающего жидкостное трение, при заданных условиях работы насоса;  С3. Наличие данных по анализу виброперемещений при работе подшипникового узла;  С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;  С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>  Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;  Сл2. Допущения, производимые при расчетах;  Сл3. Отсутствие учета износа поверхностей трения вала и подшипников;  Сл4. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования;  Сл5. Неоднозначность в определении причин вибрации.</p>
--	---	--





Таблица 10 Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	+	+	+	-	+
	У3	0	0	0	-	+
	У4	-	+	+	-	+
	У5	0	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1Сл2Сл3Сл4Сл5, У2Сл1Сл2Сл3Сл5, У3Сл5, У4Сл2Сл3Сл5.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа, которая приводится в бакалаврской работе (табл. 11).

Таблица 11 SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Наличие бюджетного финансирования;</p> <p>С2. Расчет толщины масляного слоя, обеспечивающего жидкостное трение, при заданных условиях работы компрессора;</p> <p>С3. Наличие данных по анализу виброперемещений при работе подшипникового узла;</p> <p>С4. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих;</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов;</p> <p>Сл2. Допущения, производимые при расчетах;</p> <p>Сл3. Отсутствие учета износа поверхностей трения ротора и подшипников;</p> <p>Сл4. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров по работе с результатами исследования;</p> <p>Сл5. Неоднозначность в определении причин вибрации.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ;</p> <p>В2. Сотрудничество с предприятием-изготовителем центробежных насосов;</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</b></p> <p>В1С1С5 – использование инновационной инфраструктуры ТПУ для проведения научного</p>	<p><b>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</b></p> <p>В2Сл5 – предприятие-изготовитель, возможно, не будет заинтересовано в сотрудничестве по поиску</p>

<p>В3. Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим исследуемый центробежный насос;</p> <p>В4. Получение гранта для дальнейших исследований;</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.</p>	<p>исследования предполагает возможности для реализации бюджетного финансирования с вовлечением квалифицированного персонала;</p> <p>В2С3С4 - Сотрудничество с предприятием-изготовителем позволяет провести более глубокое исследование причин повышенной вибрации при использовании материалов и оборудования предприятия-изготовителя;</p> <p>В3С2С3С4 - Сотрудничество с предприятием, эксплуатирующим насос, подразумевает практическое подтверждение или опровержение результатов расчетов, более глубокое исследование причин повышенной вибрации при проведении исследований на предоставленном предприятием оборудовании;</p> <p>В4С4С5 - Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих подразумевает незначительные размеры требуемых капиталовложений, что, как и высокая квалификация персонала, увеличивает возможности получения гранта;</p> <p>В5С3С4 – конкурентные исследования могут не обладать результатами анализа вибрации подшипников, что может повлечь за собой дополнительные расходы на его проведение.</p>	<p>решений, исключающих вибрацию, при неоднозначном определении ее причин;</p> <p>В3Сл2Сл3Сл5 - предприятие, эксплуатирующее насос, может не быть заинтересованно в исследовании проблемы, причины которой неоднозначно обозначены, допускающем некоторые упрощения при расчетах и исключаящем учет некоторых факторов.</p> <p>В4Сл1Сл2Сл4Сл5 – для получения гранта важны возможности практического применения результатов исследования, следовательно, исходные данные для расчетов должны соответствовать условиям эксплуатации насоса.</p>
--	--	--

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата





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

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

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

$$T_{pi} = t_{ожи} / Ч_i,$$

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

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

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

#### Разработка графика проведения научного исследования

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}},$$

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = T_{\text{кал}} / (T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}),$$

где  $T_{\text{кал}} = 365$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = 365 / (365 - 104 - 14) = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 13).

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	tmin, чел-дни	tmax, чел-дни	тож, чел			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Руков.	2	3
Выбор направления исследования	8	12	9,6	Руков.	10	15
Подбор и изучение литературы по теме	7	14	9,8	Дипл.	10	15
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руков. дипл.	1	2
Поиск необходимых технических решений для усовершенствования конструкции подшипников	12	16	13,6	Дипл.	14	21
Проведение расчетов толщины масляного слоя в подшипниках центробежного насоса, обеспечивающей их работу в режиме жидкостного трения	3	7	4,6	Дипл.	5	8
Оценка результатов исследования	3	9	5,4	Руков. дипл.	6	9
Составление	7	14	9,8	Руков. дипл.	10	15

пояснительной записки						
-----------------------	--	--	--	--	--	--

На основе таблицы 14 строим план-график

№	Вид работ	Исполнитель и	Тк <sub>к</sub> , кал. дни	Продолжительность выполнения работ												
				Фев.			Март			Апрель			Май			
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	Руков.	3	■												
2	Выбор направления	Руков.	15		■	■	■									
3	Изучение литературы	Дипл.	15				□	□								
4	Планирование работ	Руков. дипл.	2													
5	Поиск технических решений	Дипл.	21													
6	Проведение расчетов	Дипл.	8													
7	Оценка результатов	Руков. дипл.	9													
8	Пояснительная записка	Руков.дипл.	15													

■ - руководитель, □ - дипломник.

### 3.3. Бюджет научно-технического исследования. Основная заработная плата исполнителей темы.

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 15.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического	Руководитель	1,8	3,83	6,89



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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = (Z_m * M) / F_d,$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	104	104
- выходные	14	14
- праздничные		
Потери рабочего времени	48	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} * (1 + k_{пр} + k_{д}) * k_{р},$$

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

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

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

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для г. Томска).

Таблица 17 – расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	Тр, раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	33162,87	0,3	0,4	1,3	73289,94	3830,23	29	111076,7
Дипломник	3000	0	0	1.3	3900	231,77	46	10661,4
Итого $Z_{осн}$								121738,1

### Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:  $Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп})$ ,

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 18 – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
	Исп. 1	
Руководитель	111076,7	16661,5
Дипломник	10661,4	1599,2
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Отчисления во внебюджетные фонды, руб.	37939,7	

### Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований).





Командировочные 500 рублей в сутки. Итог 1500 рублей

Итого:18107 рублей

### **Контрагентные расходы**

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками).

Условие. Своего станочного парка нет, и станочников тоже нет. Поэтому изготовление заготовок, для проведения испытаний в условиях имеющейся лаборатории ТПУ, поручим подрядной организации. Договор составляем таким образом, что заказывать и выкупать изделие будем по мере необходимости. Доставка за счет подрядчика. Расчет производить за шт. Стоимость одного изделия составляет 87000 рублей. Для проведения первоначальных испытаний, изделия данной конструкции, необходимо три образца.

Также затраты связанные с обслуживанием испытательного оборудования составляю 5000 руб. за весь, необходимый для исследования.

Т.е. сумма затрат по данной статье составляет 266000 рублей.

### **Накладные расходы**

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### **Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

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

Таблица 21

*Расчет бюджета затрат НИИ*

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИИ	3489,1	Пункт 4.3
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	550000	Пункт 4.4
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	121738,1	Пункт 4.1
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18260,7	Пункт 4.1
Отчисления во внебюджетные фонды	37939,7	Пункт 4.2
Затраты на научные и производственные командировки	18107	Пункт 4.5
Контрагентские расходы	266000	Пункт 4.6.
Накладные расходы	162485,376	16 % от суммы ст. 1-7
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>1178019,976</b>	<b>Сумма ст. 1- 9</b>

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги). В данном случае принимаю максимальная стоимость проекта и стоимость  $i$ -го варианта исполнения равны.

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

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

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

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

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливаем 10-ти бальную шкалу оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 22).

Таблица 22

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	9
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	10
3. Помехоустойчивость	0,15	5
4. Энергосбережение	0,20	5
5. Надежность	0,25	8
6. Материалоемкость	0,15	10
ИТОГО	1	

$$I_{p-исп1} = 9*0,1 + 10*0,15 + 5*0,15 + 5*0,2 + 8*0,25 + 10*0,15 = 9,15;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп1}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:



## 4. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

«Транснефть» является одной из ключевых компаний в области транспортировки нефтепродуктов, владеет 68,4 тыс. километров магистральных трубопроводов, 507 перекачивающими станциями, 24,4 млн кубометров резервуарных ёмкостей.

Объектом исследования данной работы является магистральная нефтеперекачивающая станция АО «Транснефть - Центральная Сибирь». Насосный цех станции оснащен магистральными насосами НМ 10000-210.

Целью выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы является выявление и анализ перечисленных опасностей в рабочей зоне. Место проведения работ – насосный зал нефтеперекачивающей станции. В данном разделе будут рассматриваться мероприятия по безопасной эксплуатации оборудования и будет произведен анализ безопасной работы средств автоматизации.

### 4.1. ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

#### 4.1.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Магистральные трубопроводы в большинстве случаев находятся на значительном удалении от населенных пунктов. Значительна часть персонала на объектах транспортировки нефти работают вахтовым методом. За каждый день нахождения в пути от места нахождения работодателя (пункта сбора) до места выполнения работы и обратно, предусмотренные графиком работы на вахте, а также за дни задержки в пути по метеорологическим условиям или вине транспортных организаций работнику выплачивается дневная тарифная ставка, часть оклада (должностного оклада) за день работы (дневная ставка) [2].

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции		
Разраб.		Слабов В.Н.			Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.				87	101
Консульт.					Социальная ответственность		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.					
					НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		

Если объект располагается в районах Крайнего Севера или местностях, приравненных к ним, то устанавливается районный коэффициент, выплачиваются процентные надбавки к заработной плате, предусматриваются дополнительные отпуска.

В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, спец. обуви и других средств индивидуальной защиты в порядке, предусмотренном «Правилами обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты», или выше этих норм в соответствии с заключенным коллективным договором или тарифным соглашением [3].

#### **4.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

При размещении на производственной территории санитарно-бытовых и производственных помещений, мест отдыха, проходов для людей, рабочих мест должны располагаться за пределами опасных зон. На границах зон, постоянно действующих опасных производственных факторов должны быть установлены защитные ограждения, а зон потенциально опасных производственных факторов – сигнальные ограждения и знаки безопасности.

Рабочее место, его оборудование и оснащение, применяемые в соответствии с характером работы, должны обеспечивать безопасность, охрану здоровья и работоспособность персонала. В организации должно быть организовано проведение проверок, контроля и оценки состояния охраны и условий безопасности труда. При обнаружении нарушений норм и правил охраны труда работники должны принять меры к их устранению собственными силами, а в случае невозможности этого прекратить работы и информировать должностное лицо. В случае возникновения угрозы безопасности и здоровью работников ответственные лица обязаны прекратить работы и принять меры по устранению опасности, а при необходимости обеспечить эвакуацию людей в безопасное место.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

## 4.2. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### Анализ вредных и опасных производственных факторов.

#### Мероприятия по снижению их воздействия

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-74 [9]), которые разделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. В таблице 24 указаны опасные и вредные производственные факторы, воздействию которых подвергаются рабочие объекта исследования.

Таблица 24 - Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке ликвидации аварийных разливов нефти

Виды работ	Фактор		Нормативный документ
	Вредный	Опасный	
1. Анализ места аварии 2. Ликвидация разлива 3. Рекультивация	Недостаточная освещённость рабочей зоны		СП 52.13330.2011 [12]
	Превышение уровней шума		ГОСТ 12.1.003–2014 [13]
	Превышение уровней вибрации		ГОСТ 12.1.012–2004 ССБТ [21]
		Пожаровзрывобезопасность	ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ[11]
		Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования	ГОСТ 12.0.003 – 74 ССБТ[9]
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ [16]

Проанализируем опасные и вредные факторы из таблицы 1 и определим мероприятия по устранению их воздействия.

#### 1. Недостаточная освещённость рабочей зоны

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

Неправильно выбранное освещение значительно усложняет работу обсуживающего персонала, что способствует снижению производительности труда, а также может привести к травмированию. Освещенность рабочих мест осуществляется с помощью естественного и искусственного освещения.

Для проведения работ необходимо исследовать общее равномерное освещение. При этом освещенность зоны выполнения работ должна быть не менее 200 лк независимо от применяемых источников света ГОСТ 12.1.046-2014 ССБТ [17], освещенность периферийной зоны, не менее 50 лк. Равномерность распределения освещенности 0,50.

При подъеме или перемещении грузов должна быть освещенность места работ не менее 50 лк при работе вручную и не менее 100 лк при работе с помощью машин и механизмов. Для устранения недостатка освещенности устанавливаются осветительные установки. Осветительная установка удовлетворяет требованиям норм, если измеренная средняя освещенность освещаемой зоны или помещения не менее нормируемого значения.

## *2. Превышение уровней шума*

Источниками шума в насосном зале являются: насосы, электродвигатели, трубопроводы, элементы вентиляционных систем. Однако самые значительные воздействия оказывают насосные агрегаты.

В соответствии с ГОСТ 12.1.003-83 [18] для рабочего места такого типа устанавливается эквивалентный уровень звука  $\leq 80$  дБА. Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026[19]. Работающих в этих зонах администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051 [20]. Основные применяемые меры:

Средства коллективной защиты (расположение оборудования, применение звукоизолирующих материалов)

Средства индивидуальной защиты (ушные тампоны, наушники)

Дистанционное управление оборудованием

Своевременный ремонт оборудования

## *3. Превышение уровней вибрации*

					Социальная ответственность	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Источниками вибрации в насосном зале также являются: насосы, электродвигатели, трубопроводы, элементы вентиляционных систем. Вредное воздействие на организм человека заключается в функциональных расстройствах органов.

Согласно [21] нормированной величиной вибрации в насосном зале является среднеквадратичное значение виброскорости: для корпуса насоса и двигателя – 13 мм/с (108 дБ), для фундамента МНА – 7,5 мм/с (104 дБ).

Виброзащита включает в себя простые средства виброизоляции и виброгашения: установка вибрирующего оборудования на массивный фундамент, применение демпфирующего покрытия и виброизоляторов, средств индивидуальной защиты.

#### *4. Пожаровзрывобезопасность*

В насосном зале НПС возможно скопление паров нефти, сероводорода, метана, легких углеводородов. Газовыделение при срабатывании предохранительного устройства и нарушение герметичности оборудования нефтеперекачивающих агрегатов ведет к появлению в рабочей зоне взрывоопасных газов. Также нефть является опасным веществом для здоровья жизни человека и для окружающей среды и относится к 3-му классу опасности с ПДК аэрозоля нефти в воздухе рабочей зоны - не более 10 мг/м<sup>3</sup>.

К мероприятиям по снижению пожаровзрывоопасности относятся: исключение источника выбросов газов, устранение причин пожаров и взрывов, контроль загазованности рабочей зоны, проветривание с целью снижения концентрации газов, использование оборудования и инструментов во взрывобезопасном исполнении.

Пожарную защиту объектов НПС обеспечивает автоматическая система пенотушения, которая включает в себя средства обнаружения пожара, системы сигнализации, управления, пожаротушения. Срабатывание системы пенотушения происходит: автоматически, дистанционно или вручную. При возникновении пожара сигнал от пожарных датчиков, приводит в действие систему пожаротушения согласно ГОСТ 12.3.046-91 [22].

#### *5. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования*

					Социальная ответственность	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

МНА, расположенные в насосном зале, имеют вращающиеся части, которые могут привести к механическому воздействию на организм человека. Все движущиеся и вращающиеся части МНА, в который входят двигатель и насос, а также передача от двигателя к насосу должны быть ограждены специальными съемными кожухами, чтобы исключить попадание в движущиеся и вращающиеся части. Ремонт и осмотр огражденных частей механизмов и снятие ограждений допускается только после полной остановки механизма.

Для предотвращения несчастных случаев необходимо соблюдать технику безопасности при работе оборудования, машин и механизмов, а их эксплуатацию должны выполнять только лица, имеющие на это право [23].

#### *6. Электрический ток*

Безопасные и безвредные условия труда, при проведении работ, связанных с облуживанием систем управлением оборудования насосного зала, достигаются следующим: Заземление оборудования, емкостей, коммуникаций, в которых возникают заряды статического электричества ( $R_z \leq 100 \text{ Ом}$ ); Необходимая защита от поражения электрическим током обеспечивается защитным заземлением корпусов всех приборов и оборудования; Электрическая изоляция между отдельными электрическими цепями и корпусом должна выдерживать в течение минуты действию испытательного повышенного напряжения 1000 В промышленной частоты;

Электрическая изоляция между отдельными электрическими цепями и корпусом должна быть не менее 0,5 МОм.

По способу защиты человека от поражения электрическим током изделия систем управлением соответствуют классам 1 и 2 (для изделий, предназначенных для соединения с источником напряжения  $U=220 \text{ В}$ ) и классу 3 (для изделий, предназначенных для соединения с источником напряжения 24 В).

В процессе эксплуатации средств автоматизации существует опасность поражения электрическим током. Приборы и средства автоматизации находятся под напряжением 24 В постоянного тока. Удар электрическим током вызывает

					Социальная ответственность	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рефлекторную реакцию со стороны центральной нервной системы и ведет к нарушению нормального ритма работы сердца. В результате наблюдается нарушение или полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Для защиты от поражения электрическим током при монтаже, эксплуатации и ремонте средств автоматизации работы выполняются при соблюдении ГОСТ 12.1.030-81 [23].

Для предотвращения возникновения зарядов статического электричества согласно ГОСТ 12.1.018-93 [24] все металлические и электропроводные неметаллические части технологического оборудования должны быть заземлены. Сопротивление защитного устройства от статического электричества не должно превышать 100 Ом.

### **4.3. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

#### **4.3.1. Охрана гидросферы**

Загрязнение нефтью и нефтепродуктами приводит к появлению нефтяных пятен, что затрудняет процессы фотосинтеза в воде из-за прекращения доступа солнечных лучей, а также вызывает гибель растений и животных. Каждая тонна нефти создает нефтяную пленку на площади до 12 кв. км. Восстановление пораженных экосистем занимает 10-15 лет.

Нефть, попадая в воду, растекается вследствие ее гидрофобности по поверхности, образуя тонкую нефтяную пленку, которая перемещается со скоростью примерно в два раза большей, чем скорость течения воды. При соприкосновении с берегом и прибрежной растительностью нефтяная пленка оседает на них. В процессе распространения по поверхности воды легкие фракции нефти частично испаряются, растворяются, а тяжелые опускаются в толщу воды, оседают на дно и образуют донное загрязнение [4]. Биохимическое окисление нефти сопровождается интенсивным поглощением кислорода воды. В среднем на окисление 1 мг нефти затрачивается от 0,5 до 3,5 мг кислорода.

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						93
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 4.3.2. Охрана литосферы

Общая особенность всех нефтезагрязненных почв - изменение численности и ограничение видового разнообразия педобионтов (почвенной мезо- и микрофауны и микрофлоры). Последствия возникновения нефтяного загрязнения почв носят губительный характер:

Происходит массовая гибель почвенной мезофауны: через три дня после аварии большинство видов почвенных животных полностью исчезает или составляет не более 1% контроля. Наиболее токсичными для них оказываются легкие фракции нефти.

Изменяются фотосинтезирующие функции высших растений

Дыхание почв также чутко реагирует на загрязнение нефтепродуктами.

Для разных почв процесс реанимации проходит по-разному. Зависит он и от глубины проникновения продуктов в основание. Например, время реанимации почв достигает 25 лет при концентрации отходов 12 литров на квадратный метр. Временной интервал зависит от типа основания и погодных условий. [6]

### 4.3.3. Охрана атмосферы

При попадании в атмосферу вредные вещества физико-химически преобразуются, а впоследствии либо рассеиваются, либо вымываются. Уровень загрязнённости атмосферы находится в прямой зависимости от того, произойдет ли перенос этих веществ на большое расстояние от их источника, либо их скопление останется локальным.

Предельная допустимая концентрация испарений в нефти составляет не более 10 мг/м<sup>3</sup> [7]. Для снижения уровня загрязнения атмосферы выбросами углеводородов необходимо осуществлять мероприятия по сокращению потерь нефти в результате аварийного разлива нефтепровода и выбросов токсичных испарений. Для устранения возможных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу из магистральной насосной по причине не плотности технологического оборудования осуществляется комплекс мероприятий:

Проверка оборудования на прочность и герметичность;

					Социальная ответственность	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Соблюдение правил эксплуатации;
- Своевременная замена уплотнений насосов и запорной арматуры;
- Оснащение насосного зала системой контроля загазованности.

#### **4.4. БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций, вызванных аварией на нефтепроводе в компаниях, транспортирующих нефтепродукты, проводится комплекс мероприятий, составляемых в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21.08.2000 N 613 (ред. от 14.11.2014) [8].

Аварии, возникающие на магистральном нефтепроводе (МНП), приводят к ЧС, так как в результате разлива нефти возможен пожар, разрушения сооружений, гибель людей, значительные потери материальных ценностей, загрязнение окружающей среды. При аварии на ДНС действия обслуживающего персонала должны быть направлены на:

- спасение людей, попавших в зону аварии, и оказание первой помощи пострадавшим;
- локализацию аварии;
- быстрейшую ликвидацию аварии и вывод УПН на нормальный технологический режим;
- уменьшение вредного воздействия аварии и его последствий.

На основе анализа статистических данных об авариях на НПС прогнозируются следующие чрезвычайные ситуации: отключение электроэнергии; взрыв паровоздушной смеси в помещении насосной; пожар в помещении насосной.

В случае отключения электроэнергии на НПС, для обеспечения непрерывности работы магистрального нефтепровода и исключения вредных последствий, производится включение дизельной электростанции.

Наиболее опасной для производства и жизни людей чрезвычайной ситуацией является взрыв. Спрогнозируем вероятные разрушения при взрыве паровоздушной смеси в помещении насосной, в случае разлива нефти. Предполагаемый объем разлитой нефти определяется как произведение длины насосной на её ширину и высоту затопления. Объем паровоздушной смеси

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						95
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

составляет 20 % от объема нефтепродукта. При взрыве паро- и газовой смеси выделяют зону детонационной волны (область 1 на рис.32) и зону ударной волны (область 2).

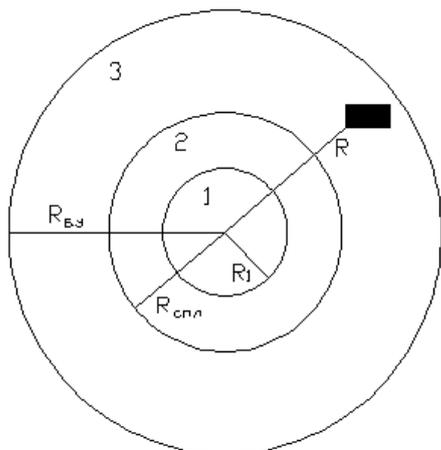


Рисунок 32 - Радиус взрыва газовой смеси

План ликвидации возможных аварий и аварийных утечек разрабатывается и пересматривается в филиалах комиссией в составе начальника отдела эксплуатации, старшего диспетчера, главного механика, главного энергетика, инженера по технике безопасности представителей ПТУС и пожарной охраны, начальника (директора) или заместителя начальника (директора) НПС (нефтебазы) и утверждается главным инженером филиала.

В целях своевременной локализации и ликвидации аварий, а также рационального и подконтрольного использования материально-технических ресурсов на предприятии создан неснижаемый аварийный и эксплуатационный запас запасных частей и материалов. Неснижаемый аварийный запас (постоянно поддерживаемый объем хранения) - это совокупность материально-технических ресурсов, необходимая для локализации и устранения аварийных ситуаций и инцидентов на оборудовании предприятия, грозящих остановом или резким снижением технико-экономических показателей основного оборудования; а также для ликвидации последствий аварий.

Для принятия эффективных мер по локализации и ликвидации аварий ответственный руководитель создает оперативный штаб. При возгорании на технологической площадке необходимо выполнить следующее:

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

вызвать пожарную команду, скорую помощь, сообщить об отключении начальнику смены, оповестить ответственных лиц по списку в соответствии с планом ликвидации аварии;

проверить включение в работу систем противопожарной защиты (оповещение людей о пожаре, пожаротушения);

отключить при необходимости электроэнергию, кроме аварийного освещения, остановить агрегаты, выключить вентиляторы, перекрыть трубопроводы, прекратить все работы в пожарной зоне, кроме работ, связанных с ликвидацией пожара;

удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;

принять меры по ликвидации пожара первичными стационарными и передвижными средствами пожаротушения до прибытия подразделений пожарной охраны;

организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожар.

Организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты, создают резерв финансовых и материальных ресурсов в целях обеспечения готовности к действиям по локализации и ликвидации последствий аварии в соответствии с Федеральным Законом от 21 декабря 1994 г. №68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера». Порядок создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации и локализации ЧС природного и техногенного характера определен постановлением Правительства РФ от 10 ноября 1996 г. №1340 «О Порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

					<i>Социальная ответственность</i>	<i>Лист</i>
						97
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги проделанной работы, замечу, что любое изменение влечет за собой необходимость в принятии решений направленных на нахождения компромисса между возникающими проблемами и поставленными задачами. В данной работе разработан комплекс мероприятий направленных на повышения эффективности работы основного оборудования. Поставленным задачам предложено решение, а именно: для исключения нагрева подшипников скольжения увеличить минимальные зазоры, для исключения вибрации агрегата проточить диаметр рабочего колеса, для исключения протекания масла изменить конструкцию лабиринта. Проведя анализ метода шабрения, предложен способ обработки с использованием шабера на регулируемых опорах.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены и проанализированы вредные и опасные производственные факторы, которые присутствуют в рабочей зоне НПС, предложены мероприятия по снижению их воздействия. Раскрыты правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на производстве. Было затронуто экологическое воздействие НПС как опасного производственного объекта.

Для готовности к непредвиденным ситуациям была рассмотрена типовая чрезвычайная ситуация – взрыв. Обеспечение безопасности труда на производстве должно быть приоритетной задачей руководителя.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции			
Разраб.		Слабов В.Н.			Заключение	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Брусник О.В.					98	101
Консульт.						НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.						

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 04-355-00 Методические рекомендации по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах.
2. Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 N 426-ФЗ.
3. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2002 г. N 188 "Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки".
4. Мазур И.И. Экология строительства объектов нефтяной и газовой промышленности. М.: Недра, 1991.-279 с.
5. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
6. Ильин Н.П., Калачникова И.Г. Наблюдение за самоочищением почв от нефти в средней и южной тайге. –М.; 1982.–С. 245-258.
7. ГОСТ Р 51858-2002. Нефть. Общие технические условия. –Введ. 30.06.2002. –М.: Стандартинформ, 2006. –17 с.
8. Постановление Правительства РФ от 21 августа 2000 г. N 613 "О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов"
9. ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

					<i>Разработка мероприятий, направленных на повышение эффективности работы основного оборудования нефтепродуктоперекачивающей станции</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Слабов В.Н.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Брусник О.В.</i>					<i>Листов</i>
<i>Консульт.</i>							99
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брусник О.В.</i>					101
					<i>Список используемых источников</i>		НИ ТПУ гр. 3-2Б5Д

- 10.РД 153-39ТН-008-96. Руководство по организации эксплуатации и технологии технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций. – Введ. 01.01.1997. – Уфа: ИПТЭР, 1997. – 147 с.
- 11.ГОСТ 12.1.010-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Взрывобезопасность. Общие требования.
- 12.СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*
- 13.ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
- 14.ГОСТ 12.0.003-74 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 15.ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
- 16.ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- 17.ГОСТ 12.1.046-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Строительство. Нормы освещения строительных площадок.
- 18.ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (с Изменением N 1).
- 19.ГОСТ 12.4.026-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (с Поправками).
- 20.ГОСТ 12.4.051-87 (СТ СЭВ 5803-86) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний.
- 21.ГОСТ 12.1.012-04. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

					Список используемых источников	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 22.ГОСТ 12.3.046-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Установки пожаротушения автоматические. Общие технические требования
- 23.ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
- 24.ГОСТ 12.1.018-93 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).  
Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования.
- 25.Чернавский С.А. Подшипники скольжения: Москва, Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. 1963.
- 26.РД-75.200.00-КТН-119-16 "Магистральный трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. Техническое обслуживание и ремонт механо-технологического оборудования и сооружений НПС" 23.12.2019 ПАО "Транснефть"
- 27.Инструкция по эксплуатации НПС 2017г.
- 28.Герасименко С.С., Иванов А.А. Подшипники герметичных насосов; Академия наук Белорусской ССР (АН БССР), Институт ядерной энергетики. – Минск: Наука и техника, 1989. – 159 с.
- 29.Тыркин Б. А., Шумаков В. В. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов: учебник – Москва: Высшая школа, 1985. – 247 с.
- 30.Ведерников М. И. Компрессорные и насосные установки химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. - М.: Высшая школа. 1987. - 247 с.

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101