

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация упругого соединения между электродвигателем и механической частью вертикального шламового насоса

УДК 621.65.03:622.517

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Веретенников Андрей Николаевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Симанкин Ф.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубникова Н.В	д.и.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Чермискина М.С.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Манабаев К.К.	к.ф.-м.н.		

Томск – 2019 г.

Планируемые результаты обучения ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5),

	аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8),

	оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

	создания системы менеджмента качества на предприятии.	
P14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Манабаев К.К.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
З-4Е41	Веретенников Андрей Николаевич

Тема работы:

Модернизация упругого соединения между электродвигателем и механической частью вертикального шламового насоса	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1007/с от 08.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом исследования является конструкция шламового насоса.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	• Анализ отечественных и зарубежных конструкций шламовых насосов. • Исследование конструкции ВШН-150, его неисправностей и причин отказов. • Модернизация. • Монтаж установки шламового насоса. • Расчет параметров рабочего колеса, проведена проверка вала на прочность, рассчитано уплотнение и параметры отвода. • Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность.

	Социальная ответственность на нефтегазовом предприятии.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Сборочный чертёж, рабочее колесо, вал .
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность	Трубникова Н.В., доцент
Социальная ответственность	Черемискина М.С., ассистент

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Симанкин Ф.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Веретенников А.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 28 рис., 23 табл., 33 источника.

Ключевые слова: шламовый насос, муфта, втулка, бурение, скважина, электродвигатель.

Объектом исследования является конструкция шламового насоса.

Цель работы – модернизация упругого соединения между электродвигателем и шламовым насосом.

В процессе исследования проводился анализ конструкций отечественных и зарубежных насосов, патентный поиск. Была изучена конструкция ВШН-150, его технические и рабочие характеристики. Так же был проведен анализ уплотнительных устройств, расчет параметров рабочего колеса, вала на прочность и уплотнений.

В результате исследования была предложена конструкция по усовершенствованию упругого соединения между электродвигателем и механической частью вертикального шламового насоса.

Область применения: нефтегазовый промысел.

Определения, обозначения, сокращения

БУ – буровая установка;

ВД – вал двигателя;

ВШН – вертикальный шламовый насос;

ГСМ – горюче-смазочные материалы;

ДУ – допустимый уровень;

КВД – компрессор высокого давления;

КНД – компрессор низкого давления;

КПД – коэффициент полезного действия;

МУВП – муфта упруго-втулочная пальцевая;

НБ – насос буровой;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

Введение.....	12
1 Обзор литературы	13
1.1 Патентный поиск.....	13
1.2 Анализ конструкций отечественных шламовых насосов	16
1.3 Анализ конструкций зарубежных шламовых насосов	18
2 Анализ насоса	22
2.1 Описание базовой конструкции насоса	22
2.2 Технические и рабочие характеристики насоса.....	23
2.3 Анализ неисправностей и причин отказов	24
2.4 Уплотнительные устройства	25
2.5 Установка и монтаж, ремонт насоса	27
3 Модернизация и расчет	30
3.1 Описание модернизации	30
3.2 Расчет параметров рабочего колеса	35
3.3 Расчет вала на прочность	44
3.4 Расчет осевого усилия на вал	48
3.5 Расчет уплотнения.....	49
3.6 Расчет параметров отвода	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	63
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований	64
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	73
4.3 Определение ресурсоэффективности проекта	86
5 Социальная ответственность	91

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	91
5.2 Производственная безопасность	92
5.3 Экологическая безопасность.....	100
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	102
Заключение	104
Списко использованных источников	105
Приложение А	109

Введение

Основным видом оборудования, применяемого для перекачки разных видов жидкостных смесей являются насосы. Насосы, так же используются для перекачек абразивных (содержащих твердые частицы) жидкостей. Для таких жидкостей, применяются грунтовые конструкции насосов. Наиболее популярной конструкцией грунтового насоса является шламовый насос, который служит для перекачки гидросмесей. Не смотря на небольшой размер твердых частиц (шлама) в перекачиваемой жидкости, условия работы шламового насоса достаточно тяжелые, что создает необходимость использования технических приспособлений.

В нефтегазовом производстве шламовые насосы применяются повсеместно, например, при бурении в системы промывки скважин от выбуренных пород и очистки ее от бурового раствора.

Целью выпускной квалификационной работы – является повышение ресурса упругого соединения между электродвигателем и шламовым насосом.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить задачи:

1. Провести патентный поиск (обзор литературы).
2. Проанализировать конструкции отечественных и зарубежных шламовых насосов.
3. Выполнить модернизацию упругого соединения.

1 Обзор литературы

1.1 Патентный поиск

В патенте № 1318024 А представлено рабочее колесо центробежного насоса. Колесо содержит ведущий диск 1 и покрывной диск 2 и установленную между ними лопатку 3. С целью повышения ресурса работы, поверхности лицевых сторон лопаток перпендикулярны поверхностям диска. Поверхность тыльной стороны находится под углом $74...87^\circ$ к покрывному диску (рисунок 1).

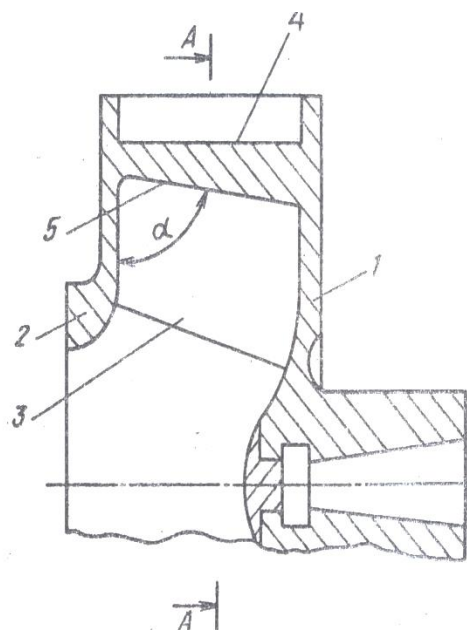


Рисунок 1 – Рабочее колесо центробежного насоса:

1- ведущий диск; 2- покрывной диск; 3- лопатка; 4- лицевая сторона лопатки;
5 - тыльная сторона лопатки

В патенте №1416755 А1 представлено рабочее колесо грунтового насоса, которое содержит основные лопатки 1 с рабочими поверхностями 2, закрепленные между передним диском 3 и задним диском 4. Диски снабжены уплотнительными лопатками, что позволяет повысить долговечность насоса, уменьшив износ от абразива. Рабочую поверхность изготовлена из периферийных и центральных участков, совмещенных под острым углом, вершины направлены в сторону вращения колеса. Периферийные участки идентичны рабочей поверхности основных лопаток. Центральные участки

исполнены вогнутыми (рисунок 2).

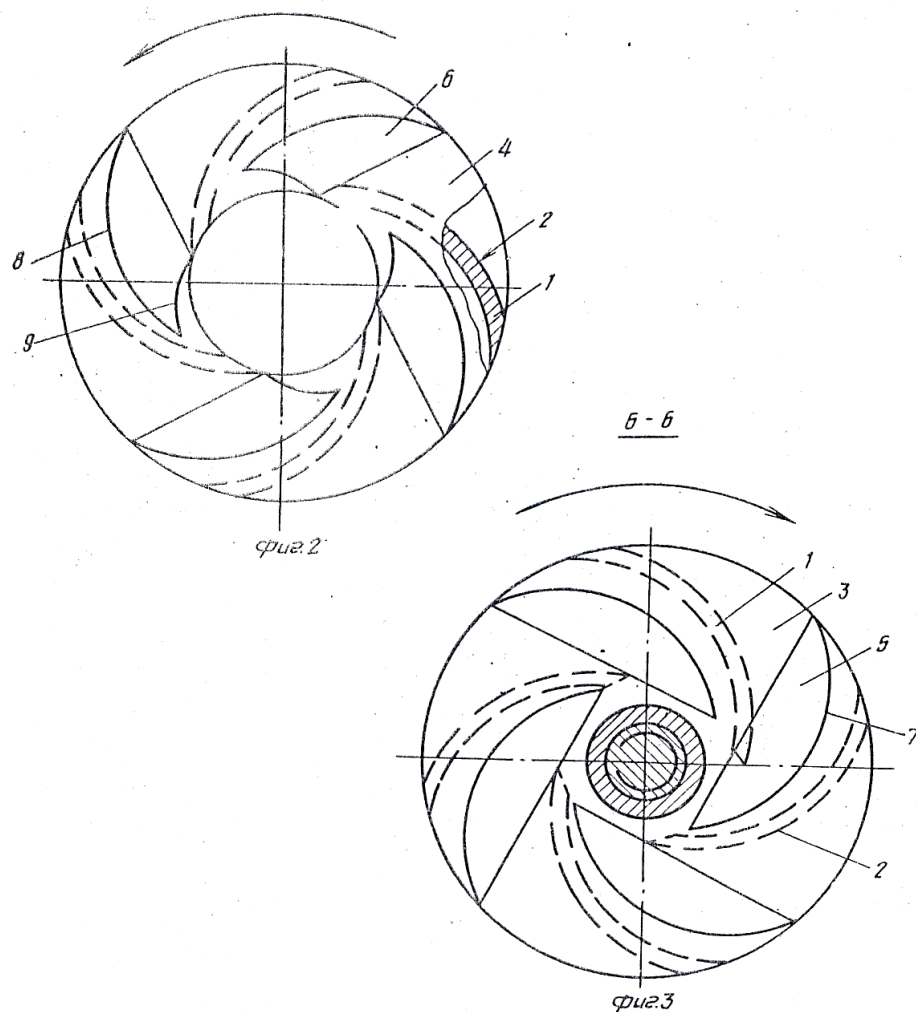


Рисунок 2 – Рабочее колесо грунтового насоса:

- 1- основные лопатки; 2 - рабочие поверхности основных лопаток;
 3 - передний диск; 4- задний диск; 5,6 - уплотнительные лопатки;
 7 - рабочие поверхности уплотнительных лопаток

Авторское свидетельство SU № 1028894 А предлагает способ повышения износостойкости лопастного колеса насоса за счет модернизации лопатки колеса. Каждая поверхность лопатки будет иметь уступ с наклонной поверхностью. Уступ будет расположен под углом 60 градусов к оси вращения колеса и будет сопряжен с рабочей поверхностью (рисунок 3).

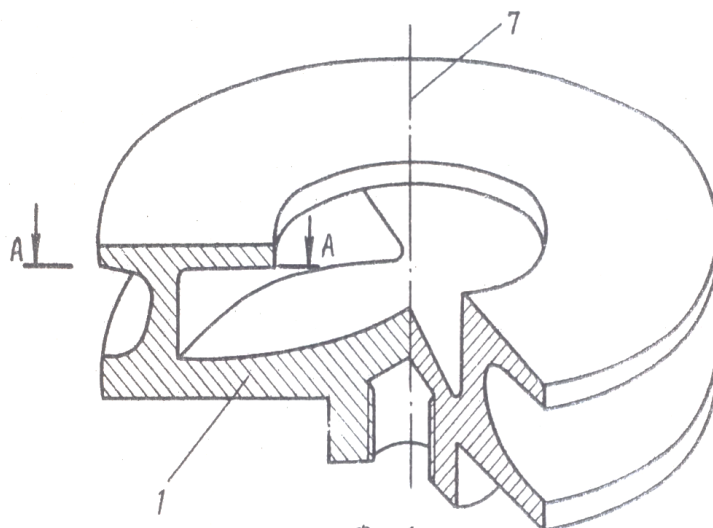


Рисунок 3 – Лопастное колесо насоса для перекачки абразивных жидкостей

Центробежный насос, предложенный в патенте SU №1528035 A1, содержит корпус 1, с передней стенкой 2 и задней стенкой 3. Между стенками установлено рабочее колесо 4. Колесо состоит и ведущего и ведомого диска 5,6, между которыми расположены рабочие лопатки 7 с входными и выходными кромками. Отбойные лопатки, установленные на передние стенки ведущего диска и на задней ведомого, расположены под равным углом и имеют равное количество как на ведомом, так и на ведущем диске (рисунок 4).

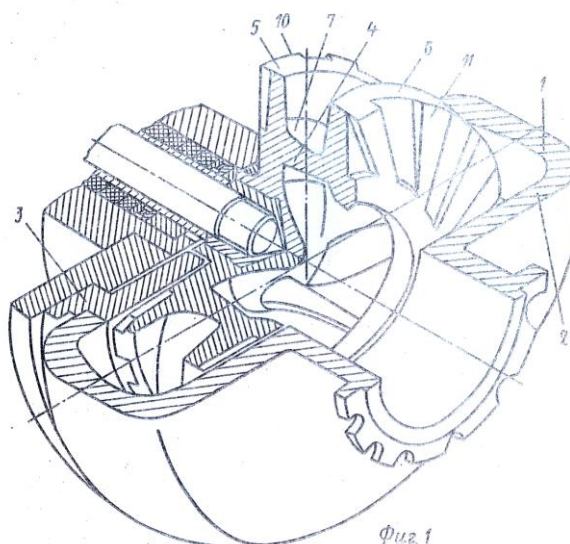


Рисунок 4 – Центробежный насос и установленное в нём рабочее колесо:
1- корпус; 2,3- передние и задние стенки; 4- рабочее колесо; 5,6- ведущий и

ведомый диски; 7- рабочие лопатки; 10,11- отбойные лопатки

1.2 Анализ конструкций отечественных шламовых насосов

Рассмотрим конструкции отечественных шламовых насосов.



Рисунок 5 – Насос горизонтальный шламовый 6Ш8-2

Данный тип насоса предназначен для перекачки фракции плотностью 1200-1500 кг/м³, с максимальным размером фракции не более 20 мм. Насосы отлучаются между собой, только геометрическими размерами. Насос 6Ш8 был выбран нами для модернизации. И подробнее его конструкцию мы изучим в разделе 2. На ряду с 6Ш8 на буровых используют электронасосные агрегаты типа ГрА.

Данный тип агрегатов состоит из одноступенчатого центробежного насоса, расположенного горизонтально и электродвигателя приводного типа. ГрА обладает возможностью верхнего расположения электродвигателя (рисунок 6). Благодаря верхнему расположению двигателя, можно менять соотношения диаметров шкивов на валу насоса и двигателя, подбирая нужную производительность и напор насоса.



Рисунок 6 – Насосная установка ГрАК – 170/40

Так же на буровых, для перекачки шлама используют вертикальные полупогружные насосы, такие как ВШН – 150 и его аналоги. Данный тип насоса используется на перекачки промывочного раствора с удельным весом 1300 кг/м^3 , температурой до 50°C . ВШН-150 относится к насосам центробежного типа.



Рисунок 7 – Агрегат электронасосный центробежный вертикальный
шламовый ВШН-150

Монтаж данного агрегата, происходит так, чтобы плоскость опорного кронштейна была выше на 120-150 мм, а расстояние от дна емкости до нижней плоскости насоса должно быть не менее 100 мм.

1.3 Анализ конструкций зарубежных шламовых насосов

Рассмотрим зарубежные аналоги шламовых насосов, их конструкции и технические условия.

Одними из популярных центробежных шламовых насосов является насосы серии SB (рисунок 8), данные насосы разработаны специально для перекачки абразивных шламов. Эти насосы могут использоваться как канализационные, всасывающие и дренажные. Основные технические требования представлены в таблице 3.



Рисунок 8 – Погружной пескоструйный насос для буровой установки
SB6x8J-13

Мировым лидером по поставкам технологического оборудования является корпорация «Metso». Корпорация изготавливает шламовые насосы

под торговыми марками: «Metso», «Svedala», «Denver», «Sala», «Orion», «Thomas». Рассмотрим некоторые виды поставляемых шламовых насосов.

Одним из поставляемых насосов серии «Orion», является горизонтальный ST (рисунок 9). ST это высокопрочные шламовые насосы с заглубленными крыльчатками. Насос имеет мягкую работу благодаря своей гидравлической конструкции. Заглубленные крыльчатки обеспечивают отсутствие комков и засоров и дают возможность перекачивать шлам с крупными и длинными фракциями.



Рисунок 9 – Горизонтальный шламовый насос серии ST

Так же легко адаптируемыми к перекачиванию различных сред, являются насосы STHM. Данные насосы изготавливаются с различными видами крыльчаток, а клиноременный привод позволяет обеспечить простую и экономичную настройку производительности насоса.

Насосы типа VT (рисунок 10) производства «Metso Minerals» были выполнены специально для перекачки абразивных шламов. Данный тип насосов обладает высокой прочностью и не требует частого технического обслуживания.

Еще одним крупным поставщиком насосов является компания «Warman». Компания производит устойчивые к абразивному износу шламовые насосы, задвижки и гидроциклоны.



Рисунок 10 – Вертикальный насос типа VT

Например, водоотливные насосы «SP» и «SPR» созданы для непрерывной работы в тяжелых условиях. Насосы обладают различными размерами длины и всасывающей насадки (рисунок10).

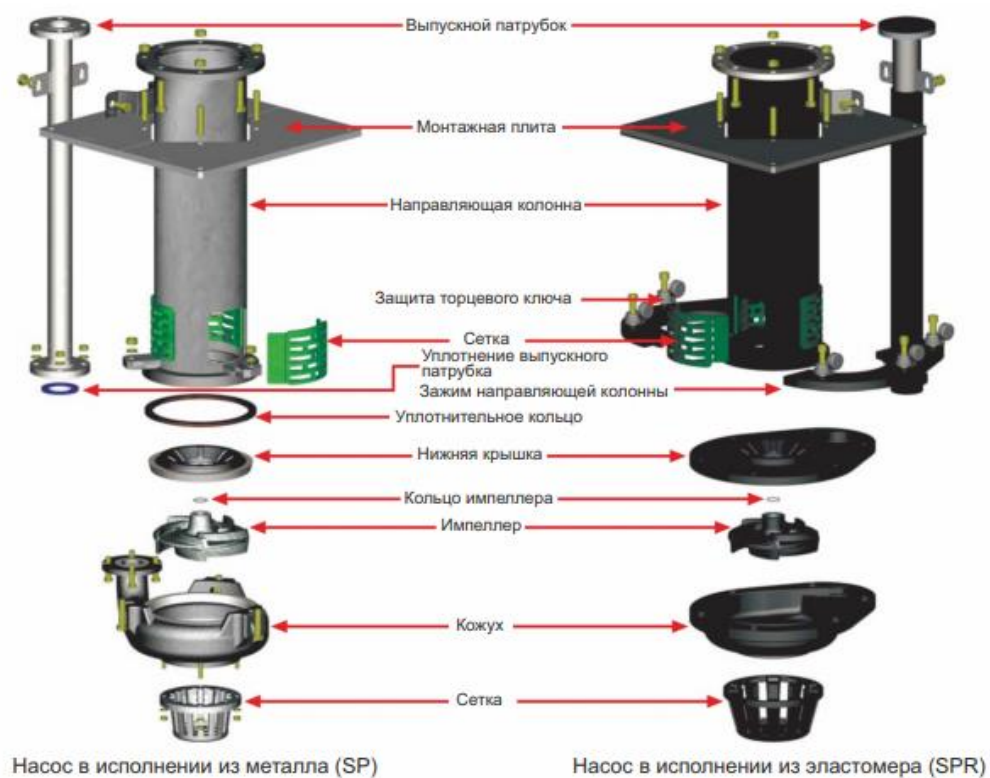


Рисунок 11 – Конструкция насосов типа «SP» и «SPR»

Анализ патентных работа, анализ отечественных и зарубежных шламовых насосов, показал большой спектр конструкций насосов и их характеристик.

2 Анализ насоса

2.1 Описание базовой конструкции насоса

Вертикальный шламовый насос ВШН-150 предназначен для:

- перекачивания бытовых и промышленных сточных вод и других загрязненных жидкостей;
- перекачивания промывочного раствора, применяемого при бурении скважин;
- подачи отработанного промывочного раствора в гидроциклонную установку для очистки от выбуренной породы.

Вертикальный шламовый насос ВШН-150 состоит из трубы с окнами, верхнего фланца, двух кронштейнов и нижней крышки. Внутри корпуса имеется фланец для крепления станка (корпуса шарикоподшипников). К верхнему фланцу крепится электродвигатель. К нижней крышке крепятся задняя броня, спиральный корпус и резиновый подшипник, являющийся одновременно уплотнительным устройством. Рабочее колесо открытого типа, правого вращения (если смотреть со стороны электродвигателя). Колесо крепится на валу с помощью специального болта. Вал насоса установлен на двух шарикоподшипниках, нижний конец его проходит через резиновый подшипник.

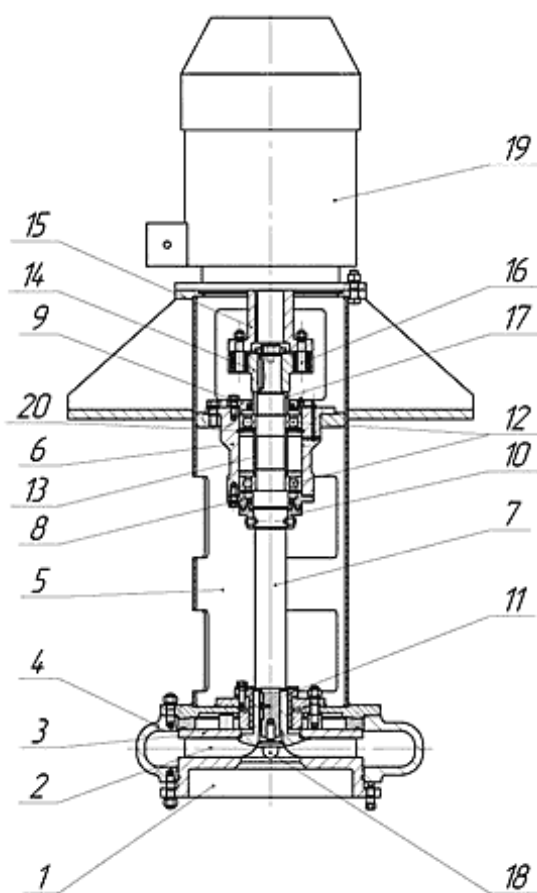


Рисунок 12 – Схема насоса ВШН: 1 - крышка (всаса); 2 - колесо рабочее; 3 - броня; 4 - корпус спиральный; 5 - корпус насоса; 6 - стакан; 7 - вал; 8 - крышка (лабиринтная); 9 - Крышка; 10 - Кольцо лабиринтное; 11 - Подшипник (резиновый); 12 - Подшипники; 13 - Втулка распорная; 14 - Полумуфта насоса; 15 - Полумуфта эл. двигателя; 16 - Пальцы; 17 - Втулка; 18 - Болт специальный; 19 - Электродвигатель; 20 - Кольцо пружинное.

2.2 Технические и рабочие характеристики насоса

Таблица 1 – Технические характеристики ВШН - 150

Параметр технической характеристики, размерность	Величина
Производительность, м ³ /ч	150
Напор, м	30
Диаметр рабочего колеса, мм	360
Число оборотов рабочего колеса, об/мин	1500
Диаметр патрубка, мм	
- всасывающего	125

- напорного	125
Габаритные размеры электродвигателем, мм	
- длина	1610
- высота	1050
- ширина	700
Электродвигатель	АИР 180М4У3 (мощность - 30 кВт; 1500 об/мин)
Масса, кг	560

2.3 Анализ неисправностей и причин отказов

Проведем анализ основных неисправностей и причин отказа насоса ВШН-150 на основе производственных данных.

Причины неисправностей насоса ВШН-150 и способы их устранения приведены в таблице 2

Таблица 2 - Причины неисправностей насоса ВШН-150 и способы их устранения

Неисправность	Вероятная причина	Способ устранения
Агрегат не подает гидросмесь	Насос и всасывающий трубопровод не были залиты водой перед запуском	Залить водой насос и всасывающий трубопровод
Агрегат не подает гидросмесь	Трубопроводы зашламованы; всасывающий трубопровод не герметичен; происходит подсос воздуха.	Очистить трубопроводы. Устранить подсос воздуха.
Агрегат не обеспечивает необходимую подачу	Уровень гидросмеси падает настолько, что возможен подсос воздуха; износ уплотнения вала.	Остановить насос до наполнения резервуара. Заменить сальниковое уплотнение.
Агрегат не обеспечивает необходимого напора	Износ рабочего колеса;	Заменить рабочее колесо. Проверить напряжение в

	электродвигатель не развивает полного числа оборотов, вследствие пониженного напряжения.	электросети.
Агрегат вибрирует во время работы	Недопустимая несоосность осей валов насоса и электродвигателя; слабо закреплен насос и электродвигатель	Отцентрировать оси валов насоса и электродвигателя. Подтянуть болты, крепящие насос электродвигатель .

2.4 Уплотнительные устройства

Рассмотрим уплотнительные устройства. Их базовая конструкция применяется для подвижных и неподвижных соединений.

Общим элементом уплотнений является уплотненные поверхности стыка соединений, что обеспечит герметичность уплотнения.

На работоспособность уплотнений влияют следующие факторы:

- эксплуатационный;
- конструктивный;
- технологический;
- технико-экономический;
- экологический.

Самые важные из них: свойство рабочей и окружающей среды, режим работы, свойство материала герметизируемого соединения и уплотнителя, пределы утечек, ресурс, срок эксплуатации; токсичность и химическая агрессивность сред.

По свойствам материала и характеру производства уплотнители делят на:

- механические;
- резиновые или эластомерные;

- композиционные;
- набивочные;
- жидкостные.

На рисунке 13 представлены уплотнения по типу герметизации.



Рисунок 13 – Типы герметизируемых соединений и индексация уплотнений

Расчет уплотнительного подвижного соединения совокупен с рядом проблем таких как герметичность, терние и износ. Движение вала (штока и др.) в зоне контакта с уплотнением создает новые физические процессы. В результате этих процессов, между поверхностями может возникнуть пленка из смазочного материала, а в образовавшийся зазор может попасть герметизируемая среда.

Процесс, который происходит в области контакта связан со свойством материалов, контактирующих тел. Главной особенностью УПС и УВ является широкий диапазон условий работы и возникающие при этом режимы трения. При переходе одного режима трения на другой, меняются рабочие параметры и образуется пленка смазочного материала.

Большая скорость жидкости, проходящая через стенки зазора, выполненного между рабочим колесом и корпусом, способствует химическому и эрозионному разрушению материала. Наиболее быстрый износ происходит если в жидкости есть абразивные частицы. Это все

приводит к износу уплотняющего зазора, а как следствие к смене рабочего колеса и корпуса насоса. Увеличение утечек, так же приводит к изменению распределения давления, что может привести к разращению.

В месте выхода вала из корпуса насоса устанавливают сальники. Набивку которого изготавливают из хлопчатобумажного материала или асбестового шнура с квадратным сечением. При работе происходит износ набитого материала, что увеличивает утечку жидкости. Если при повторном натяжении происходит нагрев сальника, то набивку нужно менять. В зависимости от количества абразива в жидкости и материала, набивка служит от 200 до 4000 часов.

2.5 Установка и монтаж, ремонт насоса

На общую раму монтируется насос и электродвигатель, соблюдая зазор 5-6 мм между полумуфтами. Насос и электродвигатель закрепляют болтами и проверяют на соосность. Центрирование полумуфт происходит по средствам металлических прокладок под станину насоса. Не соосность валов допускается не более 0,3 мм, а не параллельность полумуфт на более 0,2 мм. Фундаментные болты должны быть затянутые. Если не было произведено центрирование муфты, запрещается запуск агрегата. Если установка приходит в сборе с завода, центровку муфт так же необходимо проверить. Особое внимание при монтаже уделяется герметичности нагнетательного трубопровода. Трубопроводы, всасывающий и нагнетательный, должны иметь самостоятельные опоры, чтобы исключить вес трубопровода. На всасывающие и нагнетательные линии устанавливаются задвижки.

Далее происходит подготовка агрегата к пуску. Перед пуском агрегата проводят следующие работы:

1. Проверяют правильность направлений вращения (по часовой стрелке, если смотреть на агрегат со стороны двигателя) электродвигателя при не подключенном насосе. Не соблюдение этого требования может привести к поломке агрегата.

2. Провести проверку жидкой смазки в корпусе подшипника.
3. Провернуть вал насоса, ротор должен свободно проворачиваться.
4. Проверить затяжку всех болтов.
5. Обеспечить подвод воды в узел уплотнения вала под давлением $6,5 \text{ кгс/см}^2$.
6. Обеспечить наличие гидросмеси в резервуаре и патрубке. Пуск без гидросмеси запрещается.

Пуск агрегата происходит при полностью открытой задвижке на всасывающем трубопроводе и при не полностью закрытой задвижке на нагнетательном трубопроводе. После этого, происходит пуск электродвигателя и набор необходимых оборотов, постепенное открытие задвижки, что позволит устранить перегрузку электродвигателя. Не допускаются острые угловые колена и резкие переходы диаметров. Чтобы пары, выделившиеся из перекачиваемой гидросмеси, могли легко удалиться, всасывающая линия должна подниматься к насосу. С помощью регулировки задвижки на нагнетательном трубопроводе получают необходимую подачу насоса. Регулировку насоса задвижкой всасывающего трубопровода производить запрещено. Уплотнение должно быть отрегулировано, в дальнейшем в работе необходимо производить контроль сальника и регулировать его поджатием гаек.

Чтобы установка хорошо функционировала на протяжении долгого времени, необходимо производить обслуживание и ремонт. Оборудование моют, внутренние детали и узлы также чистят. Далее проводят проверку деталей и узлов на наличие дефектов. При наличии даже небольших дефектов, делать бракуется.

Розборку насоса проводят в следующем порядке:

1. Отсоединяют всасывающий и нагнетательный трубопроводы.
2. Отсоединяют и демонтируют электродвигатель.
3. Демонтируют всасывающие патрубки.
4. Снимают рабочее колесо.

5. Снимают спиральный корпус.
6. Отсоединяют корпус сальника и уплотнения.
7. Вынимают корпус подшипниковый узел.
8. Выпрессовывают вал вместе с полумуфтой.
9. Снимают полумуфту и крышку заднего подшипника.
10. Снимают втулку.
11. Выпрессовывают подшипник.

После демонтажа все детали моют, а вышедшие из строя меняют или ремонтируют. После ремонта, насос испытывают на чистой воде. Проверяя давление, производительность и температурный режим.

3 Модернизация и расчет

3.1 Описание модернизации

Вертикальный шламовый насос соединяется с электродвигателем по средствам упругой втулочно-пальцевой муфты (МУВП) (Рисунок 14) . Данный тип муфт легко изготавливать, упругие элементы легко заменять. Чаще всего МУВП изготавливают их чугуна СЧ 40, стали 30 или стального литья 35Л. Материал пальцев – сталь 45.

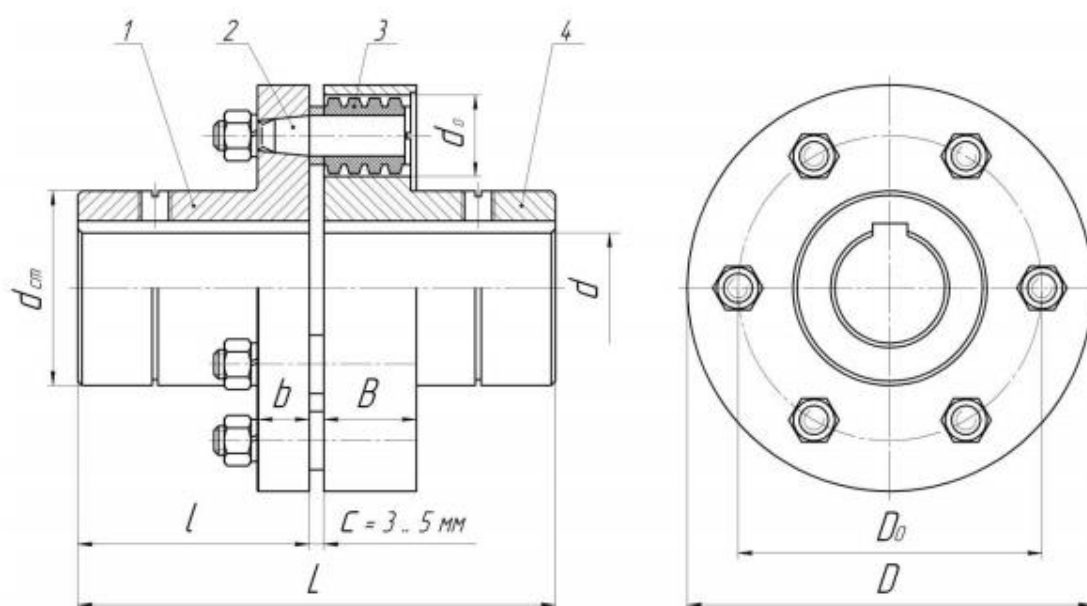


Рисунок 14 – Муфта упругая втулочно-пальцевая: 1,4 – полумуфта, 2 – палец, 3 – втулка

Подбор муфты осуществляется по крутящему моменту $T = 318$ Нм и диаметру вала $d = 45$ мм.

Для расчета возьмем муфту МУВП-7 с параметрами:

$$d_0 = 28 \text{ мм}$$

$$D_0 = 170 \text{ мм}$$

$$L = 225 \text{ мм}$$

$$l = 110$$

$$z = 6$$

На рисунке 15 представлена конструкция пальца с резиновой втулкой.

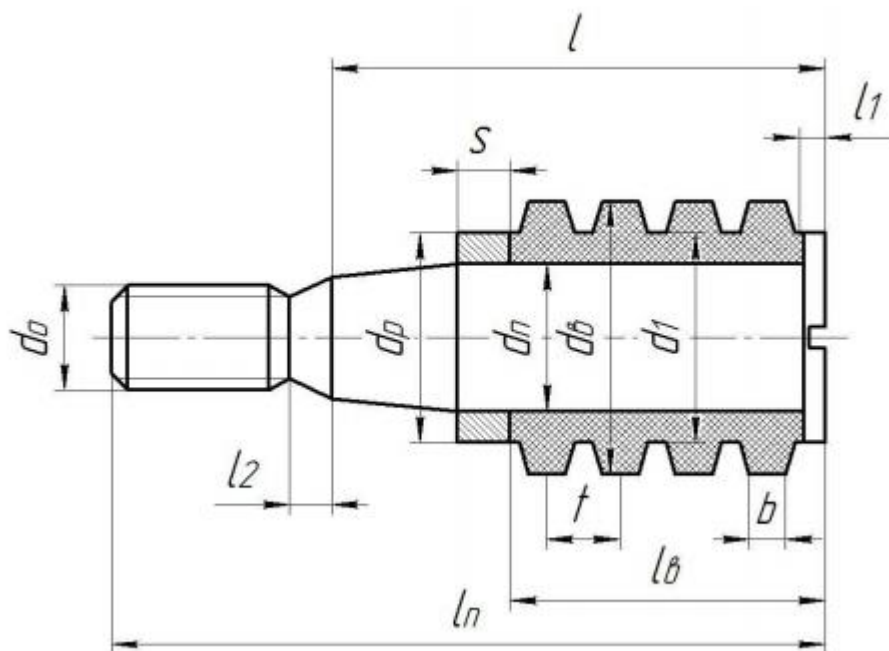


Рисунок 15 – Палец с втулками муфты МУВП

По таблице А1 определяем размеры пальцев и втулок для МУВП-7.

$$d_n = 14 \text{ мм}$$

$$d_b = 27 \text{ мм}$$

$$l_b = 28 \text{ мм}$$

$$b = 3,5 \text{ мм.}$$

Проведем расчет упругих элементов на смятие.

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{Q}{A} \leq [\sigma]_{\text{см}} \quad (1)$$

где Q – поперечная сила сечения;

A – площадь.

Поперечная сила

$$Q = \frac{2T}{zD_0} \quad (2)$$

где T – вращающий момент;

z – количество пальцев,

D_0 – диаметр окружности расположения пальцев.

Получим:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{A \cdot z \cdot D_0} \leq [\sigma]_{\text{см}} \quad (3)$$

Проверим на смятие втулку, предусмотренную конструкцией МУВП.

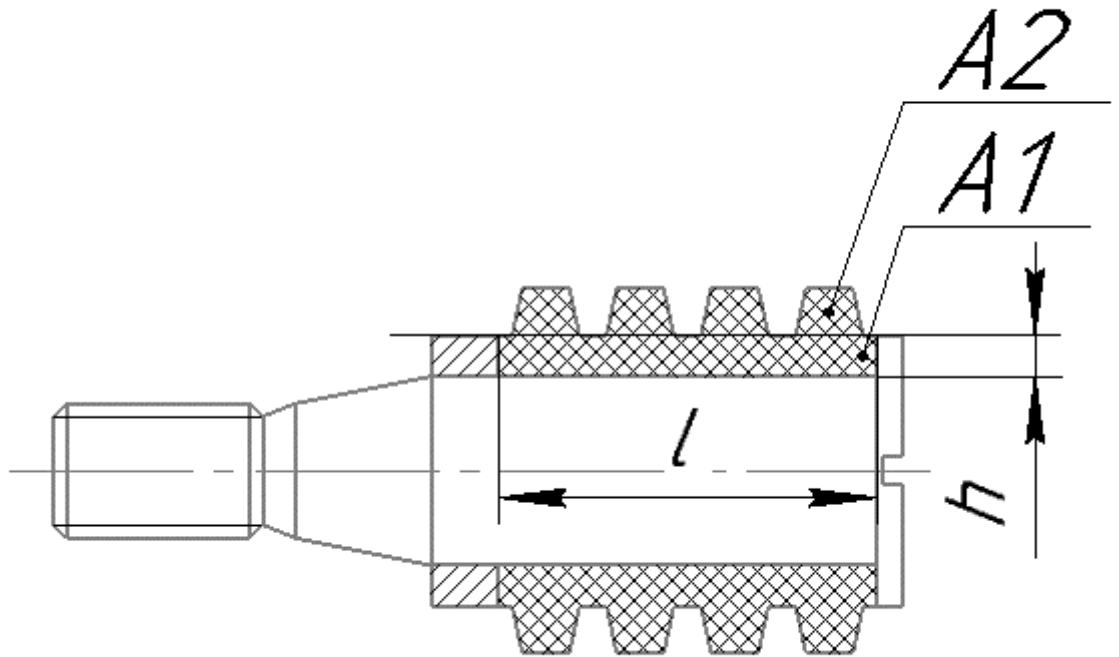


Рисунок 16 – Упругая втулка

Площадь сечения для данного типа втулки складывается из площади A1 и A2.

$$A1 = l \cdot h, \quad A2 = 4 \cdot S_{\text{тр}} \quad (4)$$

где l – длина втулки, h – высота сплошной части втулки.

Площадь трапеции находится по формуле: $S_{\text{тр}} = \frac{1}{2} \cdot (a + b) \cdot h_{\text{тр}}$.

Получим $A = 2(A1 + A2)$.

$$A1 = 28 \cdot 3 = 84 \text{ мм}^2, \quad A2 = 4 \cdot \frac{1}{2} \cdot (3,5 + 5) \cdot 3,5 = 59,5 \text{ мм}^2$$

$$A = 2(84 + 59,5) = 287 \text{ мм}^2.$$

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{A \cdot z \cdot D_0} = \frac{2 \cdot 318 \cdot 10^3}{287 \cdot 6 \cdot 170} = 2,17 \text{ МПа}$$

Так как допускаемое напряжение на смятие для резины $[\sigma]_{\text{см}} = 2 \dots 4 \text{ МПа}$, то по формуле 3

$$\sigma_{\text{см}} = 2,17 \leq [2 \dots 4]$$

Условие выполняется. Работоспособность резиновых втулок обеспечивается.

МУВП имеют низкие компенсационные свойства, что приводит к смещению валов, а как следствие быстрому износу резиновых втулок. В полевых условиях не всегда есть возможность заменить втулку, в связи с чем есть необходимость рассмотреть аналоги.

1. Полихлорвинил (изолента)

При намотки полихлорвинилом втулка будет иметь форму, представленную на рисунке 17 (в упрощенном виде).

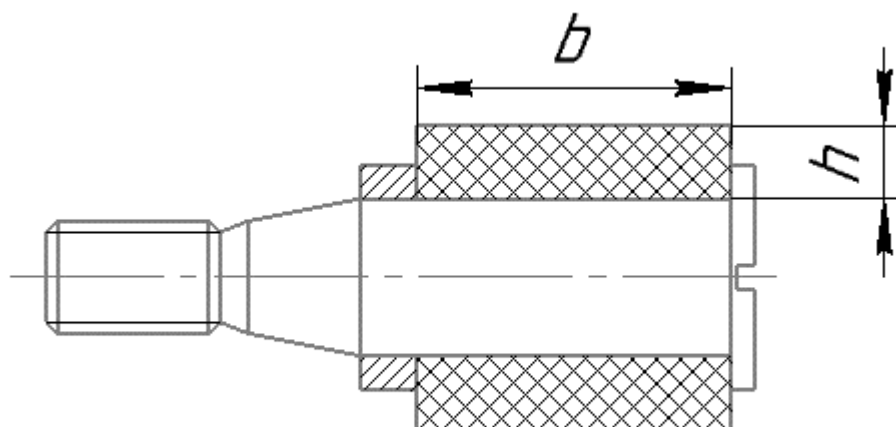


Рисунок 17 – Втулка из полихлорвинила

Площадь сечения для данного типа втулки найдем по формуле 5.

$$A = 2 \cdot l \cdot h \quad (5)$$

$$\text{Получим } A = 2 \cdot 6,5 \cdot 28 = 364 \text{ мм}^2$$

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{A \cdot z \cdot D_0} = \frac{2 \cdot 318 \cdot 10^3}{364 \cdot 6 \cdot 170} = 1,71 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение на смятие для полихлорвинила $[\sigma]_{\text{см}} = 2 \text{ МПа}$

$$\sigma_{\text{см}} = 1,71 \leq [2]$$

Условие выполняется.

В данном способе есть проблема неравномерной намотки, а так же контроля толщины обмотки. Превышение необходимого диаметра может привести к поломке муфты.

Еще одним способом заменить резиновую втулку может стать нарезанной клиноремень. Для МУВП-7 используем ремень клиновые Z(0) с параметрами: ширина ремня $b = 13\text{ мм}$, высота ремня $h = 8\text{ мм}$.

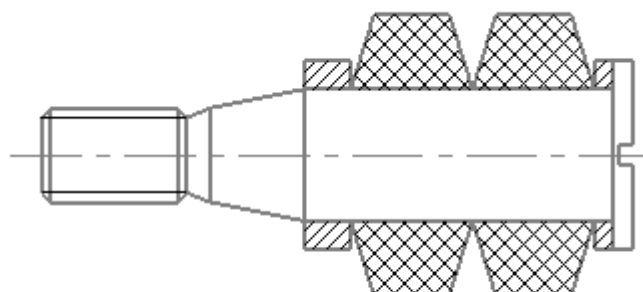


Рисунок 18 – Втулка из клиноременя

Площадь сечения для данного типа втулки найдем по формуле 6.

$$A = n \cdot S_{\text{тр}} \quad (6)$$

Получим

$$A = n \cdot S_{\text{тр}} = 4 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (a + b) \cdot h \right) = 4 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot (8 + 13) \cdot 8 \right) = 336 \text{ мм}^2$$

$$\text{Тогда } \sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{A \cdot z \cdot D_0} = \frac{2 \cdot 318 \cdot 10^3}{336 \cdot 6 \cdot 170} = 1,85 \text{ МПа}$$

Так как допускаемое напряжение на смятие для резины $[\sigma]_{\text{см}} = 2 \dots 4 \text{ Мпа}$, то по формуле 3

$$\sigma_{\text{см}} = 1,85 \leq [2 \dots 4]$$

Условие выполняется.

Представленные варианты замены выдерживают нагрузку и могут являться временной мерой по замене резиновых втулок. Данная модернизация поможет обеспечить бесперебойную работу насоса, сократить межремонтный период и как следствие уменьшить расходы предприятия.

3.2 Расчет параметров рабочего колеса

Исходные данные:

Подача насоса	$Q=170 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,04722 \text{ м}^3/\text{с}$
Напор	$H=50\text{м}$
Частота вращения колеса	$n=1481 \text{ об/мин} = 24,68 \text{ с}^{-1}$
Угловая скорость	$\omega=155 \text{ рад/с}$
Плотность перекачиваемой жидкости	$\rho=1200 \text{ кг/м}^3$

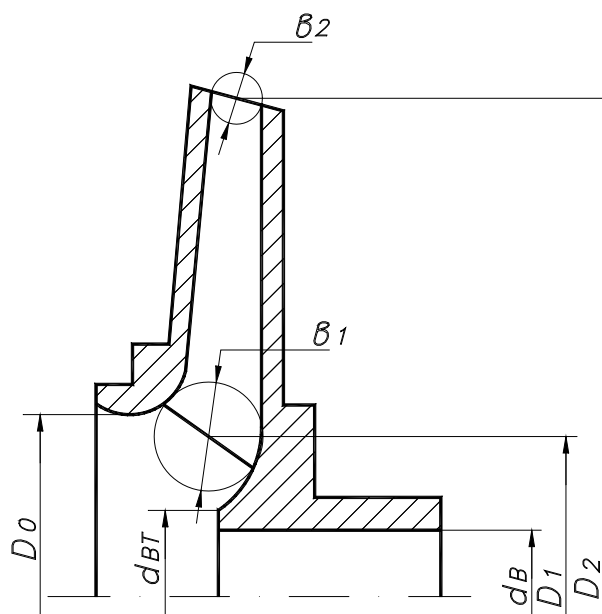


Рисунок 19 – Конструкция рабочего колеса

Расчитываем размеры и параметры меридианного сечения рабочего колеса.

Коэффициент быстроходности n_s :

$$n_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{(g \cdot H_{CT})^{3/4}}, \quad (7)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

H_{CT} – напор, создаваемый одной ступенью, м.

$H_{CT} = H = 50\text{м}$.

$$n_s = \frac{24,68 \cdot \sqrt{0,04722}}{(9,81 \cdot 50)^{3/4}} = 0,0514$$

Для центробежных насосов такой коэффициент быстроходности допустим, однако он свидетельствует о небольшом КПД насоса.

Расход жидкости в каналах рабочего колеса Q_k :

$$Q_k = \frac{Q}{\eta_{об}}, \quad (8)$$

где $\eta_{об}$ – объемный коэффициент полезного действия;

Q - расход жидкости, м³/ч.

Объемный коэффициент полезного действия $\eta_{об}$:

$$\eta_{об} = \frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} (n_s)^{-2/3}} = \frac{1}{1 + 6 \cdot 10^{-3} (0,514)^{-2/3}} = 0.958 \quad (9)$$

Тогда:

$$Q_k = \frac{0.04722}{0.958} = 0.04929$$

Приведенный диаметр входа в рабочее колесо по одному из критериев подобия:

$$\frac{Q_k}{(n \cdot D_{1np}^3)} = const \quad (10)$$

где D_{1np} – приведенный диаметр входа в рабочее колесо, м.

Приведенный диаметр входа в рабочее колесо D_{1np}^3 :

$$D_{1np} = k_{вх} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_k}{n}}, \quad (11)$$

где $k_{вх}$ – коэффициент входа, $k_{вх} = 0,9-1,28$.

Для малых размеров ($D_{1np} < 70$ мм) рекомендуются самые большие коэффициенты; средние – для первых ступеней многоступенчатых насосов;

малые – для больших диаметров и промежуточных ступеней многоступенчатых насосов. Примем $k_{ex} = 0,95$.

$$D_{np} = D_0^2 - d_{em}^2, \quad (12)$$

где D_0 – внешний диаметр входа в рабочее колесо, м;

d_{em} – диаметр втулки колеса, м.

$$D_{np} = 0,95 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,04929}{24,68}} = 0,1196 \approx 0,12$$

КПД насоса η :

$$\eta = \eta_{\Gamma} \cdot \eta_{об} \cdot \eta_{м}, \quad (13)$$

где η_{Γ} – гидравлический КПД;

$\eta_{об}$ – объемный КПД, $\eta_{об} = 0,958$;

η_i – механический КПД, $\eta_i = 0,8 \dots 0,98$

Меньшее значение η_i принимается для многоступенчатых насосов, для насосов с малым n_s (коэффициентом быстроходности), с осевой опорой у каждого колеса. Для нашего случая принимаем $\eta_i = 0,8$.

$$\eta_{\Gamma} = 1 - \frac{0,42}{(\lg 120 - 0,172)^2} = 0,88$$

Тогда:

$$\eta = 0,88 \cdot 0,958 \cdot 0,8 = 0,67$$

Определяем мощность потребляемую насосом:

$$N = \frac{Q_k \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta}, \quad (14)$$

где ρ – плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

g – ускорение свободного падения, м/с²;

H – напор, м.

$$N = \frac{0,04929 \cdot 1200 \cdot 9,8 \cdot 50}{0,67} = 43302 \text{ Вт} \approx 43,3 \text{ кВт}$$

Диаметр вала d_ϵ :

$$d_\epsilon = \sqrt[3]{\frac{N}{n \cdot [\tau]}}, \quad (15)$$

где $[\tau]$ – допустимое напряжение материала вала при кручении (в предварительном расчете вала оно принимается заниженным), Па; $[\tau] = 12\text{--}20$ МПа.

Принимаем $[\tau] = 19 \cdot 10^6$ Па.

$$d_\epsilon = \sqrt[3]{\frac{43302}{24,68 \cdot 19 \cdot 10^6}} = 0,045$$

т.е. можно использовать вал от насоса ВШН-150. Материал вала: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71; $[\tau] = 1500 \text{ кгс/см}^2 = 150$ МПа.

Диаметр вала: М45 допускается.

Внешний диаметр втулки:

$$d_{\text{вн}} = (1,2 - 1,35 \cdot d_\epsilon) \quad (16)$$

Для валов меньшего диаметра (25 - 17 мм) берут коэффициенты 1,2-1,35. В нашем случае принимаем коэффициент 1,22.

$$d_{\text{вн}} = 1,22 \cdot 0,045 = 0,055 \text{ м}$$

Диаметр входа в колесо D_0 :

$$D_0 = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot Q_k}{\pi \cdot C_0}\right) + d_{\text{вн}}^2}, \quad (17)$$

где C_0 – осевая скорость жидкости у входа в пространстве между D_0 и $d_{\text{вн}}$, определяется без учета подкрутки потока по зависимости Руднева, м/с:

$$C_0 = (0,9 - 1,28) \cdot \sqrt[3]{Q_k \cdot n^2}, \quad (18)$$

принимаем $k_{\text{вх}} = 0,95$.

$$C_0 = 0,95 \cdot \sqrt[3]{0,04929 \cdot 24,68^2} = 2,95 \text{ м/с},$$

Тогда:

$$D_0 = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0,04929}{3,14 \cdot 2,95}\right) + 0,055^2} = 0,155 \text{ м},$$

Округлив, принимаем значение $D_0 = 0,15 \text{ м}$.

Диаметр колеса у входной кромки лопасти D_0 :

$$D_1 = (0,8 - 0,9) \cdot D_0, \quad (19)$$

$$D_1 = (0,8 - 0,9) \cdot 0,155 = 0,124$$

Принимаем $D_0 = 0,135 \text{ м}$.

Ширина канала рабочего колеса у входной кромки лопасти e_1 :

$$e_1 = \frac{Q_k}{\pi \cdot D_1 \cdot C_{0m}}, \quad (20)$$

где C_{0m} – скорость потока на входе у лопастей до стеснения ими проходного сечения, м/с.

Принимаем $C_{0m} = C_0 \approx (2,95 - 3,1) \approx 2,95 \text{ м/с}$

Тогда:

$$e_1 = \frac{0,04929}{3,14 \cdot 0,135 \cdot 2,95} = 0,039 \approx 0,4 \text{ м}.$$

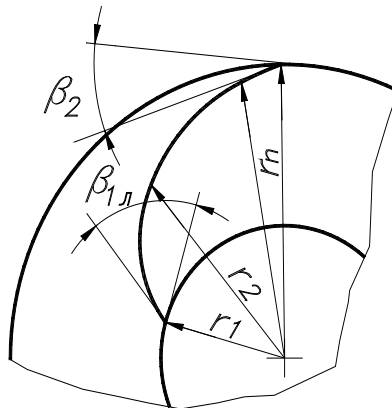


Рисунок 20 – Схема лопасти колеса

Угол входной кромки лопасти $\beta_{1л}$:

$$\beta_{1\epsilon} = \beta_1 + \delta, \quad (21)$$

где δ – угол атаки, °

$\delta = 5-10^0$, для повышения кавитационных качеств принимают $\delta = 15^0$.

Определяем β_1 из выражения :

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{C_{1m}}{U_1}, \quad (22)$$

где U_1 – окружная скорость.

$$C_{1m} = k_1 \cdot C_{0m}, \quad (23)$$

где k_1 – коэффициент стеснения проходного сечения лопастями на входе колеса; $k_1 = 1.1-1.25$

Примем $k_1 = 1.25$.

$$C_{1m} = 1.25 \cdot 2.95 = 3.69 \text{ м/с}.$$

Определим окружную скорость:

$$U_1 = \frac{\omega \cdot D_1}{2}, \quad (24)$$

$$U_1 = \frac{155 \cdot 0.135}{2} = 10.46 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{3.69}{10.46} = 0.35277$$

Отсюда:

$$\beta_1 = \arctg 0.35277 = 19.431438^0 \approx 19^0 30$$

Примем $\delta = 7^0 30$.

$$\beta_{1\epsilon} = 19.5 + 7.5 = 27$$

$\rho_k=0,7-0,75$ – коэффициент реакции для насосов, принимаем для нашего случая $\rho_k=0,74$.

$$C_{2u} = 2 \cdot (1 - 0,74) = 0,52 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$U_2 = \sqrt{\frac{9,81 \cdot 56,82}{0,52}} = 32,74 \text{ м/с}$$

$$D_2 = \frac{2 \cdot 32,74}{155} = 0,422 \text{ м}$$

Округляем $D_2 = 0,42$ м.

Находим отношение:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{0,42}{0,128} = 3,1 \quad (25)$$

Ширина канала рабочего колеса у входной кромки лопасти D_2 :

$$b_2 = \frac{Q_k}{\pi \cdot D_2 \cdot C_{2m}}, \quad (26)$$

где C_{2m} - меридиальная скорость на выходе из колеса, взятая без учета стеснения проходного сечения лопастями, м/с.

Принимают

$$C_{2m} = (0,8 - 1,1) \cdot C_{0m}, \quad (27)$$

В частности C_{0m} ближе к нижнему пределу в случае, если возникают технологические трудности при изготовлении колеса с узким каналом на выходе из него.

$$C_{2m} = 0,85 \cdot 2,95 = 2,5 \text{ м/с}$$

Тогда:

$$b_2 = \frac{0,04929}{3,14 \cdot 0,42 \cdot 2,5} = 0,015 \text{ м}$$

Угол выходной кромки лопасти β_2 находят их планов скорости W_1 и W_2 с учетом коэффициента стеснения:

$$\sin \beta_2 = \sin \beta_{1u} \cdot \frac{W_1}{W_2} \cdot \frac{k_2}{k_1} \cdot \frac{C_{2m}}{C_{1m}}, \quad (28)$$

где $\frac{W_1}{W_2} = 1,6 - 1,2$ - для насосов с $n_s = 0,04 - 1,1$;

$\frac{W_1}{W_2} = 1,2 - 1,1$ - для насосов с $n_s = 0,1 - 1,25$

Для нашего случая, при $n_s = 0,0514$ принимаем $\frac{W_1}{W_2} = 1,5$.

Средний внешний диаметр колеса D_2 :

$$D_2 = \frac{2 \cdot U_2}{\omega}, \quad (29)$$

где U_2 – окружная скорость, м/с.

$$U_2 = \sqrt{\frac{g \cdot H_T}{C_{2u}}}, \quad (30)$$

где H_T – теоретический напор, м.

$$H_T = \frac{H}{\eta_r}, \quad (31)$$

$$H_T = \frac{50}{0,88} = 56,82 \text{ м}$$

где C_{2u} – коэффициент окружной составляющей абсолютной скорости жидкости при выходе из колеса.

$$C_{2u} = 2 \cdot (1 - \rho_k), \quad (32)$$

где k_2 – коэффициент стеснения проходного сечения лопастями на выходе из колеса (чем больше диаметр D_2 , тем меньше коэффициент), $k_2 = 1,04 - 1,1$, т.е. предварительно выбираем $k_2 = 1,05$;

$k_1 = 1,1-1,25$ – коэффициент стеснения лопастями, предварительно принимаем $k_1 = 1,12$

$$\sin \beta_2 = \sin 27^\circ \cdot 1,5 \cdot \frac{1,05}{1,12} \cdot \frac{2,5}{3,69} = 0,43253$$

$$\beta_2 = 25,6286^\circ \approx 25^\circ$$

Оптимальное число лопастей $Z_{\text{л}}$:

$$Z_{\text{л}} = k \cdot \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D} \cdot \sin \frac{\beta_2 + \beta_{1\text{л}}}{2}, \quad (33)$$

где $k = 6,5$ – при лопастях относительно большой толщины ($\sim 4-6$ мм)

$k \geq 8$ – при лопастях, выполненных из листа с малой толщиной ($\sim 2-3$ мм)

В нашем случае принимаем $k = 6,5$ (при $s = 16$ мм).

$$Z_{\text{л}} = 6,5 \cdot \frac{0,42 + 0,135}{0,42 - 0,135} \cdot \sin \frac{25^\circ + 27^\circ}{2} = 5,5$$

Округляем и принимаем $Z_{\text{л}} = 5$ лопаток.

Теоретический напор при бесконечном числе лопастей H_{pm} :

$$H_{\text{pm}} = (1 + p) \cdot H_T, \quad (34)$$

$$p = \frac{2 \cdot \Psi}{Z_{\text{л}}} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}, \quad (35)$$

$$\Psi = \frac{\pi}{2} \left[\sin \beta_2 + \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \cdot \sin \beta_{1\text{л}} \right], \quad (36)$$

или для $n_s = 0,06-0,125$:

$$\Psi = (0,55 - 0,65) + 0,6 \cdot \sin \beta_2, \quad (37)$$

Для нашего случая:

$$\Psi = 0,6 + 0,6 \cdot 0,422618 = 0,85$$

Тогда:

$$p = \frac{2 \cdot 0,85}{5} \cdot \frac{1}{1 - \left(\frac{0,135}{0,42} \right)^2} = 0,38$$

$$H_{pm} = (1 + 0,38) \cdot 56,58 = 78,41 \text{ м}$$

Проверка расчета:

$$C_{2m} = k_2 \cdot C_{2m}, \quad (38)$$

$$C_{2m} = 1,04 \cdot 2,52,6 \text{ м/с}$$

$$U_{2(2)} = \left(\frac{C_{2m}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2} \right) + \sqrt{\left(\frac{C_{2m}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2} \right)^2 + g \cdot H_{pm}}, \quad (39)$$

$$U_{2(2)} = \left(\frac{2,6}{2 \cdot \operatorname{tg} 25^\circ} \right) + \sqrt{\left(\frac{2,6}{2 \cdot \operatorname{tg} 25^\circ} \right)^2 + 0,78 \cdot 78,41} = 30,66 \text{ м/с}$$

Определяем:

$$D_{2(2)} = \frac{2 \cdot U_{2(2)}}{\omega}, \quad (40)$$

$$D_{2(2)} = \frac{2 \cdot 30,66}{155} = 0,395 \text{ м}$$

$$\epsilon_{2(2)} = \frac{Q_k}{(\pi \cdot D_{2(2)} \cdot C_{2m})},$$

$$\epsilon_{2(2)} = \frac{0,04929}{(3,14 \cdot 0,395 \cdot 2,5)} = 0,0158 \text{ м} \quad (41)$$

3.3 Расчет вала на прочность

Рассчитаем вал по заданным параметрам на прочность.

Исходные данные для расчета:

Мощность двигателя $N = 50$ кВт;

Число оборотов $n = 1481$ об/мин;

Для расчета вала на кручение диаметр вала $d = 45$ мм;

на изгиб $d = 50$ мм.



Рисунок 21 – Расчетная схема

Наибольший крутящий момент определяется по формуле

$$M_{\kappa} = \frac{30N}{\Pi n}, \quad (42)$$

где N – мощность двигателя, кВт;

n – частота вращения вала, об/мин.

$$M_{\kappa} = \frac{30 \cdot 50 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1481} = 318 \text{ Нм}$$

Наибольшее касательное напряжение от кручения:

$$\tau = \frac{M_{\kappa}}{W_{\kappa}}, \quad (43)$$

где M_{κ} - момент кручения, Нм;

W_{κ} - момент сопротивления вала кручению, мм³.

Момент сопротивления вала кручению определяется по формуле:

$$W_{\kappa} = \frac{\Pi d^3}{16}, \quad (44)$$

где d - диаметр вала, мм.

$$W_{\kappa} = \frac{3,14 \cdot 45^3}{16} = 17883 \text{ мм}^3$$

$$\tau = \frac{318 \cdot 10^3}{17883} = 17,8 \text{ МПа}$$

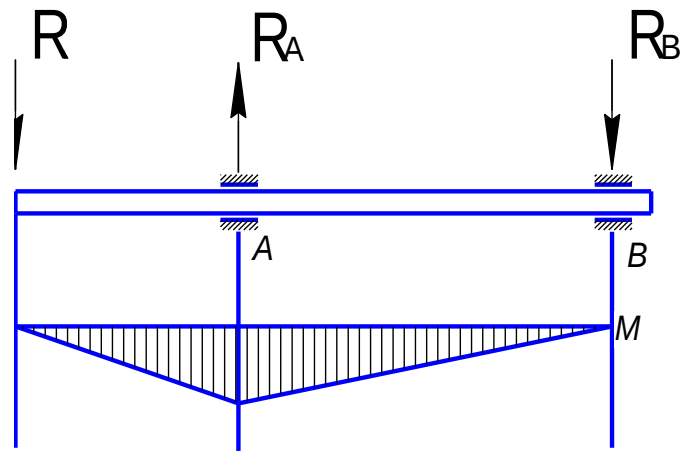


Рисунок 22 - Эпюры моментов

Из эпюры изгибающего момента видно, что наиболее опасным будет сечение в точке А (рисунок 22). Расчет вала на прочность произведем в этом сечении. Диаметр вала в опасном сечении $d = 50$ мм.

При расчете момента сопротивления вала изгибу диаметром 50 мм, при расчете момента сопротивления вала кручению, диаметры концов вала 45 мм.

Наибольшее нормальное напряжение от изгиба:

$$\sigma = \frac{Mu}{Wu}, \quad (45)$$

где Mu - наибольший изгибающий момент, Нм;

Wu - момент сопротивления изгибу, Нм.

Наибольший изгибающий момент определяется по формуле

$$Mu = Gl, \quad (46)$$

где G - усилие от веса колеса, н;

l - плечо, мм

Усилие от веса колеса

$$G = mg, \quad (47)$$

где m - масса колеса, кг.

$$G = 11,3 \cdot 9,81 = 110,8 \text{ Н}$$

Отсюда:

$$M_u = 110,8 \cdot 0,3 = 33,24 \text{ Нм}$$

Момент сопротивления вала изгибу определяется по формуле:

$$W_u = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (48)$$

где d - диаметр вала, мм.

$$W_u = \frac{3,14 \cdot 50^3}{32} = 12265 \text{ мм}^3$$

$$\sigma = \frac{118 \cdot 10^3}{12265} = 9,62 \text{ МПа}$$

Определим сумму моментов относительно точки В:

$$\sum M_B = G \cdot 0,6 - R_A \cdot 0,3 = 0$$

$$R_A = \frac{G \cdot 0,6}{0,3} = \frac{110,8 \cdot 0,6}{0,3} = 221,6 \text{ Н};$$

$$R_B = 221,6 - 110,8 = 110,8 \text{ Н}$$

Изгибающий момент относительно точки А:

$$M_{\text{изг}} = Gl, \quad (49)$$

где G - усилие от колеса, Н;

l - плечо изгиба, мм

$$M_{\text{изг}} = 110,8 \cdot 0,3 = 33,24 \text{ Нм}$$

Суммарное наибольшее напряжение вала определяется по формуле

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \quad (50)$$

где σ - наибольшее нормальное напряжение от изгиба, МПа;

τ - наибольшее напряжение от кручения, МПа

$$\sigma_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{(9,62)^2 + 4 \cdot 17,8^2} = 18 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для материала вала (сталь 40Х).

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{S}, \quad (51)$$

где σ_T - предел текучести, МПа;

S - коэффициент запаса прочности

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}}, \quad (52)$$

где S_τ - коэффициент запаса прочности при кручении;

S_σ - коэффициент запаса прочности при изгибе

$$S_\sigma = \frac{\sigma W_u}{M_u}, \quad (53)$$

где M_u - момент сопротивления вала изгибу, мм³;

W_u - изгибающий момент, Нм

$$S_\sigma = 3,1$$

$$S_\tau = \frac{\tau W_K}{M_K}, \quad (54)$$

где W_K - момент сопротивления вала кручению, мм³;

M_K - момент кручения, Нм

$$S_\tau = 4,5$$

Общий коэффициент запаса прочности:

$$S = 2,5$$

Допускаемое напряжение:

$$[\sigma] = \frac{640}{2,5} = 256 \text{ МПа}$$

Так как $\sigma_{\max} < [\sigma]$, можно диаметр вала принять 48 мм.

3.4 Расчет осевого усилия на вал

$$T = T_1 - T_2, \quad (55)$$

где T - осевое усилие действующее со стороны колеса на вал;
 T_1 - осевое усилие действующее на колесо и вал со стороны вала;
 T_2 - осевое усилие действующее на колесо со стороны всасывающего патрубка;

$$T_1 = \left(\left(\pi D_k^2 \right) / 4 - \left(\pi d_e^2 \right) / 4 \right) H, \quad (56)$$

где D_k – диаметр рабочего колеса;
 d_e – диаметр вала;

$$T_2 = \left(\left(\pi D_k^2 \right) / 4 - \left(\pi d_{en}^2 \right) / 4 \right) H, \quad (57)$$

где d_{en} – диаметр окна всасывания на рабочем колесе.

$$T_1 = \left(\left(3,14 \times 20^2 \right) / 4 - \left(3,14 \times 6,2^2 \right) / 4 \right) 4,5 = 1277 \text{ кг};$$

$$T_2 = \left(\left(3,14 \times 20^2 \right) / 4 - \left(3,14 \times 12,8^2 \right) / 4 \right) 4,5 = 834 \text{ кг};$$

$$T = 1277 - 834 = 443 \text{ кг}.$$

3.5 Расчет уплотнения

Для того чтобы рассчитать уплотнение необходимо задать исходные параметры исходя из требований международного стандарта качества ISO 9001:2000, размеров исходного уплотнения и насоса.

Материал для подвижного кольца пары трения – углерадит пропитанный смолами. Материал для неподвижного кольца пары трения – карбид кремния КК-90. Материал резиновых деталей – NBR. Материал стальных деталей – SS304.

Зададим исходные данные для расчета параметров уплотнения:

Диаметр вала насоса $d = 48$ мм

Внутренний диаметр колец пары трения $D_1 = 58$ мм

Наружный диаметр колец пары трения $D_2 = 96$ мм

Высота вращающегося кольца пары трения $h_r = 40$ мм

Высота неподвижного кольца пары трения $h_s = 20$ мм

Максимальный наружный диаметр вращающейся части $D_3 = 96$ мм

Диаметр камеры под торцовое уплотнение $D_4 = 100$ мм

Наружный диаметр резиновой оболочки $D_0 = 92$ мм

Поясок контакта резиновой оболочки с валом $l_o = 25$ мм

Установочная длина (для полностью изношенного вращ. кольца) $L_0 = 81$ мм

Установочная длина вращающейся части $L_1 = 88$ мм

Установочный диаметр под контркольцо $D_6 = 94$ мм

Для контркольца с г-образной резиновой манжетой $D_5 = 88$ мм

Перепад давления в торцовом уплотнении $\Delta p = 3,5$ кг/см²

Скорость вращения вала $n = 1481$ мин⁻¹

Коэффициент трения резиновой оболочки о вал $f_{lo} = 0,2$

Модуль упругости резины $e_{lo} = 10$ мПа

Диаметр капли $d_{drop} = 3,0$

Рассчитаем необходимые параметры уплотнений

Рассчитаем толщину резиновой оболочки в зоне её контакта с валом,

h_{Lo}

$$h_{Lo} = \frac{D_0 - d}{2}, \quad (58)$$

$$h_{Lo} = \frac{92 - 48}{2} = 68 \text{ мм}$$

Рассчитаем удельную утечку через уплотнение:

$$q = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot t}, \quad (59)$$

где Q – утечка за время t , мм³;

D – диаметр вала, мм;

t – время сбора утечки, час

$$q = \frac{700}{3,14 \cdot 48 \cdot 8} = 0,5 \text{ см}^2 / \text{ч}$$

Степень герметичности уплотнения:

$$U = \frac{Q}{\pi \cdot D \cdot l \cdot n}, \quad (60)$$

где Q – объем утечки, л;

D – диаметр уплотняемой поверхности, м;

l – длина уплотнения, м

$$U = \frac{0,1}{3,14 \cdot 0,048 \cdot 0,088 \cdot 1} = 7,5 \text{ л/м}^2$$

Определим жесткость пружины:

$$c = \frac{F_3}{8 \cdot D_{cp}^3 \cdot n}, \quad (61)$$

где F_3 – сила пружины при максимальной деформации, Н;

D_{cp} – средний диаметр пружины, мм;

n – рабочее число витков, шт..

$$c = \frac{c_1}{n},$$

где c_1 – жесткость одного витка пружины, Н/мм.

$$c = \frac{298,20}{3} = 99,4 \text{ Н / мм}$$

Индекс пружины:

$$i = \frac{D_{cp}}{d}, \quad (62)$$

$$i = \frac{88}{12} = 7,3$$

Длина развернутой пружины:

$$L = 3,14 \cdot D_{cp} \cdot (n + n_2), \quad (63)$$

где n_2 – поджатое число витков, шт

$$L = 3,14 \cdot 88 \cdot (3 + 1) = 1105,28 \text{ мм}$$

Массу пружины определяем по формуле:

$$m = 0,0078 \cdot (L \cdot 0,785 \cdot d^2), \quad (64)$$

$$m = 0,0078 \cdot (1105,28 \cdot 0,785 \cdot 12^2) = 21,82$$

Необходимая масса проволоки на пружину:

$$M = \frac{m \cdot 1}{1000} \cdot 1,1, \quad (65)$$

$$M = \frac{21,8 \cdot 1}{1000} \cdot 1,1 = 0,0242$$

где k - коэффициент, принимаемый равным 1,6;

D_4 - наружный диаметр уплотнения, м;

D_1 - внутренний диаметр уплотнения, м.

Прижимное усилие болтов, которым достигается требуемое уплотнение

$$P = k \cdot \pi \cdot P_n \cdot \frac{(D_4^2 - D_1^2)}{4}, \quad (66)$$

$$P = 1,6 \cdot 3,14 \cdot 26 \cdot 10^6 \cdot \frac{(0,104^2 - 0,05^2)}{4} = 1,9 \cdot 10^5 \text{ Н}$$

3.6 Расчет параметров отвода

Основной целью расчета является определение площади трех характерных сечений (рисунок 23) - расчетного II-II (F_{pc}), под языком I-I (F_K) и входа в горловину напорного патрубка III-III (F_r).

Для насосов, транспортирующих гидросмеси, из условия снижения износа отвода номинальная подача (подача рабочего колеса) должна быть меньше оптимальной, принятой для отвода. В соответствии с этим задаемся расчетной оптимальной подачей для отвода Q_{opt} больше расчетной подачи рабочего колеса Q на 30-40%.

$$y = 1 - \frac{3,14 \cdot \sin(20^\circ - 1,97^\circ) \cdot 0,79}{5} = 0,847$$

Теоретический напор при подаче $Q = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ можно рассчитать по формуле:

$$H_T = \frac{157}{9,81} \left[0,21^2 \cdot 157 \cdot 0,847 - \frac{0,07}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,79 \cdot 0,364} \right] = 73,15 \text{ м}$$

Определяем касательную составляющую скорости потока на выходе из колеса при подаче $Q = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ по зависимости:

$$C_{2u} = \frac{g \cdot H_T}{U_2} = \frac{9,81 \cdot 73,15}{34,54} = 20,77 \text{ м/с} \quad (70)$$

Для дальнейших расчетов необходимо задать некоторые конструктивные размеры отвода. Ширину отвода B принимаем равной 0,06 м. Глубину отвода в сечении I-I b принимаем равной 0,03 м.

$$Q_{onm} = 1,4 \cdot Q, \quad (71)$$

где Q – расчетная подача рабочего колеса, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$Q_{onm} = 1,4 \cdot 0,047 = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$$

Радиальная составляющая скорости при оптимальной для отвода подаче:

$$C_{2moon} = C_{2m} \cdot \frac{Q_{onm}}{Q}, \quad (72)$$

где C_{2m} – радиальная составляющая скорости потока на выходе, м/с

$$C_{2m} = \frac{Q}{\pi \cdot D_2 \cdot b_2}, \quad (73)$$

$$C_{2m} = \frac{0,05}{3,14 \cdot 0,44 \cdot 0,03} = 1,02 \text{ м/с}$$

$$C_{2moon} = 1,02 \cdot \frac{0,047}{0,065} = 1,689 \text{ м/с}$$

Коэффициент стеснения потока увеличится пропорционально корню квадратному из радиальной скорости:

$$\psi_{2onm} = \psi_2 \cdot \sqrt{\frac{C_{2moon}}{C_{2m}}}, \quad (74)$$

где ψ_2 - коэффициент стеснения потока на выходе колеса

$$\psi_{2onm} = 0,668 \cdot \sqrt{\frac{1,689}{1,206}} = 0,79$$

Найдем поправку $\Delta\beta_2$:

$$\Delta\beta_2 = \frac{\Theta}{2} = \frac{\arctg(\frac{tg\beta_2 - \psi_2 \cdot tg\beta_2}{1 + \psi_2 \cdot tg^2\beta_2})}{2}, \quad (75)$$

$$\Delta\beta_2 = \frac{\arctg(\frac{tg 20^\circ - 0,79 \cdot tg 20^\circ}{1 + 0,79 \cdot tg^2 20^\circ})}{2} = \frac{\arctg(0,069)}{2} = 1,97^\circ$$

Поправка на конечное число лопастей состави:

$$y = 1 - \frac{\pi \cdot \sin(\beta_2 - \Delta\beta_2) \cdot \psi_2}{z}, \quad (76)$$

$$y = 1 - \frac{3,14 \cdot \sin(20^\circ - 1,97^\circ) \cdot 0,79}{5} = 0,847$$

Теоретический напор при подаче $Q = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ можно рассчитать по формуле:

$$H_T = \frac{\omega}{g} \left[R_2^2 \cdot \omega \cdot y - \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot b_2 \cdot \psi_2 \cdot tg\beta_2} \right], \quad (77)$$

$$H_T = \frac{157}{9,81} \left[0,21^2 \cdot 157 \cdot 0,847 - \frac{0,07}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,79 \cdot 0,364} \right] = 73,15 \text{ м}$$

Определяем касательную составляющую скорости потока на выходе из колеса при подаче $Q = 0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ по зависимости:

$$C_{2u} = \frac{g \cdot H_T}{U_2}, \quad (78)$$

$$C_{2u} = \frac{9,81 \cdot 73,15}{34,54} = 20,77 \text{ м/с}$$

Для дальнейших расчетов необходимо задать некоторые конструктивные размеры отвода. Ширину отвода B принимаем равной 0,06 м. Глубину отвода в сечении I-I b принимаем равной 0,03 м.

По размерам проходного сечения можно найти его площадь:

$$F_{\text{я}} = B \cdot b, \quad (79)$$

$$F_{\text{я}} = B \cdot b = 0,06 \cdot 0,03 = 0,0018 \text{ м}^2$$

Параметр A для сечения отвода не прямоугольной формы ($A = \int_{R_2}^{R_3} B \frac{dR}{R}$)

определяют в насосостроении, используя метод графического интегрирования. В соответствии с ним для отвода, приведенного на рисунке 4.7, параметр A с необходимой точностью можно найти по формуле:

$$A = B \cdot \ln(1 + a / R_2) + B \cdot \delta \cdot \left[\pi \cdot (1 + \delta^2 / 4) / 4 - (\delta / 3) \cdot (1 + 2 \cdot \delta^2 / 5) \right], \quad (80)$$

где a – конструктивный размер, м;

δ – параметр отвода.

$$a = R_3 - R_2 - \frac{B}{2}, \quad (81)$$

$$\delta = \frac{B}{2 \cdot (R_2 + a)}, \quad (82)$$

Получив таким образом значения параметра A , можем рассчитать значения коэффициента относительной подачи α (для грунтовых насосов α обычно составляет от 1,1 до 1,6), который показывает отношение расхода через расчетное сечение отвода $Q_{\text{р.с.}}$ к подаче насоса Q и является функцией характерных размеров отвода.

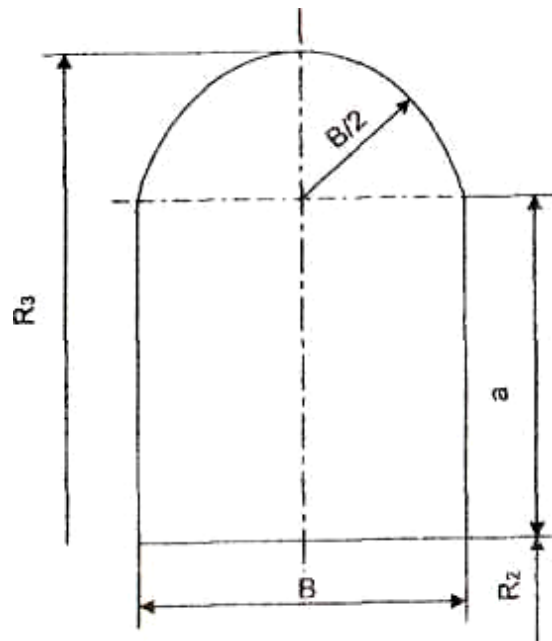


Рисунок 24 – Схема сечения отвода для расчета параметра А

$$\alpha = \frac{A \cdot C_{2u} \cdot R_2}{Q_{ont}}, \quad (83)$$

Площадь расчетного сечения можно определить двумя способами. С одной стороны, из геометрии отвода следует:

$$F_{p.c.} = B \cdot a + \frac{\pi \cdot B^2}{8}, \quad (84)$$

С другой стороны, в соответствии с рекомендациями, должно выполняться условие:

$$F'_{p.c.} = \frac{F_{\text{я}}}{k \cdot (\alpha - 0,85)}, \quad (85)$$

где k – коэффициент, принимаемый равным 1,1...1,2.

Расчеты произведены в автоматизированном комплексе Excel. Результат получен в виде таблицы (таблица 3), в последнем столбце которой приведены оптимальные значения величин.

Таблица 3 – Результаты расчета отвода

R3	0,27	0,28	0,29	0,295	0,3	0,31	0,32	0,33	0,3128
a	0,03	0,04	0,05	0,055	0,06	0,07	0,08	0,09	0,0728
δ	0,125	0,12	0,1154	0,1132	0,1111	0,1071	0,1034	0,1	0,1061
A	0,0083	0,0107	0,0131	0,0142	0,0153	0,0175	0,0196	0,0216	0,0181
α	0,5177	0,6689	0,8143	0,8849	0,9542	1,0892	1,2194	1,3454	1,1261
$F_{p.c.}$	0,0032	0,0038	0,0044	0,0047	0,005	0,0056	0,0062	0,0068	0,0058
$F_{p.c}'$	-0,005	-0,009	-0,046	0,0469	0,0157	0,0068	0,0044	0,0033	0,0059

Для наглядности по данным таблицы построены графические зависимости $F_{p.c.} = f(\alpha)$ и $F_{p.c}' = f(\alpha)$ (рисунок 25). Точка пересечения графиков соответствует оптимальному режиму работы.

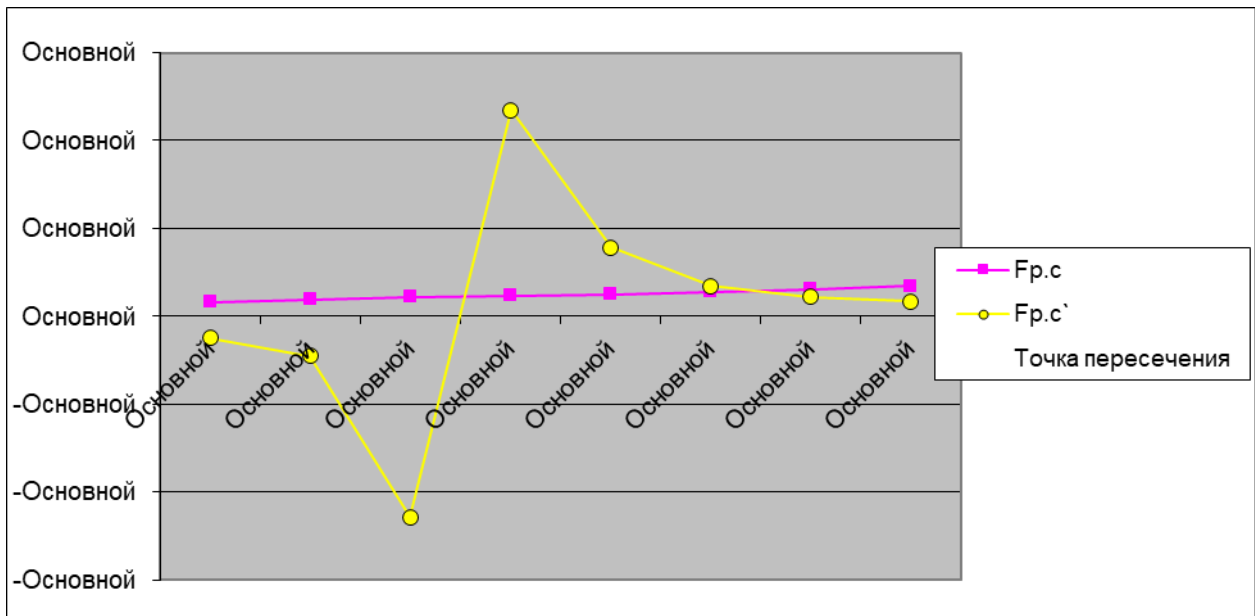


Рисунок 25 – Графическое определение значения коэффициента α

После определения $F_{p.c.}$, находим F_r :

$$F_r = F_{p.c.} \cdot k = 0,0059 \cdot 1,1 = 0,00649 \text{ м}^2 \quad (86)$$

Расчет отвода можно считать завершенным. Площади всех трех сечений найдены. Можно посчитать напор насоса при заданной подаче $Q = 0,05 \text{ м}^3/\text{с}$ (его уточненное значение). Для этого необходимо определить скорости в характерных сечениях отвода, а также гидравлические потери в отводе.

Скорость в сечении III-III:

$$v_z = \frac{Q}{F_z}, \quad (87)$$

$$v_z = \frac{0,047}{0,00649} = 7,704 \text{ м/с}$$

Скорость в сечении I-I для овода, расположенного в горизонтальной плоскости:

$$v_y = \frac{\alpha_{onm} \cdot Q_{onm} - 0,75 \cdot Q}{F_y}, \quad (88)$$

$$v_y = \frac{1,1261 \cdot 0,07 - 0,75 \cdot 0,05}{0,0018} = 22,96 \text{ м/с}$$

Скорость в сечении II-II:

$$v_{p.c.} = \frac{Q_{onm} \cdot \alpha_{onm}}{F_{p.c.}}, \quad (89)$$

$$v_{p.c.} = \frac{1,1261 \cdot 0,07}{0,0059} = 13,36 \text{ м/с} \quad (90)$$

Для расчета гидравлических потерь в отводе, воспользуемся формулой:

$$h_{oms} = \frac{C_{2u}^2 - v_z^2}{2g} + \frac{v_y^2}{g} - \frac{\beta \cdot C_{2u} \cdot v_y}{g}, \quad (91)$$

где β – коэффициент, определяемый с достаточной точностью по выражению:

$$\beta = 1,31 - \frac{0,56 \cdot v_z}{v_y}, \quad (92)$$

$$\beta = 1,31 - \frac{0,56 \cdot 7,704}{22,96} = 1,122$$

C_{2u} – окружная составляющая абсолютной скорости, по выражению (86) при подаче $Q = 0,047 \text{ м}^3/\text{с}$, составит:

$$C_{2u} = \frac{9,81 \cdot 73,16}{34,54} = 20,77 \text{ м/с}$$

Определим потери в отводе по формуле

$$h_{отв} = \frac{20,77^2 - 7,704^2}{2 \cdot 9,81} + \frac{22,96^2}{9,81} - \frac{1,122 \cdot 20,77 \cdot 22,96}{9,81} = 18,15 \text{ м}$$

Напор насоса при $Q_{опт}$ составит:

$$H = H_T - h_{отв} - \eta_k, \quad (93)$$

$$H = 73,15 - 18,15 - 73,15 \cdot 0,85 = 51,34 \text{ м}$$

где $\eta_k = 0,1 \cdot H_T$.

Полученное некоторое несовпадение значений заданного и расчетного напоров (менее чем на 5%) объясняется тем, что расчет проводился для режима, соответствующего подаче, в 1,4 раза превышающей заданную. В связи с этим спроектированный отвод имеет увеличенные размеры сечений, что привело к более пологой форме напорной характеристики.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Веретенников Андрей Николаевич

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавриат	Направление/профиль	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. 2. Стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч – для юр. лиц. 3. Стоимость интернета – 360 руб. в месяц.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30 % премии. 20 % надбавки. 1,3 - районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Система налогообложения, принятая для образовательных учреждений (27,1% отчисления на социальные нужды).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования. 2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований. 3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	1. Расчет основной заработной платы исполнителей темы. 2. Расчет отчислений на социальные нужды. 3. Расчет электроэнергии и прочих расходов. 4. Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Оценка конкурентоспособности технических решений. - Матрица SWOT. - Календарный график проведения НИ. - Бюджет проект.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	5.05.2017
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заполнить	Заполнить	Заполнить		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Костиков Алексей Валерьевич		

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной работе была рассмотрен вертикальный шламовый насос. У данного насоса существует проблема быстрого износа уплотнения на торцевой крышке цилиндра, в следствие чего происходит незначительная утечка газа. Для решения этой проблемы был подобран новая конструкция ротора. Данное решение может быть коммерциализовано в виде научной разработки.

В последние десятилетия основное количество научных разработок связано с инженерной, а не с фундаментальной сферой. Для инженерной разработки очень важным параметром является её коммерческая ценность, которая объединяет в себя множество факторов и позволяет инвесторам оценить перспективность разработки, не углубляясь в её суть. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценить коммерческой потенциал и перспективность проведения научных исследований;

- определить возможные альтернативы проведению научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- спланировать научно-исследовательскую работу.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

Потенциальные потребители результатов исследования

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

В данном случае сегментирования целесообразно провести по критерию стоимости, т.к. необходимо обеспечить конкурентоспособность между выбором уплотнения или настройкой нового режима работы ВШН.

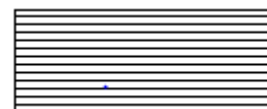
Таблица 4 – Карта сегментирования рынка

		Уплотнения с прямоугольным сечением	Уплотнение с другим сечение	Новый режим работы ВШН
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

Фирма А



Фирма В



Результаты сегментирования:

- основными сегментами рынка являются все размеры компаний для уплотнений с прямоугольным сечением и уплотнений с другим сечением;
- наиболее привлекательными сегментами рынка являются крупные и средние компании, связанные с применением нового режима работы ВШН

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эксплуатационные характеристики	0,11	2	4	2	0,22	0,44	0,22
2. Срок службы	0,1	2	4	3	0,2	0,3	0,4
3. Ремонтопригодность	0,09	3	2	3	0,27	0,18	0,27
4. Возможность интеграции в другие механизмы	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
5. Надежность	0,07	3	4	3	0,21	0,28	0,21
6. Простота монтажа	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,03	4	4	3	0,12	0,12	0,09
2. Уровень проникновения на рынок	0,09	2	3	3	0,18	0,27	0,27
3. Цена	0,08	3	4	3	0,24	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	4	5	0,44	0,44	0,55
5. Обслуживание	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
6. Финансирование	0,03	3	3	2	0,09	0,09	0,06
Итого	1	37	42	38	3,03	3,53	3,25

- Б_ф - применение уплотнения с прямоугольным сечением;
- Б_{к1} - новый режим работы ВШН;
- Б_{к2} - применение другого уплотнения.

Анализ конкурентных технических решений показал, что целесообразно использовать новый режим работы ВШН, так как она обладает рядом преимуществ по отношению к уплотнениям. Наивысший вклад несут такие характеристики как: цена, надёжность, срок службы и эксплуатационные характеристики.

SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

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

Таблица 6 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Не требует переквалификации существующих кадров; С2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С3. Повышенный ресурс изделия; С4. Определение возмож-	Сл1. Остановка компрессорной установки в процессе монтажа; Сл2. Уменьшение производительности компрессорной установки; Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помо-

	ных опасных проявлений при работе уплотнения до его производства; С5. Наличие финансирования компании.	щью практических опытов; Сл4. Не испытан в работе; Сл5. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Существование потенциального спроса на данную разработку со стороны газодобывающих компаний; В3. Снижение стоимости на материалы, используемые при научных исследованиях; В4. Развитие технологий в данной отрасли; В5. Повышение стоимости конкурентных исследований.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные исследования; У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Снижение бюджета на исследование, со стороны инвестора; У4. Появление новых конкурентных разработок.		

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 7, таблице 8, таблице 9, таблице 10.

Таблица 7 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	-	-	0	-	-
	B3	-	-	+	0	0
	B4	+	-	+	-	0
	B5	-	+	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1, B3C3, B4C1C3, B5C2.

Таблица 8 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	0	-	-	-
	B2	-	-	+	-	-
	B3	-	-	0	+	-
	B4	-	-	-	+	-
	B5	-	-	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В2Сл3, В3Сл4, В4Сл4.

Таблица 9 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	+	0	-	-	-
	У3	-	+	-	-	-
	У4	-	-	-	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С1, У3С2, У4С4.

Таблица 10 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и слабые стороны проекта: У1Сл3Сл5, У4Сл3Сл5.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 11).

Таблица 11 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Не требует переквалификации существующих кадров; С2. Отсутствие необходимости закупки материалов и комплектующих; С3. Повышенный ресурс изделия; С4. Определение возможных опасных проявлений при работе уплотнения до его производства; С5. Наличие финансирования компании.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Остановка компрессорной установки в процессе монтажа; Сл2. Уменьшение производительности компрессорной установки; Сл3. Отсутствие возможности проверки результатов исследования с помощью практических опытов; Сл4. Не испытан в работе; Сл5. Возможные ошибки в расчетной части программного комплекса.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Существование потенциального спроса на данную разработку со стороны газодобывающих компаний; В3. Снижение стоимости на материалы, используемые при научных исследованиях; В4. Развитие технологий в данной отрасли; В5. Повышение стоимости	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1 - для исследования проекта необходимы лаборатории ТПУ, допуск к которым имеет квалифицированный персонал. В3С3 - повышенный ресурс изделия приведет к уменьшению вероятности аварийного останова. В5С2 - удорожание проектов конкурентов, вследствие того, что нам не надо	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В2Сл3 - возможно появление дополнительного спроса на исследование в случае практического подтверждения полученных результатов.

конкурентных исследований.	производить закупки материалов.	
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на данные исследования; У2. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции; У3. Снижение бюджета на исследование, со стороны инвестора; У4. Появление новых конкурентных разработок.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У2С1 - возможно развитие новых государственных требований к сертификации продукта, если при их создании участвует квалифицированный персонал. У3С2 - возможно урезание бюджета, т.к. в основном смета затрат состоит из начисления зарплаты ввиду отсутствия необходимости закупки оборудования и материалов для исследования. У4С4 – существует вероятность появления погрешностей в расчетах, т.к. при исследовании используется не практические испытания, а моделирование процессов.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» У1Сл3Сл5 - возможно отсутствие спроса на данное исследование вследствие наличия некоторых погрешностей при отсутствии возможности проверки результатов. У4Сл3Сл5 – на неточность результатов исследования напрямую влияет наличие программных ошибок в сочетании с отсутствием практических опытов могут допустить наличие неточных расчетов при исследовании.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составим список этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по категориям работ.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания, выбор направления исследований	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение модели цилиндра поршневого ВШН и проведение исследования	Инженер

Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта, инженер
Оформления отчета по исследовательской работе	8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта, инженер

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мин i} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (94)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{q_i}, \quad (95)$$

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

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

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

Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (96)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (97)$$

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

$T_{\text{вых}} = 53$ – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 53 - 14} = 1,22$$

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

Все рассчитанные значения сведены в таблице 13.

Таблица 13 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работы			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , Чел-дни	t_{max} , Чел-дни	$t_{ож}$, Чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	2	5	3,2	Руководитель проекта	3	4
Подбор и изучение материалов по теме	11	15	12,6	Инженер	13	16
Проведение патентных исследований	3	5	3,8	Инженер	4	5
Календарное планирование работ по теме	1	3	1,8	Руководитель проекта, инженер	1	2
Проведение теоретических расчетов и обоснований	8	14	10,4	Инженер	10	13
Построение модели цилиндра ВШН и проведение исследования	11	22	15,4	Инженер	15	19
Оценка результатов исследования	6	8	6,8	Руководитель проекта, инженер	4	5
Составление пояснительной записки	8	15	10,8	Руководитель проекта,	6	8

				инженер		
--	--	--	--	---------	--	--

На основе таблицы 13 строим план график, представленный в таблице 14.

Таблица 14 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ работ	Вид работ	Испол- нители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Руков.	5	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	20	▬											
3	Проведение патентных исследований	Инженер	6			▬									
4	Календарное планирование работ по теме	Руков. инж.	2				▬								
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	15				▬								
6	Построение модели цилиндра ВШН и проведение исследования	Инженер	22						▬						
7	Оценка результатов исследования	Руков. инж.	6								▬				

- 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).

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас\ i} = 563,5 \text{ руб.} \quad (98)$$

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

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

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов,

территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 15 – Прочие затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед. руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Шариковая ручка	Шт.	3	50	172,5
Бумага формата А4	Шт.	100	2	230
Корректор	Шт.	2	70	161
Итого:				563,5

Затраты на электроэнергию: тариф на энергию для юридических лиц составляет 5,8 руб. кВт*ч. Ежемесячный расход электроэнергии составлял 100 кВт. Итого за период выполнения работы, затраты на электроэнергию составили 1740 руб.

Затраты на интернет: тариф за месяц пользования составляет 360 руб. Итого за период выполнения работы, затраты на интернет составили 1080 руб.

Затраты на аренду компьютера: за месяц пользования составляет 10000 руб. Период выполнения работы 3 месяца. Итого за период выполнения работы затраты за аренду составили 30000 руб.

Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия,

выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем- кость, чел.- дн.	Заработная плата, приходящая ся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу(ок ладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта	3,2	1127	3606
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	12,6	583	7345
3	Проведение патентных исследований	Инженер	3,8	583	2215
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель проекта, инженер	1,8	1710	3078
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	10,4	583	6063
6	Построение модели цилиндра ВШН и проведение исследования	Инженер	15,4	583	8745
7	Оценка результатов исследования	Руководитель проекта, инженер	6,8	1710	11628
8	Составление пояснительной записки	Руководитель проекта, инженер	10,8	1710	18868
Итого:					61148

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (99)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = T_p \cdot З_{дн}, \quad (100)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} = \frac{62308 \cdot 10,4}{224} = 2839 \text{ руб.} \quad (101)$$

где $З_m$ – 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 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные	53	53
- праздничные	26	26

Потери рабочего времени:		
- отпуск	48	72
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	224	200

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (102)$$

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 28194 \cdot (1 + 0,3 + 0,4) \cdot 1,3 = 62308 \text{ руб.}$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_{\text{д}}$ – 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 $З_{\text{тс}}$);

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

Тарифная заработная плата $З_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{сi}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс. руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, тыс. руб.	$З_{\text{дн}}$, тыс. руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, тыс. руб.
Руководитель Проекта	28194	0,3	0,4	1,3	62308	2839	14	39746
Инженер	14584	0,3	0,4	1,3	32230	1496	53	79288
Итого:								119034

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (103)$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 39746 = 5166 \text{ руб.};$$

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 79288 = 10307 \text{ руб.}$$

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

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:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (104)$$

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (39746 + 5166) = 12171 \text{ руб.}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – 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 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель Проекта	39746	5166
Инженер	79288	10307
Коэффициент отчислений внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	36451	

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.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	119034	Пункт 4.2
2. Затраты по дополнительной		

заработной плате исполнителей темы	15473	Пункт 4.2
3. Отчисления во внебюджетные фонды	36451	Пункт 4.2
4. Прочие затраты	563,5	Пункт 4.2
5. Затраты на электроэнергию и интернет	2820	Пункт 4.2
6. Затраты на аренду компьютера	30000	Пункт 4.2
7. Затраты на оформление патент	1602	Пункт 4.2
8. Бюджет затрат НТИ	205943	Сумма ст. 1-7

4.3 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{205943}{205943} = 1, \quad (105)$$

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

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

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

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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (106)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 21 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Уплотнения с прямоуголь ным сечением	Уплотнени е с другим сечением	Новый режим работы ВШН
1. Безопасность	0,1	4	4	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	3	4	4
3. Срок службы	0,15	3	3	5
4. Ремонтопригодность	0,20	3	5	5
5. Надёжность	0,25	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	3	5
Итого:	1	3,5	3,9	4,6

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,6.$$

Показатель ресурсоэффективности проекта имеет высокое значение, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Таким образом, новый режим работы ВШН на данный момент остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НИИ равный 205943 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

Данный раздел выполнялся на основе рекомендаций [10].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Веретенников Андрей Николаевич

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования: вертикальный шламовый насос.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности -специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования) правовые нормы трудового законодательства; -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	-специальные правовые нормы трудового законодательства (на основе инструкции по охране труда и трудового кодекса РФ); -организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия опасных и вредных факторов на работающего	Вредные факторы: -повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; -повышенный уровень шума; -недостаточное освещение рабочей зоны; -повышенная запыленность и загазованность; -повреждения в результате контакта с насекомыми. Опасные факторы: -движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; -повышенное значение напряжения в электрической цепи; - пожаро-взрывоопасность.
3. Экологическая безопасность	-анализ воздействия объекта на атмосферу; -анализ воздействия объекта на гидросферу; -анализ воздействия объекта на литосферу;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможные ЧС при добычи нефти и газа: наводнения, ураганы, лесные пожары, возгорания ГСМ, нефтегазоводопроявления на скважине. Наиболее типичной ЧС: нефтегазоводопроявление.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Веретенников Андрей Николаевич		

5 Социальная ответственность

Под социальной ответственностью понимают ответственность перед людьми и данными им обещаниями со стороны организации. Необходимо уделять внимание производственной и экологической безопасности, позволяющей минимизировать вредное воздействие на персонал и окружающую среду.

В разделе «Социальная ответственность» производится анализ опасных и вредных факторов, которым подвержены рабочие при добыче нефти и газа с помощью ВШН, разработка способов защиты от них, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К самостоятельному выполнению работ по добыче нефти и газа допускаются лица старше 18 лет, получившие допуск медицинской комиссии к выполнению данного вида работ, имеющие соответствующую квалификацию и допущенные к самостоятельной работе в установленном порядке. Перед допуском к самостоятельной работе рабочий проходит стажировку на рабочем месте под руководством специально назначенного лица.

Рабочий должен пройти инструктажи по безопасности труда в следующем порядке:

- при приеме на работу – вводный и первичный на рабочем месте;
- в процессе работы минимум один раз в 6 месяцев – повторный;
- внеплановый, в случае перерывах в работе более 60 календарных дней, при изменении правил, инструкций по охране труда, замене или модернизации оборудования, а также при нарушении требований безопасности труда.

Рабочий, выполняющий работу при помощи электроинструмента, должен иметь группу по электробезопасности не ниже II [16].

Для защиты от вредных и опасных факторов рабочему выдаются СИЗ согласно приказу Минздравсоцразвития России от 09.12.2009 N 970н (ред. от 20.02.2014) для зимнего и летного времени года [11].

Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца, в случае необходимости увеличения продолжительности, вахта может быть увеличена до трех месяцев с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ.

Режимы труда и отдыха регламентируются графиком работы на вахте, утвержденным работодателем с учетом мнения профсоюзной организации. Дни нахождения в пути к месту работы в рабочее время не включаются.

Работникам положены надбавки за вахтовый метод работы, при работе в районах Крайнего Севера или приравненных к ним местностям устанавливаются районные коэффициенты и выплачиваются процентные надбавки. Ежегодный отпуск для лиц работающих в районах Крайнего Севера составляет 24 календарных дня, в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера 16 календарных дней [17].

Организация рабочего места рабочих в службе добычи нефти и газа должна обеспечивать безопасность выполнения работ.

Площадка для добыче нефти и газа должна быть тщательно спланирована, очищена от посторонних предметов.

Рабочие места должны быть достаточно освещены.

Средства аварийной сигнализации и контроля состояния воздушной среды должны находиться в исправном состоянии.

Оборудование, которое может оказаться под напряжением должны быть заземлено. Во взрывоопасных зонах должно быть установлено оборудование во взрывозащищенном исполнении [16].

5.2 Производственная безопасность

Проанализируем вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в процессе добычи нефти. Перечень опасных и вредных факторов при добыче нефти и газа представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Опасные и вредные факторы при добыче нефти и газа

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1.Пониженная или повышенная температура воздуха рабочей зоны	Требования к температуре воздуха рабочей зоны устанавливаются в СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений[3]. Требования к безопасности связанные с повышенным уровнем шума устанавливаются в ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности [6]. Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [8]. Требования к запыленности и загазованности приведены в ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [9]. Требования к защите от повреждения в результате контакта с насекомыми представлены в ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов. Общие технические требования. Методы испытания [10]. Требования к движущимся машинам и механизмам устанавливаются в ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности [1]. Требования к электробезопасности устанавливаются в ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [14]. Требования к пожаробезопасности представлены в ППБО-85 Правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности [15].
2.Повышенный уровень шума	
3.Недостаточная освещенность рабочей зоны	
4.Повышенная запыленность и загазованность	
5.Повреждения в результате контакта с насекомыми	
6.Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	
7.Повышенное значение напряжения в электрической цепи	
8. Пожаро-взрывоопасность	

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны

Температура воздуха рабочей зоны оказывает непосредственное влияние на тепловое самочувствие человека и его работоспособность.

В летний период времени при проведении полевых работ и длительном пребывании человека на открытом воздухе большая вероятность получения солнечного удара, в результате получения повышенной дозы ультрафиолетового излучения. Последствиями солнечного удара являются потеря сознания и пребывание в шоковом состоянии. Допустимая интенсивность ультрафиолетового облучения работающих при незащищенных участках поверхности кожи не более 0,2 м², при

продолжительности излучения 50% рабочей смены не должна превышать 10 Вт/м² [12].

Средствами защиты от перегрева головы солнечными лучами могут выступать различные головные уборы.

В зимнее время происходит значительное снижение температуры окружающего воздуха, что может повлечь обморожение незащищенных частей тела при проведении работ. Результатом переохлаждения организма являются различные заболевания (ангина, пневмония и тд.), снижающие иммунологическую сопротивляемость организма.

Для защиты от переохлаждения при проведении полевых работ в зимнее время работников обеспечивают тёплой спецодеждой [14].

В комплект средств индивидуальной защиты от холода включены: все предметы, надетые на человека: комнатная одежда, спецодежда, головной убор, рукавицы, обувь. Основной материал спецодежды обладает защитными свойствами, соответствующими условиям трудовой деятельности, характеризуется стойкостью к механическим воздействиям, атмосферным осадкам, воздействию света, различного рода загрязнителям и легко очищается от них [15].

Повышенный уровень шума

В процессе добычи нефти и газа используются различные приводы и механизмы, издающие различные шумы различной частоты и интенсивности. Производственный шум вызывает у работающих неприятные ощущения.

Шум на рабочем месте не должен превышать 85 дБА и соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности» [16]. Для уменьшения шума на объектах необходимо использовать различные средства защиты.

Индивидуальные: наушники, закрывающие ушную раковину снаружи; противοшумные вкладыши, противοшумные шлемы и каски. К коллективным средствам защиты относятся: демпфирование, звукоизоляция

и звукопоглощение, а также предусматривается установка кожухов и глушителей [7].

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение – получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Оно влияет на настроение и самочувствие, определяет эффективность труда, поскольку недостаточное освещение может искажать информацию и вызывать утомление.

Освещение рабочих мест должно отвечать требованиям, изложенным в СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [8]. Освещение должно равномерно распределять яркость, быть постоянным во времени, без пульсации, иметь спектр близкий к естественному. При добыче нефти используется естественное и искусственное освещение, а также предусмотрено и аварийное.

Производственные помещения должны обладать освещенностью проходов и лестниц не менее 100лк. Для рабочей зоны объекта добычи нефти норма средней горизонтальной освещенности составляет не менее 50 лк .

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

В процессе добычи нефти могут происходить выбросы нефти или газа, что может привести к отравлению рабочих. Поэтому необходимо проверять загазованность посредством газоанализатора, а утечки газа – обмыливанием. Запрещается проверка загазованность с помощью огня.

При обнаружении газа, необходимо принять меры по его устранению. Нужно соблюдать все требования по охране труда для газоопасных работ. При невозможности самостоятельного устранения действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). ПДК

транспортируемых газов, вредных примесей и некоторых применяемых веществ [9]:

- метан по санитарным нормам относится к 4-му классу опасности (малоопасные вредные вещества со значением ПДК в пересчете на углерод) – 300 мг/м³;
- нефть по санитарным нормам относится к 3-му классу опасности -10 мг/м³
- ПДК сероводорода в присутствии углеродов (C₁-C₅) – 3 мг/м³ (2-ой класс опасности);
- ПДК сернистого газа (SO₂) в воздухе рабочей зоны 10 мг/м³ (3 класс – умеренно опасные вредные вещества);
- ПДК метанола (CH₃OH) в воздухе рабочей зоны (по санитарным нормам) – 5 мг/м³.

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать соответствующими противогазами.

Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах.

Повреждения в результате контакта с насекомыми

При проведении полевых работ на нефтегазовом месторождении обитают гнус и клещевые инфекции.

К гнусу относят комплекс летающих кровососущих насекомых (комары, мошки, мокрецы, слепни, москиты), к клещевым инфекциям относят инфекционные природно-очаговые заболевания, возбудителей которых передают клещи при кровососании. Существует два способа защиты от насекомых: механический (конструктивные элементы одежды) и химический (инсектицидные, акарицидные и репеллентные средства, для обработки материалов, используемых для изготовления спецодежды)..

В случае защиты от клещевых инфекций можно использовать противовирусные прививки, которые создают у человека устойчивый иммунитет к вирусу [10]

Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования могут привести к механическим травмам.

Механическая травма представляет собой повреждение тканей, частей тела, органов и других анатомических образований в результате воздействия внешней механической силы. В процессе добычи нефти возможно использование движущихся машин таких как ППУ, АДПМ и тд., в следствии неисправности оборудования возможны его срывы и падения. Общие требования безопасности представлены в ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное [1].

Для устранения причин возникновения механических травм необходимо все работы проводить согласно правилам безопасности, на производственном объекте.

В качестве средств индивидуальной защиты от движущихся машин работники обеспечиваются [16]:

- 1) рукавицы брезентовые ;
- 2) сапоги резиновые и кожаные;
- 3) каска защитная;
- 4) подшлемник под каску;
- 5) очки защитные;

Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Поражение электрическим током возможно из-за доступности прикосновения к токоведущим частям, отсутствия защитного заземления, не применения защитных средств, при обслуживании электроустановок. Опасность прикосновения человека к источнику тока оценивается значением силы тока, проходящего через тело человека. При эксплуатации скважин с ВШН, подача энергии к погружному электродвигателя осуществляется через силовую кабель, проходящий по поверхности.

Коллективные средства защиты:

- применения защитного заземления станции управления и трансформатора;

- применение блокировочных устройств;
- изолирующие устройства и покрытия.

Индивидуальные средства защиты:

- применение изолирующих, защитных средств (резиновые перчатки, резиновые сапоги, инструмент с изолированными ручками) при обслуживании электроустановок [14].

Пожаровзрывоопасность

Пожары – возникают вследствие взаимодействия открытого огня с огнеопасными веществами (нефть, газ и т.д.). К возникновению пожара может привести нарушение порядка хранения пожароопасных материалов, нарушение правил эксплуатации электрического оборудования, применение неисправных осветительных приборов, электропроводки и устройств, дающих замыкание, курение в неустановленных местах.

Пожарная профилактика. Для непосредственного надзора за противопожарным состоянием должна быть создана пожарная дружина. Оборудование должно соответствовать ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [1].

Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работающего

Для снижения влияния воздействия температуры рабочей зоны возможно сокращение продолжительности рабочей смены, прекращение работ в зависимости от погодных условий. В холодное время года работникам, работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, необходимо предоставить перерывы для обогрева в специальных помещениях, которые обязан обеспечить работодатель. Перерывы включаются в рабочее время. В жаркое время года вводят перерывы для отдыха в зонах с нормальным микроклиматом [4].

Для снижения воздействия шума на работающего необходимо поглощать его источник. Снижению шума способствует смазка трущихся

деталей механизма, балансировка вращающихся частей, ремонт и обслуживание оборудования [17].

Для снижения уровня воздействия недостаточной освещенности рабочего места необходимо правильно проектировать искусственное освещение согласно требуемым нормам. Светильники аварийного и эвакуационного освещения должны питаться от независимого источника [18].

Для снижения вероятности травматизма при работе движущихся машин и механизмов необходимо [14]:

- оградить вращающиеся части механизмов;
- проводить своевременно инструктажи по технике безопасности.
- при ремонте должны вывешиваться знаки, оповещающие о проведении ремонтных работ;
- проведение проверки состояния ремней, цепей, тросов и их натяжения;
- проведение плановых и внеплановых проверок пусковых и тормозных устройств.

Снижение вероятности поражения электрическим током достигается с помощью следующих мероприятий:

- проектирование, монтаж, наладка, испытание и эксплуатация электрооборудования должны проводиться в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) [12], «Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 19 февраля 2016 года)» [13].

Для снижения пожароопасности все производственные, подсобные и жилые помещения должны иметь подъездные пути и не должны располагаться вблизи емкостей с горючими материалами и складов лесоматериалов.

Территория должна быть очищена от мусора и не следует допускать замазывания территории. В целях предотвращения пожара запрещается

располагать электропроводку в местах ее возможного повреждением подвижными механизмами;

Объекты нефтедобычи должны быть обеспечены средствами пожаротушения.

Для исключения возгорания по причине короткого замыкания в электромеханизмах должны использоваться предохранители.

В электросетях необходимо использовать провода с достаточно большим сечением, чтобы исключить возможность возгорания от перегрева.

Для курения и разведения огня отводятся специальные места [15].

5.3 Экологическая безопасность

Нефтяная промышленность в силу своей специфики является отраслью загрязнителем, где все технологические процессы могут вызывать нарушение экологической обстановки, необходимо уделять большое внимание охране окружающей среды.

Атмосфера

Загрязнение атмосферы при добыче нефти и газа происходит при выбросах углеводородов. Главным источником выбросов являются дыхательные клапаны резервуаров, отсутствие герметичности фланцевых соединений, сальниковых уплотнений, а также автотранспорт.

Для защиты атмосферы следует не допускать выбросы флюида, а в случае их возникновения в ближайшее время ликвидировать. Для предотвращения выбросов необходимо проводить своевременный контроль сварных швов, герметичности элементов системы сбора нефти, использовать компрессоры с электроприводом [18].

Гидросфера и литосфера

В процессе добычи нефти и газа происходит загрязнение подземных водоносных горизонтов производственными водами, бытовыми стоками.

Отрицательное воздействие на литосферу осуществляется при следующих воздействиях:

- порубка древесная при сооружении площадок, коммуникаций, жилых поселков;
- уничтожение и повреждения почвенного слоя сельхозугодий и других земель;
- загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и другими веществами;
- засорение почвы производственными отходами и мусором.

Защитные мероприятия гидросферы и литосферы:

- устья скважин и прискважинные участки должны обеспечивать требуемую герметичность;
- хранение запасов ГСМ и нефтепродуктов должно осуществляться только в металлических емкостях;
- транспортировку неупакованных сыпучих материалов осуществлять специальным транспортом (цементовозы, смесительные машины);
- транспортировку жидких веществ (нефть, химреагенты, ГСМ и др) осуществлять только в цистернах или специальных емкостях;
- создать по всей длине обсадной колонны прочное цементное кольцо с целью исключения перетоков пластовых вод из одного пласта в другой [19].

Рекультивация нарушенных земель в процессе добычи скважины подразумевает следующие мероприятия:

- разбить все фундаментные основания, очистить всю территорию от металлолома и другого мусора;
- засыпать все амбары, траншеи, разровнять обваловку и спланировать площадку;
- произвести восстановление плодородного слоя земли [20].

Все работы по охране окружающей среды и рекультивации земель проводятся в соответствии с нормативными документами стандарта системы охраны природы ГОСТ 17.0.0.01-76 [21].

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Под источником чрезвычайной ситуации понимают опасное природное явление, аварию или опасное техногенное происшествие, в результате чего произошла или может возникнуть чрезвычайная ситуация.

Возможные чрезвычайные ситуации при добыче нефти и газа:

- наводнения;
- снежные бури;
- ураганы;
- лесные пожары;
- ГНВП;
- возгорание ГСМ;

Наиболее распространенным видом чрезвычайных ситуаций при добыче нефти и газа с помощью ВШН являются нефтегазоводопроявления на скважине.

Основными причинами возникновения данной ЧС являются:

- нарушение требований безопасности при проведении работ;
- отклонения от технологического регламента;
- недостаточная обученность персонала;
- неисправность технологического оборудования.

При возникновении ЧС принимаются меры согласно плану ликвидации аварий, по ограничению развития аварийной ситуации и ее ликвидации. Повышение устойчивости предприятия к ЧС при эксплуатации ВШН осуществляется за счет выполнения следующих мероприятий:

- Оборудование, специальные приспособления и материалы, необходимые для ликвидации аварийных ситуаций, всегда должны находиться на складах аварийного запаса;
- Покрытие огнезащитной краской конструкций, оснащение средствами пожаротушения рабочего места оператора;

- Обучение работников действиям по безопасной остановке оборудования, а также регулярный инструктаж по пожарной безопасности [16].

В данном разделе были рассмотрены основные понятия вредных и опасных факторов влияющие на состояние здоровья сотрудников при строительстве и эксплуатации промышленного газопровода.

Были приведены меры и рекомендации по обеспечению безаварийной работы промышленного газопровода. В случае возникновения чрезвычайных ситуаций рассмотрен план ликвидации аварии.

Для сотрудников, производящих обслуживание промышленного газопровода или производящих какие либо работы предусмотрены бесплатные средства индивидуальной защиты, обеспечены условия безаварийной работы.

Заключение

В выпускной квалификационной работе были рассмотрены отечественные и зарубежные конструкции насоса для перекачки буровых растворов. Проанализированы основные неисправности и отказы шламового насоса. Рассмотрены уплотнительные устройства. Прототипом для модернизации был выбрана МУВП соединяющая насос ВШН-150 и электродвигатель.

Так же был проведен расчет параметров рабочего колеса, проведена проверка вала на прочность, рассчитано уплотнение и параметры отвода.

Так же был выполнен раздел «Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность» в ходе которого был проведен SWOT-анализ, изучены конкуренты.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, правовые и организационные вопросы безопасности, экологическая безопасность.

Списко использованных источников

1. Баграмов Р.А. Буровые машины и комплексы: учебник для вузов. – М.: Недра, 1988. – 501 с.
2. Сызранцев В.Н., Плотников Д.М. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 130602 "Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов". – Тюмень, ТюмГНГУ, 2009, 31 с.
3. Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования: учебное пособие для вузов. – М.: Недра, 1985. – 452 с.
4. Калмыков Н.Н., Стефанов Ю.А., Яковлев А.И. Буровая техника и технология за рубежом. – М.: Недра, 1968. – 318 с.
5. Северинчик Н.А. Машины и оборудование для бурения скважин. – М.: Недра, 1986. – 368 с.
6. Чичеров Л.Г. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования. – М.: Недра, 1987. – 424 с.
7. А.С.1028894 А СССР, МКИ F04D 7/04. Лопастное колесо насоса для перекачки абразивных жидкостей/А.И. Золотарь, Д.С. Самойлович, В.К. Караханьян, О.В. Кузнецов, В.Б. Копелянский и В.Е. Нестеренко др.- №3354993/25-06; Заявлено 18.11.81; Оpubл. 15.07.83; Бюл. № 26.
8. А.С. 1416755 А1 СССР, МКИ F04D 7/04. Рабочее колесо грунтового насоса/Г.Т. Питулько и В.И. Курятников др.-№4165665/25-06; Заявлено 24.12.86; Оpubл. 15.08.88; бюл. № 30.
9. А.С. 1318024 А СССР, МКИ F04D 7/04, 29/22. Рабочее колесо центробежного насоса/С.С. Кувшинов, В.В. Стебелев, В.А. Муравьев, Р.М. Холодков и В.С. Савин др.- №3873126/25-06; Заявлено 07.01.85
10. Криницина З.В., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Криницина З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 73

11. Патент №1528035 А1 США, МКП F 04 D 7/04, 29/22.Центробежный насос/А.И. Золотарь, Е.А. Ключин, Н.Г. Корочабан, С.В. Лившиц, В.К. Караханьян, О.В. Кузнецов. Заявлено 18.02.87
12. Патент № 2305798 С1 RU F04D 1/04 Шнекоцентробежный насос / Н. А.Мельников, Потуроев А.А., Филатов В.А.,10.09.2007.
13. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).
14. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).
15. СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).
16. Трудовой кодекс Российской Федерации. Статья 109 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.).
17. МР 2.2.8.2127-06 Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.).
18. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.)
19. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.)

20. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.)

21. ГН 2.2.5.3532-18 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

22. ГОСТ Р 12.4.296-2013 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

23. Приказ Минздравсоцразвития России от 09.12.2009 N 970н (ред. от 20.02.2014) «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.).

24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

25. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями на 19 февраля 2016 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

26. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

27. ППБО-85 Правила пожарной безопасности в нефтяной промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

28. Инструкция по охране труда для оператора по добыче нефти и газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vunivere.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.).

29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – Режим доступа: <http://www.consultant.ru> (дата обращения 16.04.2019 г.).

30. ГОСТ Р 14.13-2007 Экологический менеджмент. Оценка интегрального воздействия объектов хозяйственной деятельности на окружающую среду в процессе производственного экологического контроля. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 16.04.2019 г.).

31. РД 39-133-94 Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.internet-law.ru> (дата обращения 04.05.2017 г.).

32. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин

33. ГОСТ 17.0.0.01-76 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения (с Изменениями N 1, 2). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document> (дата обращения 07.05.2017 г.).

Приложение А

(справочное)

Таблица А.1 – Размеры пальцев и втулок муфты МУВП

Момент $T, \text{Нм}$	Пальцы						Втулка упругая					Втулка распорная	
	d_n	d_o	l_n	l	l_1	l_2	d_v	l_v	d_1	t	b	d_p	s
31,5	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
63	10	M8	42	28	2	2	19	15	14	5	2,5	14	4
125	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
250	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
500	14	M10	63	45	2	2,5	27	28	20	7	3,5	20	5
710	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6
1000	18	M12	82	59	3	2,5	35	36	25	9	4,5	25	6
2000	24	M16	102	75	3	3,5	45	44	32	11	6	32	8