

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
 Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация подшипникового узла гранулятора 51-МІ-8122 (51-МІ-8222)
УДК 621.822:678.054.2 – 048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Калинченко Евгений -		

Руководитель ВКР

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Трубникова Н.В.	д.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения ООП

Код Результ ата	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 аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), 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 оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), 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 создания системы менеджмента качества на предприятии.	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>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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 <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Отделение школы (НОЦ): Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Калинченко Евгению -

Тема работы:

Модернизация подшипникового узла гранулятора 51-МІ-8122 (51-МІ-8222)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1007/с от 08.02.2019 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17 мая 2019 г.
--	----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Манжетное уплотнение подшипникового узла вала гранулятора.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (	Аналитический обзор литературы Объекты и методы исследования Экспериментальные результаты и их обсуждение Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение по работе
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Графический материал полученных результатов

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубникова Наталья Валерьевна, д.и.н., профессор ОСГН ШБИП
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна, ассистент ООД ШБИП
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
--	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ ИШНКБ	Симанкин Ф.А.	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Калинченко Евгений -		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа на 95 с., содержит 21 рисунок, 22 таблицы, и библиографию из 28 наименований. Работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы.

Ключевые слова: экструзия, расплав полимера, гранулятор, модернизация подшипникового узла, уплотнение, манжета, удельная утечка, контактная задача, метод конечных элементов.

Актуальность исследования: в настоящее время наиболее востребованной и универсальной является гранулированная форма полимерного материала. Все многообразие оборудования для переработки пластмасс ориентировано на работу с гранулятом. Очень важным элементом конструкции гранулятора является узел уплотнения подшипника. Основной задачей уплотнений является защита внутренней части подшипника от попадания инородных частиц на дорожки и тела качения, а также предохранение смазки от проникновения различного рода примесей.

Объект исследования: манжетное уплотнение подшипникового узла вала гранулятора.

Цель работы – модернизация подшипникового узла гранулятора

Практическая значимость работы: подбор износостойкого уплотнения подшипникового узла позволит продлить срок службы подшипникового узла и уменьшить периодичность замены уплотнений, что увеличит время безостановочной работы гранулятора

Выпускная квалификационная работа выполнена в отделении нефтегазового дела ИШПР НИ ТПУ.

Руководитель: к.т.н., доцент Ф.А. Симанкин.

Выполнил: студент группы 3-4Е41 Е.- Калинин.

Определения, обозначения, сокращения

ПВХ – поливинилхлорид

ПЭ – полиэтилен

ГСМ – горюче-смазочные материалы

УВ – уплотнение вала

ЭВМ – электронно-вычислительная машина

КЭ – конечные элементы

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение	12
Глава 1	Литературный обзор	14
1.1	Экструзионная линия	14
1.1.1	Устройство экструдера	14
1.1.2	Процессы, происходящие при экструзии	15
1.2	Система грануляции	19
1.2.1	Стренговые грануляторы	21
1.2.2	Водокольцевой гранулятор	21
1.2.3	Гранулятор с горячей резкой	22
1.2.4	Каскадный гранулятор	22
1.2.5	Гранулятор на базе экструдера с осциллирующим шнеком	23
1.2.6	Система подводного гранулирования	24
1.2.6.1	Фильера	25
1.2.6.2	Ножевая кассета	26
1.2.6.3	Нож гранулятора	27
1.2.6.4	Камера гранулирования	27
1.2.6.5	Функция системы подводного гранулирования	28
Глава 2	Основная часть	30
2.1	Подшипниковый узел вала гранулятора	30
2.1.1	Подшипник качения	30
2.1.2	Конструкция подшипников качения	32
2.1.3	Подшипниковый узел	33
2.1.3.1	Конструкция подшипниковых узлов	34
2.1.3.2	Фиксирующие и свободные подшипниковые узлы	35
2.1.3.3	Регулируемые подшипниковые узлы	36
2.1.3.4	Плавающие подшипниковые узлы	36
2.2	Уплотнения подшипников вращающихся валов	37
2.2.1	Сальниковые уплотнения	37
2.2.2	Манжетные уплотнения	40

2.2.3	Торцевые уплотнения.....	43
Глава 3	Расчетная часть.....	44
3.1	Проблематика эксплуатации.....	44
3.2	Расчет удельной утечки.....	45
3.3	Расчет контактной задачи рабочей кромки.....	48
3.3.1	Статический расчет.....	56
3.3.2	Тепловой расчет.....	58
Глава 4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	64
4.1	Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений.....	64
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	64
4.1.2	SWOT – анализ.....	66
4.2	Планирование научно-технического проекта.....	70
4.2.1	Организационная структура проекта.....	70
4.2.2	План проекта	70
4.3	Бюджет научного исследования	74
4.3.1	Материальные затраты.....	74
4.3.2	Основная заработная плата.....	74
4.3.3	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..	76
4.3.4	Накладные расходы.....	77
4.4	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	78
Глава 5	Социальная ответственность.....	80
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	80
5.2	Производственная безопасность.....	81
5.2.1	Анализ вредных факторов.....	83
5.2.1.1	Вредные вещества.....	83
5.2.1.2	Повышенный уровень шума и вибрации.....	84
5.2.1.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	85
5.2.1.4	Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	86
5.2.2	Анализ опасных факторов.....	87
5.2.2.1	Электробезопасность.....	87

5.2.2.2	Пожарная безопасность.....	88
5.3	Экологическая безопасность.....	88
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	90
5.4.1	План по предупреждению и ликвидации типовой ЧС: пожара..	90
	Заключение	92
	Список используемых источников	93

Введение

Переработка полимерных материалов – такая область современной технологии, объединяющая достижения нескольких направлений: химии полимеров, материаловедения, автоматизации трудно управляемых процессов, химического машиностроения.

В настоящее время наиболее востребованной и универсальной является именно гранулированная форма полимерного материала. Все многообразие оборудования для переработки пластмасс ориентировано на работу именно с гранулятом. Использование различных типов систем делает процесс гранулирования полимерных материалов гибким и разнообразным и позволяет в каждом конкретном случае добиваться максимальной эффективности[1].

Очень важным элементом конструкции гранулятора является узел уплотнения подшипника. Основной задачей уплотнений является защита внутренней части подшипника от попадания инородных частиц на дорожки и тела качения, а также предохранение смазки от проникновения различного рода примесей. Важность уплотнений сложно переоценить. Ведь от того, как долго дорожки и тела качения смогут сохранить исходное качество обработки их поверхности, и зависит общая долговечность работы самого подшипника. Кроме того, смазка, применяющаяся в подшипниках, также способна резко терять свои качества, при попадании в неё воды, прочих жидкостей, пыли, а также различных мелкодисперсных частиц. А попадание на дорожки качения песка, грязи и других абразивных материалов способно в кратчайшие сроки привести к выходу из строя даже нового подшипника. Поэтому качеству уплотнений подшипников уделяют особое внимание.

Цель работы: Модернизация подшипникового узла гранулятора.

Задачи:

1) Спроектировать виртуальную модель участка вала гранулятора с помощью программы КОМПАС – 3D.

2) Рассчитать напряженно-деформированное состояние (НДС) уплотнительного элемента подшипникового узла, передаваемую с вала гранулятора с помощью CAE-модуля SolidWorks.

3) Определить пригодность выбранного износостойкого уплотнения подшипникового узла, при этом, должен быть обеспечен длительный ресурс работы узла без протекания рабочей среды.

Практическая значимость.

Подбор износостойкого уплотнения подшипникового узла, во-первых, позволит продлить срок службы подшипникового узла; во-вторых, уменьшить периодичность замены уплотнений, что увеличит время безостановочной работы гранулятора.

Глава 1. Литературный обзор

1.1 Экструзионная линия

Экструзия – технология получения методом формования в экструдере изделий или полуфабрикатов неограниченной длины продавливанием расплава полимера через формующую головку с каналами необходимого профиля. Для этого используют шнековые, или червячные, экструдеры. Производство различных видов изделий методом экструзии осуществляется путем подготовки расплава в экструдере и придания экструдату той или иной формы посредством продавливания его через формующие головки соответствующей конструкции с последующими охлаждением, калиброванием и т. д.

1.1.1 Устройство экструдера

По устройству и принципу работы основного узла, продавливающего расплав в головку, экструдеры подразделяются на шнековые, бесшнековые и комбинированные. Основным оборудованием для переработки пластмасс методом экструзии служат шнековые машины, называемые также червячными прессами. В отдельных случаях переработки пластмасс применяются бесшнековые, или дисковые, экструдеры, в которых рабочим органом, продавливающим расплав в головку, является диск особой формы. Движущая сила, продавливающая расплав, создается в них за счет развития в расплаве нормальных напряжений, направленных перпендикулярно касательным (совпадающим с направлением вращения диска) [2].

1.1.2 Процессы, происходящие при экструзии

Установка экструзии поделена на девять зон, которые представлены на рисунке 1.1.

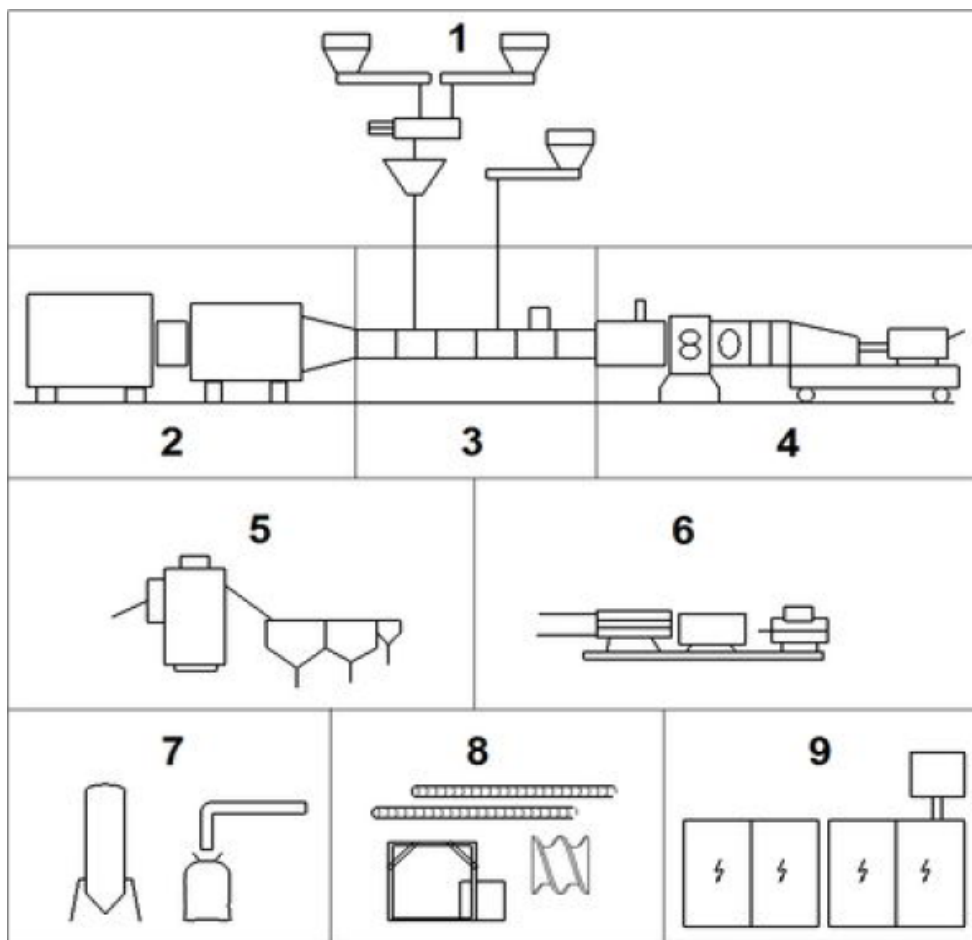


Рисунок 1.1 – Зоны установки экструзии

1. Загрузочный узел
2. Привод
3. Технологический агрегат
4. Узел разгрузки
5. Зона эксплуатации экструдера
6. Вспомогательные агрегаты
7. Зона работы с изделиями
8. Разное
9. Электрооборудование

Полимер, добавки или предварительная смесь добавок непрерывно подаются в первый корпус двухшнекового смесителя под контролем соответствующих измерительных приборов. Приборы для измерения продукта, а также подающие трубы продуты азотом в направлении, противоположном потоку продукта, для защиты полимера от контакта с атмосферным кислородом.

Два одновременно вращающихся и плотно перекрещивающихся шнека смесителя захватывают продукт в корпусе 1. Этот корпус непрерывно охлаждается. В следующих корпусах (1, 2) продукт транспортируется по направлению потока в зону пластификации. Эти корпуса обычно имеют режим непрерывного подогрева. Каналы шнека заполняются не полностью. Частицы газа (обычно азот), налипшие на частицы полимера, отсоединяются во время пластификации полимера. Этот газ транспортируется вверх по потоку и выпускается из экструдера через загрузочную воронку. Поэтому в загрузочную воронку должна быть установлена правильно спроектированная система вентиляции.

Жидкие добавки могут впрыскиваться в корпус 3. В конечном итоге продукт расплавляется под действием месильных элементов в корпусах 4 – 6. Температура этих корпусов обычно регулируется посредством нагревания и/или охлаждения в зависимости от вязкости полимера. В ходе процесса плавления в расплав полимера равномерно внедряются добавки и стабилизаторы.

В корпусе 7 с помощью подходящей вакуумной системы можно удалить летучие вещества. Уровень вакуума обычно составляет 50 – 400 мбар. Если дегазация не требуется, можно снять вентиляционный канал и закрыть соответствующее отверстие в корпусе шнека специальной пробкой.

Температура всех корпусов после секции пластификации регулируется посредством нагревания и/или охлаждения в зависимости от вязкости полимера и требований технологического процесса.

В конце шнека (наконечник), т. е. после корпуса 9, обработанный и стабилизированный таким образом расплав полимера транспортируется в секцию разгрузки. Максимальное давление расплава в шнеке приходится на наконечник (давление 8-0). Данное значение зависит от различных параметров, например, скорость подачи, вязкость полимера, положение заслонки в пусковом дроссельном клапане и гидравлическое сопротивление заменителя пакета сит и гранулятора. Это давление создается посредством шнеков. Оно ограничено максимальной нагрузкой упорного подшипника в редукторе. Если заслонка в пусковом дроссельном клапане открыта, потеря давления обычно составляет 30 – 80 бар. Дифференциальное давление можно увеличить, переведя заслонку в закрытое положение. При необходимости таким образом можно отрегулировать смешивание/замешивание в последнем корпусе двухшнекового смесителя. Заслонку можно закрывать только до тех пор, пока не будет достигнута максимальная нагрузка упорных подшипников.

Заданное значение температуры корпусов обычно составляет 220 – 280°C. Эта температура регулируется автоматически. Тем не менее, из-за непредвиденных обстоятельств температура определенных корпусов на определенный период времени может подняться максимум до 320 °C.

Во время запуска двухшнекового смесителя полимер сначала выгружается в направлении пола через пусковой клапан. Полимер, выходящий из пускового клапана в самый первый момент, может иметь температуру максимум 350°C. Если экструдированный расплав полимера удовлетворителен, оператор поворачивает пусковой клапан в направлении матрицедержателя.

После продувки матрицедержателя расплав полимера снова выгружается через пусковой клапан. После ручной очистки матрицедержателя, подсоединения гранулятора и его подготовки к запуску оператор поворачивает пусковой клапан в направлении матрицедержателя. Устройство приводится в действие.

Давление, необходимое для проталкивания расплава через заменитель пакета сит и гранулятор, зависит от различных параметров, например, вязкость расплава, скорость подачи, размер ячеек сит и конструкция матрицедержателя.

Размер ячеек сит, вставленных в заменитель пакета сит, должен быть адаптирован к обрабатываемому полимеру. Высоковязкие продукты предпочтительно фильтровать через сита с крупными отверстиями, а низковязкие – через сита с мелкими отверстиями (при необходимости).

Нити расплава термопласта, выходящие из матрице держателя, под водой разрезаются ножами гранулятора прямо на матрицедержателе. Вода, перекачиваемая через кожух гранулятора, переносит и охлаждает горячие гранулы. Оставшаяся на гранулах вода отделяется в расположенной далее центробежной сушилке (циклоне).

Вода подается в бак. Она предназначена только для обратного перекачивания в гранулятор через фильтр и теплообменник.

Циклон подает высушенные гранулы на сортировочное сито, отделяющее гранулы слишком малого или слишком большого размера от гранул, соответствующих спецификациям. С помощью воздуходувки эти гранулы подаются в бункеры для промежуточного хранения и затем упаковываются в мешки или напрямую загружаются в вагоны для перевозки сыпучих грузов.

Через воронку продукт подается на технологический агрегат. Воронка смонтирована на первом корпусе шнеков (входном корпусе) технологического агрегата.

Технологический агрегат монтируется между редуктором и разгрузочным блоком. Этот агрегат состоит из нескольких термостатированных корпусов шнеков, в каждом из которых по два шнека вращаются в одном направлении и в плотном зацеплении друг с другом. Шнеки состоят из сквозных валов, на которые насаживаются шнековые элементы различного действия.

За счет модульной системы шнековых элементов и корпусов шнеков могут быть сформированы различные зоны, в зависимости от задач технологического процесса:

- 1) Зона подачи;
- 2) Зона пластификации;
- 3) Зона перемешивания и резки;
- 4) Зона гомогенизации;
- 5) Зона сжатия.

1.2 Система грануляции

Грануляция — процесс подготовки пластических масс к переработке, которая заключается в придании полимерному материалу формы гранул. Формовка гранул на грануляторах относится к подготовительной стадии производственного цикла. На этом этапе происходит окраска, введение в состав различных добавок и пластификаторов, компоновка полимеров, устранение летучих веществ из смеси полимеров. Полученные гранулы имеют большую прочность, насыпную плотность, хорошую сыпучесть и стабильные физико-химические характеристики материала на протяжении длительного времени хранения, т.е. не происходит процесс слеживания. Гранулированный материал хорошо дозируется, транспортируется и хранится в производственных и складских помещениях. Правильно подобранный комплекс оборудования позволяет полноценно осуществлять процесс гранулирования полимера. Такой комплекс называют линией грануляции, а установка для получения гранулированного материала - гранулятор или система грануляции.

В линиях экструзионной грануляции экструдер используется для получения расплава или соединений полимера и создания давления, а гранулятор применяют для придания расплаву формы гранул необходимого размера.

Опираясь на тип и свойства гранулированного материала, используются системы горячей грануляции и системы грануляции с использованием охлаждающей воды - стренговая, водокольцевая и подводная.

Классические грануляторы представляют собой полноценные промышленные системы. Как правило, в комплекс входит следующее оборудование:

- 1) бункер для закладки подготовленных материалов;
- 2) одно- или двухшнековый экструдер необходимой мощности;
- 3) электронагреватели;
- 4) головка с фильерной пластиной (матрицей);
- 5) ножи для нарезки гранул;
- 6) пульт управления;
- 7) силовой шкаф;
- 8) блок охлаждения (на водной или воздушной основе);
- 9) емкость для размещения готовой продукции;
- 10) вибрационный стол.

Комплектация технологических элементов и последовательность их установки зависит от типа полимерного сырья и, соответственно, способа его обработки. Экструзионные линии с мощностью более 1000 кг/ч могут оснащаться автоматическим шредером – такая дробильная установка обеспечивает бесперебойную подачу материала в загрузочный бункер. Ножи-измельчители, шнеки и охлаждающие вентиляционные устройства работают от электродвигателя с редукторным либо ременным приводом. Управление всей системой ведется со специального пульта [1].

Грануляторы в зависимости от способа гранулирования подразделяются:

1. стренговые грануляторы;
2. каскадные грануляторы;
3. грануляторы с водокольцевой резкой;

4. грануляторы с горячей резкой;
5. компаунды на базе экструдера с осциллирующим шнеком;
6. грануляторы с подводной грануляцией.

1.2.1 Стренговые грануляторы

Стренговые грануляторы самые простые и дешевые линии. Они устроены на принципе холодного гранулирования. Выдавливается расплав из экструдера в виде круглых прутков, которые предварительно охлаждаются водой, а затем режутся специальным режущим устройством. Для более широкого применения и качества смешения лучше использовать двухшнековые экструдеры [4].

1.2.2 Водокольцевой гранулятор

В водокольцевом грануляторе резка расплава осуществляется непосредственно на фильере с помощью вращающихся ножей, упрочнение среза и охлаждение гранул осуществляется водой, которую непрерывно подает циркуляционный насос. Гранулы вместе с водой поступают в агрегат отделения гранулы от воды (центрифуга). После сушки гранула попадает на вибросито для разделения гранул на фракции. С помощью центробежного вентилятора и системы воздуховодов подсушенная гранула транспортируется в бункер-накопитель.

Этот способ применяется при переработке материалов с высокой энтальпией и малой прочностью расплава, а также при крупнотоннажном производстве гранул, когда экструдеры развивают высокую производительность. Для более широкого применения и качества смешения лучше использовать двухшнековые экструдеры.

1.2.3 Гранулятор с горячей резкой

У грануляторов с горячей резкой резка расплава осуществляется непосредственно на фильере с помощью вращающихся ножей, установленных соосно. При гранулировании используется воздушное охлаждение. Этот способ применяется при переработке полимеров с относительно низкой энтальпией при соответствующей температуре экструзии при повышенной прочности расплава и незначительной прилипаемости его к металлам (непластифицированный и пластифицированный ПВХ, высоконаполненные полиолефины). Предварительно измельченное сырье загружается в приёмный бункер, откуда непосредственно поступает в цилиндр экструдера. В цилиндре под воздействием подведенного от нагревателей тепла и вращения шнеков, сырье проходит последовательно через фазы плавления, сжатия, перемешивания, гомогенизации, фильтрации через сетку-фильтр и далее выдавливается через экструзионную головку. На данном этапе нарезка экструзионных гранул осуществляется подобно мясорубке вращающимися ножами, отсечённый гранулят по системе воздухопроводов, охлаждаясь, попадает в бункер накопитель.

1.2.4 Каскадный гранулятор

Каскадные грануляторы состоят из нескольких экструдеров, что позволяет перерабатывать отходы с плохой насыпной плотностью и полимеры высокой вязкости. Широкое применение для переработки отходов пленки, нитей, мешков, веревок нашли двухкаскадные грануляторы. Он состоит из двух экструдеров. В первом происходит предварительное расплавление, смешивание и уплотнение исходного сырья - хлопьев пленки. Получаемый расплав отличается неоднородной плотностью и экструдировается с перепадами давления. После поступления во второй экструдер, расплав

окончательно пластифицируется и гомогенизируется, в результате выход стренгов из головы происходит с едиными показателями скорости и толщины, что гарантирует высокое качество продукции.

Двухкаскадный гранулятор отлично справляется с перемешиванием материалов, легко перерабатывает отходы различные по строению и размерам. Двухкаскадный гранулятор способен регранулировать влажное сырье с получением непористых однородных гранул при невысокой производительности. На каскадных грануляторах получают ПВХ компаунды и сшитый ПЭ.

1.2.5 Гранулятор на базе экструдера с осциллирующим шнеком

Одношнековые осциллирующие смесители (экструдеры) предназначены для смешения и пластикации поливинилхлорида (ПВХ) и других термопластов непрерывным способом. Достоинством этих машин является отсутствие в них «мертвых» зон, вследствие чего они пригодны для переработки легко разлагающихся термопластичных композиций, а также для пластикации чувствительных к перегреванию термореактивных масс[3].

Основные преимущества экструдера с осциллирующим шнеком:

- не возникает высокая температура в зоне стыковки шнека, как это часто бывает в двухшнековом экструдере;
- витки шнека и зубья в корпусе совместно эффективно очищают экструдер;
- через любой зуб можно вводить жидкость прямо в расплав, что способствует смешиванию любых жидкостей с полимером;
- термопару можно установить в зубе, что позволяет точно измерить температуру расплава;
- шнек сборный, состоит из разных сегментов, что позволяет легко изменить конструкцию и применение.

- цилиндр состоит из двух частей, что легко позволяет очистить и заменить сегменты шнека.

- в сердцевине шнека имеется трубопровод охлаждения, который регулирует температуры шнека.

Данный вид грануляции нашел применение в разных видах гранул для кабельного производства, в высоконаполненных концентратах, высоконаполненных полимерах.

1.2.6 Система подводного гранулирования

Система подводного гранулирования используется для гранулирования практически любых термопластичных полимеров. Камера гранулирования, опора ножа и привод смонтированы на каретке для гранулирования.

Система подводного гранулирования состоит, главным образом, из следующих компонентов:

- 1) Фильера
- 2) Экструзионная головка
- 3) Камера гранулирования
- 4) Подшипниковый узел гранулятора
- 5) Привод
- 6) Гидропневмопривод
- 7) Каретка для гранулирования

Схема системы подводного гранулирования представлена на рисунке

1.2

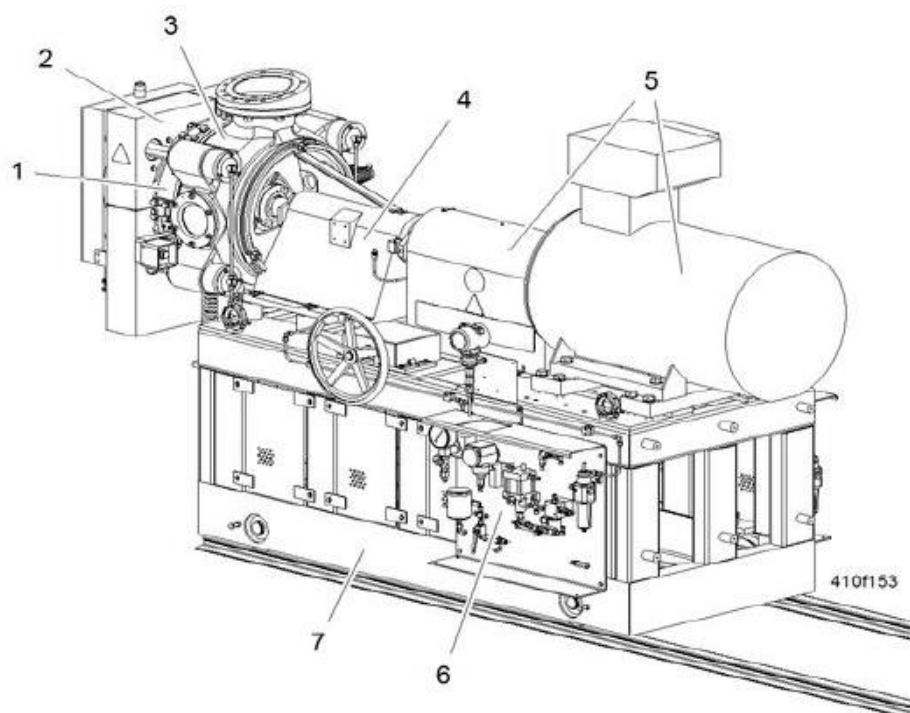


Рисунок 1.2 – Система подводного гранулирования

1.2.6.1 Фильера

Фильера прикручивается к корпусу головки системы гранулирования и нагревается маслом. Она состоит из основания с отверстиями для продукта и теплоизоляции.

Фильера при присоединении системы гранулирования центрируется четырьмя центрирующими элементами. Это обеспечивает воспроизводимое позиционирование фильеры относительно вала гранулятора.

Система четырехточечного центрирования состоит из следующих компонентов:

- Четыре центрирующих элемента, закрепленные на фильере;
- Четыре направляющих элемента, закрепленные на кожухе системы гранулирования.

Центрирующие и направляющие элементы имеют относительно друг друга боковой люфт макс. 0,3 мм с выравниванием по центру фильеры.

Вместе они центрируют перфорированную плиту относительно кожуха системы гранулирования с точностью $< 0,3$ мм. Для компенсации теплового расширения между центрирующими и направляющими элементами имеется радиальный люфт 3 мм.

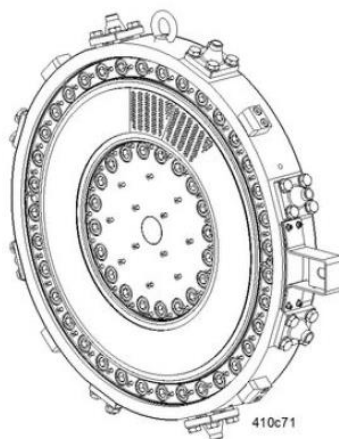


Рисунок 1.3 – Фильера

1.2.6.2 Ножевая кассета

Ножевая кассета оснащена ножами гранулятора. Она надвигается на вал гранулятора и закрепляется. Передача усилия от вала гранулятора на кассету ножей осуществляется посредством шпоночного соединения. В ножевой кассете установлен пружинный диск, компенсирующий неточности положения вала гранулятора и фильеры в процессе гранулирования.

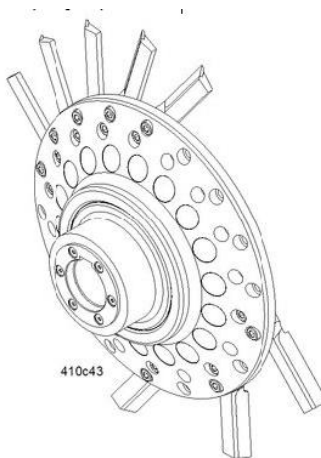


Рисунок 1.4 – Ножевая кассета с ножами гранулятора

1.2.6.3 Нож гранулятора

Ножи гранулятора закрепляются на кассете ножей двумя винтами с цилиндрической головкой (на каждый нож). В зависимости от продукта на кассету ножей монтируется разное количество ножей гранулятора.

Ножи гранулятора в значительной мере влияют на удовлетворительный результат резки, и к ним предъявляются самые высокие требования по прямолинейности, ровности и параллельности. Скорость движения ножей должна быть достаточной для обеспечения равномерной резки гранул заданной длины. Скорость выдавливания полимера определяется производительностью экструдера.

Для регулирования зазора между ножами и фильерой резательное устройство снабжено механизмами грубого и тонкого регулирования, поскольку от величины зазора зависит как форма гранул, так и долговечность ножей [5].

1.2.6.4 Камера гранулирования

Камера гранулирования прикручена к подшипниковому узлу ножевой кассеты и опирается на каретку гранулятора. Трубы для подвода и отвода воды для гранулирования смонтированы на камере гранулирования. Герметизация камеры гранулирования относительно кассеты ножей осуществляется манжетным уплотнением.

Камера гранулирования автоматически блокируется с корпусом экструзионной головки. Для этого на камере гранулирования смонтировано четыре натяжных элемента. Болты, задвигающиеся в натяжные элементы при автоматическом присоединении, закреплены на корпусе экструзионной головки.

Деминерализованная вода, поступающая в камеру фильтруется, доводится до необходимой температуры и подается по циркуляционному замкнутому контуру обратно в режущую камеру. Температура охлаждающей воды поддерживается в пределах 50-70°C.

1.2.6.5 Функция системы подводного гранулирования

Продукт течет из экструдера через фильеру.

Экструдированный прессованный профиль нарезается вращающимся ножом гранулятора на гранулы одинаковой формы непосредственно на выходе с торцевой поверхности фильеры. Вода для грануляции поступает снизу в камеру гранулирования, поднимает еще горячие гранулы и выходит из камеры гранулирования через расположенный сверху выпускной патрубок.

При выборе способа грануляции опираются на тип и свойства полимерного материала, производительность, качество получаемого гранулята (в основном его однородность и насыпная плотность), занимаемую площадь, степень автоматизации и, естественно, стоимость системы в целом.

Система подводной грануляции применяется главным образом для термопластичных полимеров, которые трудно перерабатывать в системах стренговой грануляции из-за низкой вязкости расплава и в устройствах водокольцевой резки по причине налипания на фильеру и рубящие ножи. Данная система гранулирования позволяет перерабатывать практически все виды термопластичных полимерных материалов. Также подводная грануляция позволяет оптимальным образом перерабатывать компаунды с высоким содержанием различных наполнителей — стекловолокна, минеральных наполнителей, натуральных волокон.

Такие системы используются, как правило, при крупнотоннажном производстве гранул (свыше 1 тыс. кг/ч). К примеру, системы грануляции

SPHERO® от компании Automatik Plastics Machinery позволяют достигать производительности до 36 тыс. кг/ч и используются для выпуска первичного гранулята. Линии, предназначенные для средней производительности (до 8-9 тыс. кг/ч) используются для изготовления композиционных материалов, а также производств.

Процесс подводного гранулирования является тонким процессом и требует решения многих технических задач, например, по теплотехнической изоляции фильерной плиты и увеличению ее износостойкости, системы фильтрации воды и поддержанию необходимой температуры диминерализованной воды и так далее.

При этом подводная система грануляции имеет ряд преимуществ: высокий уровень автоматизации, высокое качество продукции, низкая энергоемкость, низкое количество отходов в процессе производства и может быть использована для гранулирования практически всех типов термопластов. Однако большие возможности подводной системы гранулирования повышают стоимость оборудования. А ее приобретение быстро окупается при крупнотоннажном производстве [1].

Глава 2. Основная часть

2.1 Подшипниковый узел вала гранулятора

2.1.1 Подшипник качения

Подшипником называется изделие, являющееся частью опоры, которое поддерживает вал, ось или иную конструкцию, фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение, качение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку на другие части конструкции [6].

Все подшипники можно разделить на две большие группы:

- подшипники качения;
- подшипники скольжения.

Первые «работают» за счет катящихся по дорожке качения тел шариков и роликов, вторые за счет свободного скольжения плоскостей за счет смазки и гладкости материалов относительно друг друга [7].

Наиболее распространенной группой являются подшипники качения. Они могут применяться как в стационарных, так и в подвижных машинах многих отраслей машиностроения, в том числе и в системе гранулирования в химической промышленности.

Подшипники качения обеспечивают вращение за счет качения тел: роликов или шаров с наименьшим сопротивлением, тем самым закрепляют положение вала в пространстве, воспринимают и передают нагрузку от подвижного узла на другие части конструкции. Основными техническими параметрами подшипников качения являются грузоподъемность (динамическая и статическая), размеры (длина, ширина, высота), степень точности, максимальная скорость вращения (которая различна в зависимости от типа применяемой смазки), группа радиального зазора между дорожкой и телами качения, материалы, из которых сделаны детали, дополнительные

требования к уровню шума, шероховатости поверхностей, температуре отпуска колец и т.д [7].

Подшипник качения, в большинстве случаев, включает 4 основных элемента:

- неподвижное наружное кольцо, которое обычно устанавливается в корпусе;
 - внутреннее кольцо, которое обычно насаживается на цапфу вала, и вращающееся вместе с ней;
 - тела качения (шарики, ролики или другие), обкатывающиеся при работе подшипника по беговым дорожкам наружного и внутреннего колец,
 - сепаратор, который предотвращает в процессе работы подшипника набегание тел качения друг на друга [2].
- Общий вид подшипника качения представлен на рисунке 2.1.

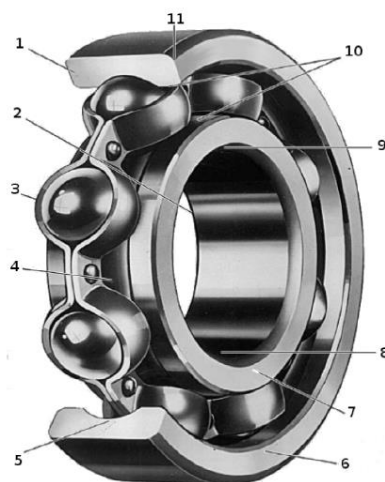


Рисунок 2.1 - Устройство подшипника качения

В состав шарикоподшипника входят:

- 1 - Наружное кольцо;
- 2 - Внутреннее кольцо;
- 3 - Сепаратор;
- 4 - Дорожка качения на внутреннем кольце;

- 5 - Дорожка качения на наружном кольце;
- 6- Лицевая сторона наружного кольца, куда наносится маркировка;
- 7 -Лицевая сторона внутреннего кольца куда наносится маркировка;
- 8, 9 - Посадочный размер (внутренний диаметр);
- 10 – Тела качения (шарики);
- 11 - Фаска на наружном кольце.

В подшипниках качения важную роль выполняет трение качения, т.к. между телами качения и сепаратором трение скольжения невелико. Таким образом, в подшипниках качения, по сравнению с подшипниками скольжения, наблюдаются значительно меньшие потери энергии, а также меньший механический износ.

Подшипники качения закрытого типа (с защитными крышками) почти не требуют какого-либо обслуживания, в сравнении с подшипниками качения открытого типа. Подшипники качения открытого типа чувствительны к попаданию посторонних предметов, которые способны быстро разрушить подшипник [7].

Механические нагрузки, действующие на подшипник, принято разделять на радиальные, действующие перпендикулярно оси подшипника, и осевые, действующие вдоль оси подшипника.

2.1.2 Конструкции подшипников качения

Подшипники качения принято классифицировать по следующим конструктивным признакам:

- форма тел качения: шарики или ролики, причем ролики могут быть короткими цилиндрическими, игольчатыми, бочкообразными, коническими или витыми (пустотелыми);
- направление воспринимаемых нагрузок: радиальные, радиально-упорные или осевые нагрузки;
- рядность движения тел качения: одно-, двух- или четырехрядные;

- чувствительность к перекосам: самоустанавливающиеся (допускают перекося до 3 градусов) или несамоустанавливающиеся;

- форма отверстия внутреннего кольца: цилиндрическое или конусное;

- конструкция корпуса: сдвоенная и другие.

Преимуществами подшипников качения являются:

- небольшие потери на трение;

- взаимозаменяемость, облегчающая монтаж и ремонт подшипниковых узлов;

- малые пусковые моменты;

- нетребовательность к смазке и уходу (за исключением случаев, когда от подшипников, например, роторов авиационных двигателей, необходимо отводить тепло).

2.1.3 Подшипниковый узел

Все конструкции состоят из разнообразных элементов и узлов, которые весьма важны. Одними из них являются подшипниковые узлы. Конструктивно они довольно просты, состоят они из прочного корпуса (чаще всего он изготавливается из чугуна), вмонтированного подшипника, вала, сопряженных деталей и уплотнения. Однако максимально эффективное использование подшипникового узла невозможно без применения дополнительных систем:

- 1) Уплотняющая система. Главным её предназначением является гарантия безопасной эксплуатации подшипника.

- 2) Система автоматической смазки. Обеспечивает нужный уровень смазки, без наличия которого эффективная работа подшипника невозможна.

Применение смазки имеет определенную цель:

- Снижение трения и, соответственно, износа контактирующих поверхностей деталей.

- Увеличение параметра скольжения поверхностей при деформации из-за возникновения нагрузки.

- Образование масляной пленки, смягчающей ударные нагрузки в процессе эксплуатации.

- Равномерное распределение тепла, вырабатываемого в процессе трения.

- Защита от коррозии.

- Препятствие проникновению пыли и других загрязнений.

Чтобы выбранная смазка подшипников соответствовала вышеуказанным требованиям необходимо учесть условия эксплуатации машины или механизма.

2.1.3.1 Конструкция подшипниковых узлов

Конечно же, для правильной и сбалансированной работы узлов, важна посадка валов на два подшипника. Фиксация вала, при этом, выполняется как в осевом, так и в радиальном направлениях, относительно корпуса или станины. Однако рабочие требования и характеристики конструкций довольно часто отличаются, поэтому существует 3 основных вида опор:

1. Фиксирующие и свободные узлы.
2. Регулируемые узлы.
3. "Плавающие" узлы.

Однако подшипниковые узлы, наподобие шарнирных соединений, являются более универсальными. Другими словами условия их эксплуатации, а также технические характеристики требуют совершенно других расчётов устойчивости и износостойкости, поэтому их разработкой занимается вспомогательная техническая служба по заказу [8].

2.1.3.2 Фиксирующие и свободные подшипниковые узлы

Фиксирующий подшипник, установленный на один из концов вала, обеспечит ему не только радиальную опору, но и надёжную двустороннюю осевую фиксацию. Именно этим обусловлена жёсткая посадка подшипника не только на вал, но и в корпус станины. Наиболее часто при этом используются разнообразные модификации радиальных подшипников, что неудивительно учитывая их устойчивость к комбинированным нагрузкам.

Разнообразные вариации радиальных подшипников выбираются в зависимости от требуемых рабочих условий, это помогает обеспечить максимально надёжную фиксацию вала. При этом второй радиальный подшипник должен иметь свободную посадку на вал, то есть при его монтаже должен оставаться зазор, при этом будет обеспечена осевая опора в обоих направлениях.

Нефиксирующий подшипник (свободная посадка) запрессованный на один конец вала гарантирует лишь радиальную опору. Также данные подшипниковые узлы должны создавать возможность осевого смещения, что гарантированно избавит от взаимного напряжения между подшипниками, которое может возникнуть при сильном нагреве вала. Осевое смещение в подшипнике обеспечивается техническими особенностями его устройства.

Таким образом, для нефиксирующего соединения, более всего подойдут игольчатые подшипники, или же тороидальные роликоподшипники. Также осевое смещение может обеспечиваться за счёт смещения одного из колец подшипника относительно опоры, более оптимально будет смещение наружного кольца, относительно корпуса или станины.

Подшипниковые узлы, в некоторых случаях играют ключевую роль в устройстве механизированных конструкций автомобилей, авиотранспорта, железнодорожных транспортных средств. Также, ни один механизм

технических производственных линий не монтируется без таких соединительных приспособлений.

2.1.3.3 Регулируемые подшипниковые узлы

В регулируемых подшипниковых узлах осевая фиксация вала в одном направлении осуществляется одной подшипниковой опорой, а в другом направлении — другой (перекрёстная фиксация). Регулируемые подшипниковые узлы требуют точной регулировки зазора или преднатяга при монтаже.

Такие подшипниковые узлы обычно используются для коротких валов, когда тепловое расширение несущественно. Наиболее подходящими подшипниками являются: радиально-упорные шарикоподшипники и конические роликоподшипники

2.1.3.4 Плавающие подшипниковые узлы

В плавающих подшипниковых узлах вал имеет перекрёстную фиксацию, но может перемещаться в осевом направлении на некоторое расстояние между двумя крайними положениями (т. е. может «плавать»). При определении расстояния, требуемого для такого смещения, следует учитывать тепловое расширение вала относительно корпуса и допуски компонентов, влияющие на расстояние между двумя подшипниками.

В подобном узле вал также может быть зафиксирован в осевом направлении другими установленными на валу компонентами (например, шевронной зубчатой передачей). Наиболее распространённые подшипники: радиальные шарикоподшипники, самоустанавливающиеся шарикоподшипники, сферические роликоподшипники и цилиндрические роликоподшипники типа NJ в зеркальном расположении со смещёнными внутренними кольцами.

2.2 Уплотнения подшипников вращающихся валов

Уплотнения подшипника являются очень важным элементом его конструкции. Они должны обеспечивать возможность свободного вращения вала

Основная задача уплотнений - это защита внутренней части подшипника от попадания инородных частиц на дорожки и тела качения, а также предохранение смазки от проникновения различного рода примесей. Важность уплотнений сложно переоценить. Ведь от того, как долго дорожки и тела качения смогут сохранить исходное качество обработки их поверхности, и зависит общая долговечность работы самого подшипника.

Кроме того, смазка, применяющаяся в подшипниках, также способна резко терять свои качества, при попадании в неё воды, прочих жидкостей, пыли, а также различных мелкодисперсных частиц. А попадание на дорожки качения песка, грязи и других абразивных материалов способно в кратчайшие сроки привести к выходу из строя даже нового подшипника. Поэтому качеству уплотнений производители подшипников уделяют особое внимание [9].

Для уплотнения вращающихся валов гранулятора могут применяться сальниковые, манжетные и торцевые уплотнения.

2.2.1 Сальниковые уплотнения

Сальниковые уплотнения – это один из наиболее часто встречающийся типов уплотнений. И не смотря на то, что сальники постепенно вытесняются другими конструкциями, например торцевыми уплотнениями, сальниковые набивки ещё долго будут широко использоваться из-за своей простоты и низкой стоимости. В промышленности находят применение самые различные сальники.

Сальниковые уплотнения состоят из сальниковой коробки, нажимной втулки, грундбуксы и уплотнительного материала.

На рисунке 2.2 показано типовое сальниковое уплотнение:

- 1 – вал;
- 2 – бобышка;
- 3 – нажимная втулка;
- 4 – сальниковая коробка;
- 5 – уплотнительный материал;
- 6 – грундбукса.

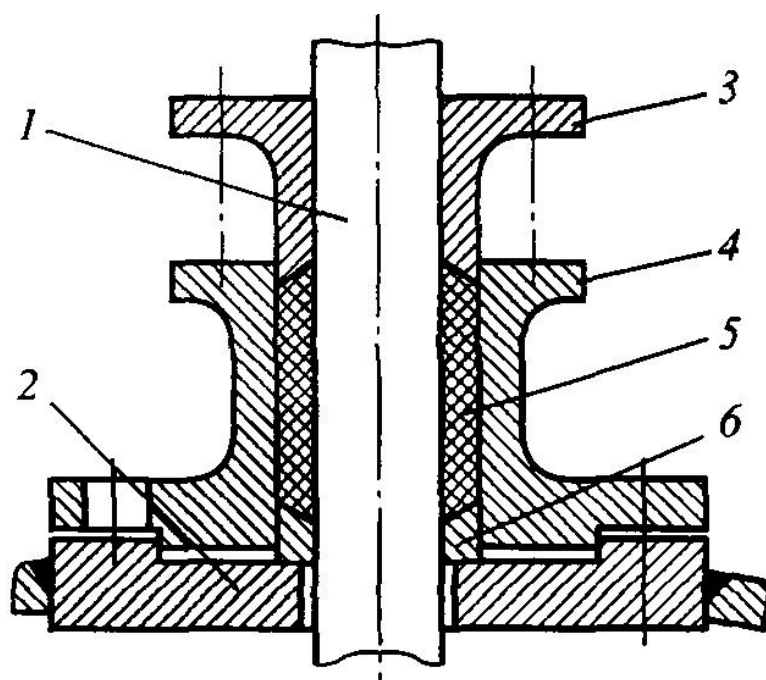


Рисунок 2.2 – Типовое сальниковое уплотнение

Сальниковые уплотнения применяются там, где через неподвижный корпус или крышку аппарата или механизма проходит вал (шток), совершающий вращательные (возвратно поступательные движения).

Принцип действия сальникового узла в том, что на помещенный в сальниковую камеру уплотнительный материал (сальниковую набивку) оказывается давление, направленное вдоль оси вала (штока) в результате чего, за счёт перераспределения усилий в материале набивки она упирается в стенки камеры и поверхность штока.

За счёт чего обеспечивается герметичность и предотвращается проникновение рабочей среды за пределы корпуса. Особенность данной конструкции в том, что к материалу набивки предъявляются определённые, специфические требования, т.к. с одной стороны, она должна обеспечивать герметичность в течение продолжительного времени, т.е. быть износостойкой и обладать упругими свойствами, а с другой, иметь минимальный коэффициент трения с материалом штока, чтобы не создавать помех работе механизма. Понятно, что добиться таких противоречивых свойств в одном материале непросто, поэтому для сальниковых узлов имеют большое значение конструкторские решения, обеспечивающие их нормальную работу. Помимо требований к уплотнительному материалу, определённые требования предъявляются к конструкции узла запираания, габаритам, качеству обработки и материалу деталей (особенно вала или штока). Необходимо заметить, что в некоторых случаях, в особенности, если вал (шток) непрерывно перемещается, для продления ресурса сальниковых набивок используют смазку и (или) охлаждение сальникового узла.

Таким образом, можно сформулировать общие требования к сальниковым уплотнениям:

- Низкий коэффициент трения
- Упругость
- Износостойкость
- Стойкость к рабочей среде
- Удобство монтажа

Сегодня сальниковая набивка - это, как правило, шнур или кольца из асбестосодержащего или безасбестового материала (на основе натуральных или искусственных волокон). Реже в качестве набивки применяют манжетные кольца из различных материалов.

Конкретный тип набивки выбирается исходя из конструкции сальникового узла, параметров рабочей среды и условий эксплуатации.

2.2.2 Манжетные уплотнения

Манжетное уплотнение является альтернативой сальниковой набивки и появились после изобретения резины. Общий вид манжетного уплотнения представлен на рисунке 2.3.

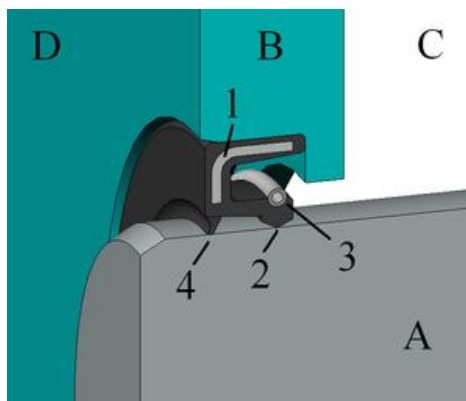


Рисунок 2.3 – Манжетное уплотнение вала с креплением в корпусе, где А:Вал; В: Корпусная деталь; С: Среда с высоким давлением; D: Среда с низким давлением. 1: Металлическая армировка манжеты; 2: Уплотнение; 3: Браслетная пружина; 4: Пыльник (не обязательно).

Манжетные уплотнения - тип уплотнений, достаточно широко представленный в технике. Манжетные уплотнения представляют собой контактные уплотнения. Размеры манжетных уплотнений согласованы с малыми радиальными размерами игольчатых подшипников с массивными и штампованными наружными кольцами. Они чрезвычайно удобны в монтаже, поскольку просто запрессовываются в отверстие корпуса [10].

Основной нишей, в которой применяются манжетные уплотнения, являются уплотнения подвижных элементов (валы, штоки) машин и оборудования. Наиболее часто манжетные уплотнения применяют для герметизации штоков гидроцилиндров (возвратно-поступательное движение) и вращающихся валов машин (вращательное движение). Задачей манжетных уплотнений является разделение сред, защита внутренних частей машин и оборудования от попадания загрязнений, защита подвижных элементов от износа.

Основное требование, предъявляемое к манжетам – обеспечение необходимой герметичности уплотняемого подвижного соединения при эксплуатации в течение заданного срока [11].

Герметизация в манжетном уплотнении достигается за счёт плотного прилегания эластичного материала манжеты к подвижному (шток или вал) и неподвижному (корпус) элементу механизма. Плотное прилегание может обеспечиваться за счёт наличия упругих элементов (пружин, армирующих элементов), упругих свойств материала уплотнения, а также благодаря конструкции уплотнения за счёт давления рабочей среды [12].

Отечественные и зарубежные производители выпускают два типа уплотнителей.

1. Однокромочные – имеют в комплекте пружину, для качественного прилегания на валах, что работают в водных и минеральных средах или на дизельном топливе. В этой модели не предусмотрена установка пыльника.

2. Однокромочные с пыльником – выполняют ту же роль, что и предыдущие, но имеют пыльник, который надёжно защищает вал от попадания пыли в смазку.

Каждая манжета армированная рассчитана на работу в температурном режиме от -20°C до $+170^{\circ}\text{C}$, точнее можно узнать диапазон, ознакомившись с паспортом на изделие, ведь для изготовления таких уплотнителей каждый производитель использует конкретную группу резины. Все уплотнители различаются не только по типу материала, размеру, наличию или отсутствию кромки, но и по типу исполнения: формованный способ получения кромки; механически обработанная кромка.

Самыми распространенными материалами для изготовления таких манжет являются бутадиен-нитрильный или метил-винил-силиконовый каучук, зарубежные производители используют и фторкаучук. Эти уплотнители относятся к числу подвижных контактных деталей. Ввиду того, что вал находится в постоянном движении, резиновые уплотнители-

прокладки, в отличие от металлических колец не нагреваются. Они имеют меньшее сопротивление при скольжении, а еще на них не образуется сколов и осадков от окисления. Поэтому этот вариант более предпочтителен потребителями.

Эластичность, простота в смене манжеты, приемлемая стоимость, делает ее востребованной для использования во многих механизмах. Чаще всего такой товар используют в машиностроении и автомобильной промышленности. Очень часто их называют сальниками. Чтобы узнать, какая установлена манжета в нужном вам блоке или устройстве, необходимо посмотреть техническую документацию в разделе «Спецификация». Не стоит использовать изделие меньшего или большего размера, чем предусмотрено производителем, это может плохо сказаться на детали.

Манжеты могут изготавливаться в 4 исполнениях в соответствии с ГОСТ 8752-79, это можно увидеть на рисунке 2.4.

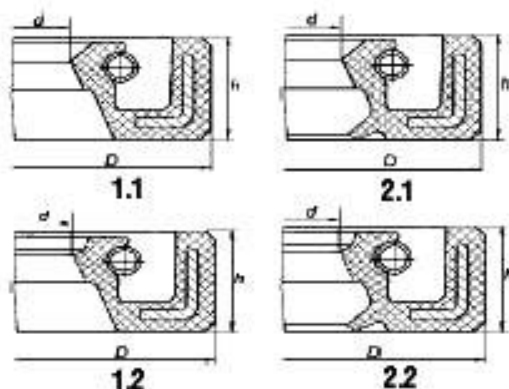


Рисунок 2.4 – Типы исполнений манжет

Различаются:

- по типу манжеты (первая цифра): 1 – без пыльника, 2 с пыльником;
 - по исполнению манжеты (вторая цифра): 1 – с рабочей кромкой, полученной механической обработкой, 2 – с формованной рабочей кромкой.
- Могут устанавливаться как по отдельности, так и последовательно по несколько штук. Благодаря своей эластичности и упругости они не требуют постоянного подтягивания и тем выигрывают по сравнению со своими

2.2.3 Торцевые уплотнения

Торцевые уплотнения состоят из двух колец – подвижного и неподвижного, которые прижаты между собой по торцевой поверхности при помощи пружины.

Торцевые уплотнения все чаще находят применение по следующим причинам:

- 1) При нормальной работе торцевые уплотнения не требуют обслуживания, в отличие от сальников, в которых периодически необходимо менять набивку;
- 2) Правильно подобранные торцевые уплотнения отличаются большой износоустойчивостью и, следовательно, долговечностью;
- 3) Они удовлетворительно работают при перекосах и биениях вала, тогда как сальниковая набивка иногда выходит из строя уже при биении вала 0,05 мм;
- 4) Они обладают высокой герметичностью и потери мощности составляют десятые доли потерь в сальниках.

Общая схема уплотнения торцевого типа представлена на рисунке 2.5.

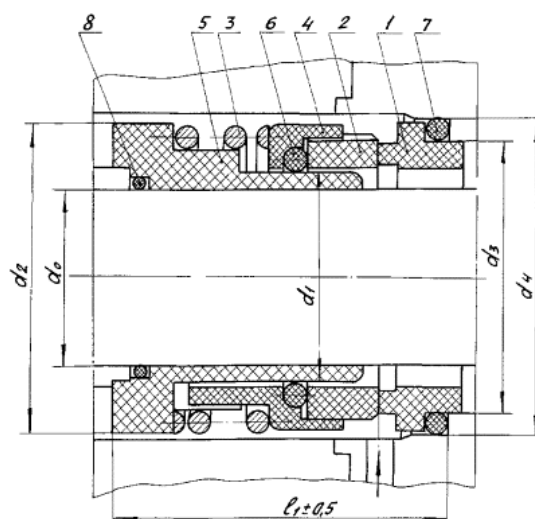


Рисунок 2.5 – Уплотнение торцевого типа. Элементы уплотнения торцевого типа: 1) кольцо неподвижное; 2) кольцо вращающееся; 3) пружина; 4) обойма; 5) втулка; 6), 7), 8) кольца уплотнительные.

3. Расчётная часть

3.1 Проблематика эксплуатации

Очень важным элементом конструкции гранулятора является узел уплотнения подшипника. Основной задачей уплотнений является защита внутренней части подшипника от попадания инородных частиц на дорожки и тела качения, а также предохранение смазки от проникновения различного рода примесей. Важность уплотнений сложно переоценить. Ведь от того, как долго дорожки и тела качения смогут сохранить исходное качество обработки их поверхности, и зависит общая долговечность работы самого подшипника. Кроме того, смазка, применяющаяся в подшипниках, также способна резко терять свои качества, при попадании в неё воды, прочих жидкостей, пыли, а также различных мелкодисперсных частиц. А попадание на дорожки качения песка, грязи и других абразивных материалов способно в кратчайшие сроки привести к выходу из строя даже нового подшипника. Поэтому качеству уплотнений подшипников уделяют особое внимание.

Так как процесс резки гранул полимера происходит в камере заполненной водой и под избыточным давлением встаёт, вопрос о герметичности. Подшипники надетые на вал гранулятора выполнены из весьма податливых к коррозии материалов и подвержены быстрому износу из – за попадания в них инородных частиц и воды. Не стоит забывать и о смазке, применяющейся в подшипниках, которая также способна терять свои исходные качества, при попадании в неё пыли, разных жидкостей и мелкодисперсных частиц. Именно поэтому возникает особая потребность в уплотнениях, которые должны обеспечить герметичность и в то же время свободное вращение вала гранулятора. Как уже оговаривалось ранее, для уплотнения вращающихся валов гранулятора могут применяться сальниковые, манжетные и торцевые уплотнения.

В данной работе мы рассмотрим влияние различных нагрузок на вал гранулятора и на износ манжетных уплотнений. Так как в данном случае не

было уделено должного внимания качеству и механическим характеристикам данного уплотнения, и как следствие быстрый износ.

3.2 Расчёт удельной утечки

Манжетное уплотнение одно из наиболее популярных контактных уплотнений для вращающихся валов, на ряду с сальниками и торцевыми уплотнениями. Уплотнения соединений вращательного движения подразделяются на радиальные (манжеты, сальники), где рабочая среда запирается под действием усилий, направленных ортогонально оси вала, и торцовые, где направление запирающего усилия параллельно оси вала. Бесконтактные уплотнения, для которых характерны более значительные утечки, чаще всего используются в комплекте с контактными для предварительного снижения давления рабочей среды.

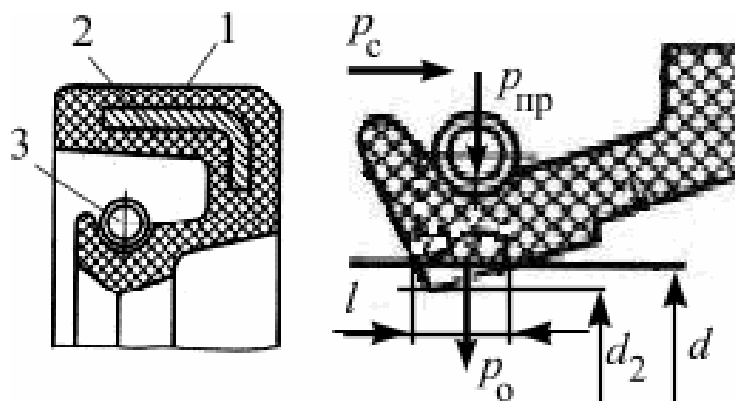


Рисунок 3.1 – Манжета для УВ (уплотнение вала): 1-корпус, 2-металлический каркас, 3-кольцевая пружина

Резиновые манжеты, используемые для уплотнения вращающихся валов (рисунок 3.1), изготавливают с металлическим каркасным кольцом и кольцевой спиральной пружиной. Металлический каркас придает уплотнению жесткость, пружина обеспечивает поджатие лопасти манжеты к валу с удельным давлением $P_{пр}=0.02-0.04$ МПа и таким образом компенсирует ее износ. Манжеты монтируют в цилиндрические канавки корпусов машин открытой стороной к полости повышенного давления.

Внутренний диаметр d_2 корпуса манжеты всегда несколько меньше диаметра d вала. Начальная деформация манжеты при монтаже создает удельное давление в зоне уплотнения:

$$p_0 = 1.5 \cdot E \cdot \varepsilon_t \cdot \frac{r_{\text{н}}^2 - r_{\text{в}}^2}{2 \cdot r_{\text{н}}^2 + r_{\text{в}}^2}, \quad (1)$$

$$p_0 = 1.5 \cdot 0.45 \cdot 10^7 \cdot 0.048 \cdot 0.031 = 10044 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = 0.01 \text{ МПа}$$

$$\text{где } r_{\text{в}} = d_2/2, \quad r_{\text{н}} = d/2,$$

E - модуль упругости резины,

$\varepsilon_t = (d - d_2)/d_2$ - коэффициент деформации манжеты при сборке.

В результате монтажной деформации и под действием пружины образуется полоска скольжения манжеты по валу, ширина которой приблизительно определяется по формуле:

$$l = 1.216 \cdot (d - d_2), \quad (2)$$

$$l = 1.216 \cdot (d - d_2) = 9,728 \text{ мм}$$

Основными причинами выхода манжетных уплотнений из строя являются: затвердение кромки манжеты по причине превышения допустимой для резины температуры в месте скольжения (120°C), износ поверхности скольжения манжеты и вала, выдавливание манжеты в зазор между деталями соединения. Опыт показывает, что манжетные уплотнения эффективно и достаточно долго (больше 1000 ч) работают при окружных скоростях валов до 10 м/с и давлениях среды $P_c \leq 0.5 \text{ МПа}$. Чистота обработки рабочей поверхности вала при этом должна быть не ниже $\nabla 8$. При $P_c > 0.5 \text{ МПа}$ скорость вращения должна быть снижена, а чистота обработки повышена до $\nabla 9$.

Приблизительный расчет удельной утечки рабочей среды через манжетное уплотнение рекомендуется выполнять по формуле:

$$Q = 6.4 \cdot 10^{-17} \cdot \frac{\sqrt{d \cdot n}}{\mu_c \cdot l \cdot \left(\frac{p}{p_c}\right)^3 \cdot (1 - 2^{-Z})} \text{ м}^3/\text{м}/\text{с}, \quad (3)$$

где $\mu_c = \mu_{\text{ат}} \cdot (1 + 0.03 \cdot p_c \cdot 10^{-6})$ - вязкость рабочей среды при давлении

p_c , $p = p_0 + p_{\text{пр}} + p_c$ - суммарное удельное давление на поверхности скольжения,

n - частота вращения вала,

$$Z = 1 - 4.8 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{\pi \cdot d \cdot n \cdot (f \cdot p \cdot 10^{-5})^3 \cdot T}{\delta}, \quad (4)$$

T - время работы уплотнения в секундах,

$\delta = (d - d_2)/2$ - радиальный натяг манжеты при сборке,

f - коэффициент трения в паре вал-резиновая манжета, значение которого выбирается согласно таблицы 3.1.:

Таблица 3.1. Коэффициент трения в паре вал – резиновая манжета

P, МПа:	0,05	1	4	8	10
f:	0,8	0,16	0,08	0,065	0,055

$$\mu_c = \mu_{\text{ат}}(1 + 0.03 \cdot p_c \cdot 10^{-6}) = 1.46 \cdot 10^{-5}(1 + 0.03 \cdot 0.5 \cdot 10^{-6}) = 0.000015$$

$$p = p_0 + p_{\text{пр}} + p_c = 0.01 + 0.03 + 0.5 = 0.54$$

$$Z = 1 - 4.8 \cdot 10^{-11} \frac{\pi \cdot d \cdot n (f \cdot p \cdot 10^{-5})^3}{\delta} = 0.000013$$

$$\delta = \frac{(d - d_2)}{2} = \frac{0.008}{2} = 0.004$$

$$Q = 6.4 \cdot 10^{-17} \cdot \frac{\sqrt{d \cdot n}}{\mu_c \cdot l \left(\frac{p}{p_c}\right)^3 \cdot (1 - 2^{-Z})} = 6.4 \cdot 10^{-17} \cdot \frac{9.520504}{1.656353 \cdot 10^{-12}}$$

$$= 0.000368 \text{ м}^3/\text{м}/\text{с}$$

Безразмерный коэффициент Z при малых T (в начале работы) близок к 1 и уменьшается по мере увеличения T . Значение T , при котором $Z = 0$, характеризует долговечность уплотнения.

3.3 Расчёт контактной задачи рабочей кромки

Работоспособность узлов трения механических передач во многом зависит от эффективного обеспечения разделительных и уплотнительных функций манжетных уплотнений. Часто из-за их несвоевременного износа происходит недопустимая утечка смазки, которая приводит к выходу из строя целого агрегата. Особую актуальность эта проблема имеет место для технологического оборудования, которое эксплуатируется на участках без наличия резервных механизмов.

Для обеспечения гарантированной герметизации манжетные уплотнения устанавливаются при монтаже на вал с натягом, а для снижения влияния релаксации напряжения в резиновых уплотнениях герметизация достигается путем установки кольцевой металлической пружины, которая, охватывая рабочую часть, обеспечивает более постоянное напряжение в области контакта ее с валом.

В качестве альтернативного варианта манжетного уплотнения предлагается модель уплотнительной манжеты 1.1-42x62 ГОСТ 8752-79. В этой модели металлическая пружина и уплотнительный пояс с рабочей кромкой связаны между собой радиальными секторами переменного сечения с плавным переходом на соединяемые элементы, что обеспечивает равномерное распределение контактного давления по охватываемой кольцевой поверхности, а по мере износа рабочей кромки деформируемые элементы восстанавливают плотность контакта. В этой модели уплотнения дополнительно предусматривается поверхностное упрочнение рабочей кромки. Такая модель манжеты имеет неоднородные

физико-механические свойства по сечению при достаточной эластичности внутренних элементов манжеты и повышенной поверхностной твердости.

С целью определения влияния действующих на манжету усилий и возникающих при этом теплофизических процессов на прочность, и как следствие, на долговечность уплотнения была построена виртуальная модель манжеты.

Для проведения расчетов виртуальной модели манжеты был применен программный комплекс SolidWorks, в частности, CAE-модуль Simulation DS SolidWorks. Программа позволяет вводить в начальные условия модели параметры как с постоянным модулем упругости E_0 , так и при переменной величине упрочненного слоя, в виде зависимости $E_i = E_0 \cdot e^h$ при изменении h от 0,1 до 0,5 мм. Анализ деформационных процессов проводился без учета релаксационных эффектов при линейных характеристиках резины и при установившемся стационарном режиме нагружения.

По этой программе на ЭВМ смоделирован процесс упругого деформирования резинового элемента с поверхностным упрочнением при монтаже его на вал с радиальным натягом Δ . При этом, возникает радиально направленное усилие, которое в сочетании с противоположно направленным усилием от упругого действия металлической пружины создает сминающую нагрузку на участке рабочей кромки длиной l' . Размер l' зависит от диаметра вала, радиального натяга и величины эксцентриситета – несоосности расположения оси симметрии манжеты и оси вращения вала. Эксцентриситет будет возникать в любом случае, однако, задавая требования по соосности манжеты и вала можно управлять размером мгновенно деформируемого участка рабочей кромки уплотнения l' и величиной радиального усилия, действующего на рабочую кромку манжеты (рисунок 3.2).

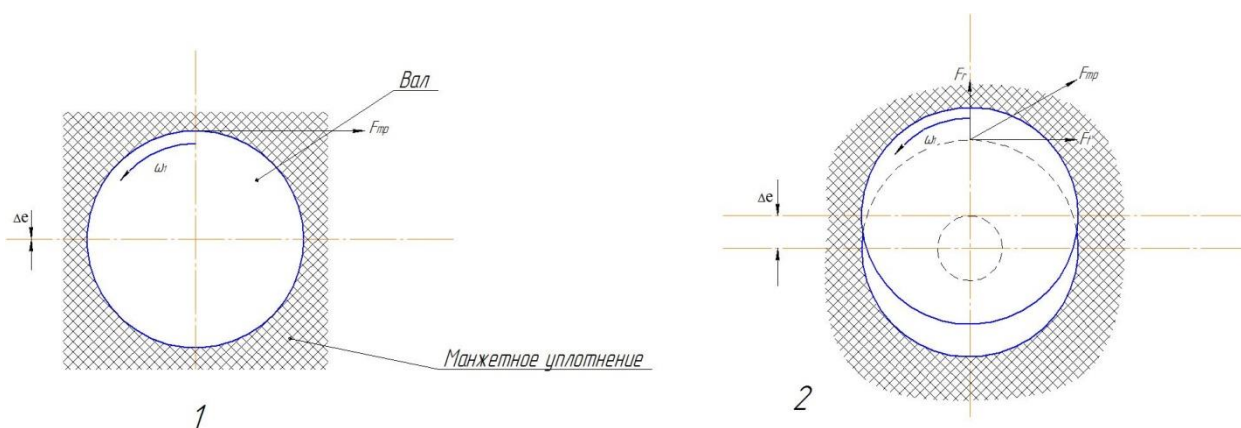


Рисунок 3.2. Упрощенная схема для определения величины радиального усилия, действующего на рабочую кромку манжетного уплотнения со стороны несоосно расположенного вала ножевой секции гранулятора: 1) вал и манжета идеально соосны ($\Delta e = 0$); 2) Вал несоосен с манжетой ($\Delta e > 0$).

Применение метода конечных элементов в расчете напряженно-деформированного состояния манжетного уплотнения позволило определить начальную величину ширины зоны контакта a , а также проанализировать влияние расчетных параметров на характер изменения контактного давления q рабочей кромки манжеты на вал в радиальном сечении. Эпюры распределения контактного давления q в радиальном сечении рабочей кромки манжетного уплотнения при постоянном модуле упругости и с упрочненным слоем приведены на рисунке 1.

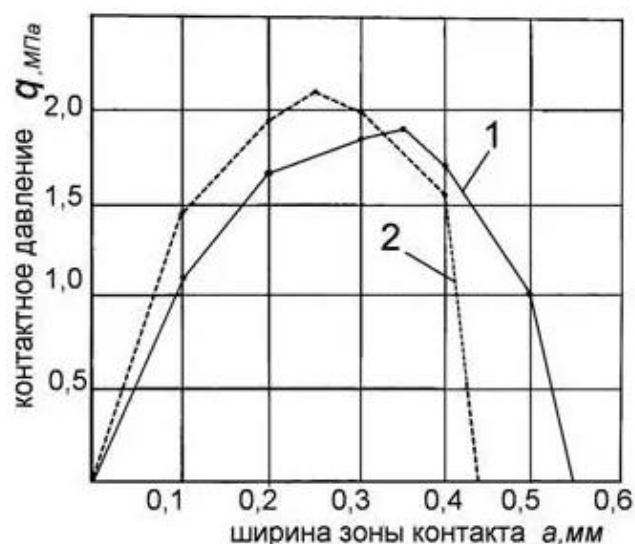


Рисунок 3.3 – Эпюры распределения контактного давления q в радиальном сечении рабочей кромки манжетного уплотнения:

- 1 – эпюра контактного давления при постоянном модуле упругости;
- 2 – эпюра контактного давления с поверхностным упрочненным слоем

Анализ результатов решения контактной задачи на основе метода конечных элементов показывает, что при равных расчетных условиях, максимальная величина контактного давления в радиальном сечении манжетного уплотнения приходится на середину ширины зоны контакта. В расчетном варианте манжеты с упрочненным слоем, по сравнению с вариантом манжеты при постоянном модуле упругости, контактное давление увеличивается на 20%, а ширина зоны контакта снижается на 19 % (рисунок 3.3).

В связи с малостью ширины зоны контакта, которая не превышает 0,55 мм, продукты износа резины частично выдавливаются с поверхности трения в свободную периферийную зону, а на поверхности контакта рабочей кромки манжетного уплотнения с валом образуется пленка разной ширины. Эту пленку называют «третьим телом», которое состоит из смазки, частиц абразива, адсорбированных паров воды и деградированного материала резины (рисунок 3.4).

Процессы молекулярного взаимодействия рабочей кромки с валом в основном протекают в «третьем теле» и затрагивают поверхностные

слои рабочей кромки на глубине сотых долей микрометра [3]. При вращении вала при длительном силовом и температурном воздействии составные части «третьего тела» втираются в поверхность вала, образуя прочную кольцевую дорожку, которая состоит в основном из активных частей продуктов износа резины. Ширина кольцевой дорожки в 1,5 ...2 раза больше ширины зоны контакта a . Это частично связано с осевым биением вала при изменении нагрузки привода и с втиранием активных ингредиентов «третьего тела» в поверхность вала (рисунок 3.4). Сдвиговое сопротивление третьего тела определяется прочностью единичной связи, обычно оцениваемой энергией активации, необходимой для ее разрушения.

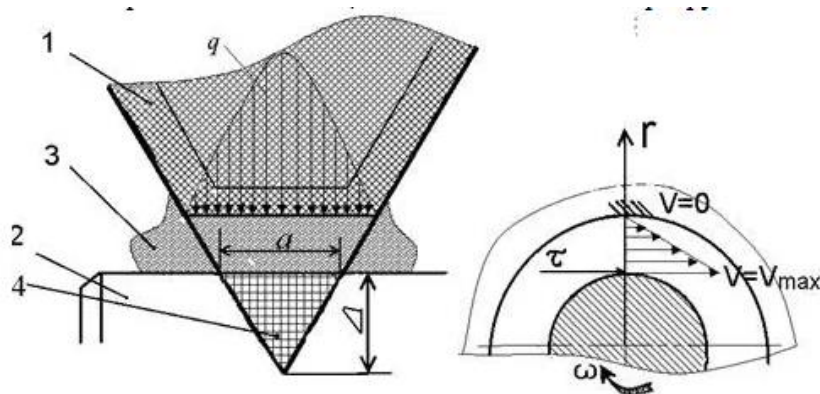


Рисунок 3.4 – Схема контакта манжетного уплотнения с валом:

1) манжетное уплотнение с поверхностным упрочнением; 2) вал; 3) третье тело, 4) расчетное сечение изношенного объема

Известно, что под воздействием основных факторов: касательного напряжения τ , окружной скорости v , суммарного коэффициента трения f на поверхности трения создается повышенная температура T , что приводит к снижению физико-механических свойств резины и величины модуля упругости резины E , и, как следствие, происходит снижение износостойкости рабочей кромки уплотнения [4].

Анализ результатов исследований позволяет уточнить механизм износа манжетного уплотнения и сделать вывод, что при остановке привода температура на поверхности трения снижается, увеличивается

вязкость структуры «третьего тела», а при постоянно-действующем контактном давлении q , увеличивается способность прилипания резины к стальному валу. При повторном пуске привода происходит срез временных молекулярных связей. Срез происходит по кольцевой площади контакта вала с «третьим телом» при максимальной окружной скорости v_{max} (рисунок 3.4). От начала пуска до установления температуры $T = 100^{\circ}\text{C}$ на поверхности трения происходит снижение предела прочности резины на 25 %, а увеличение суммарного коэффициента трения до максимальной величины (рисунок 3.4). При пуске привода и в первые минуты его работы рабочая кромка уплотнения имеет наибольший процент износа. В условиях температурного режима от 100°C до 150°C происходит уменьшение суммарного коэффициента трения на 23%, а предел прочности резины снижается на 40%. Расчеты показывают, что при повышении температуры на поверхности контакта свыше 100°C , суммарный коэффициент трения не оказывает влияния на темп снижения механической характеристики резины [5].

Превалирующее влияние на происходящие термомеханические процессы трения скольжения стального вала по рабочей кромке манжетного уплотнения оказывает температура на поверхности контакта (рисунок 3.5).

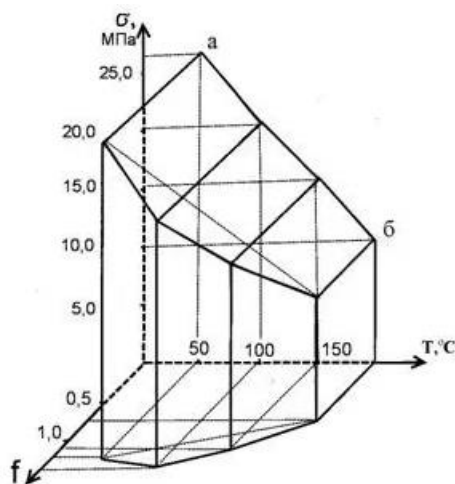


Рисунок 3.5 – Графики изменения предела прочности резины и коэффициента трения от изменения температуры на поверхности контакта в манжетных уплотнениях для вращающихся валов

Известно, что основным видом износа манжетных уплотнений для вращающихся валов является усталостный износ при скольжении. Как правило, этот вид износа характеризуется объемными потерями материала рабочей кромки dV манжетного уплотнения под воздействием работы трения $A_{тр}$ [2]. Для оценки влияния упрочнения рабочей кромки манжетного уплотнения на характер износа путем аналитической систематизации полученных данных при решении контактной задачи выведена формула, определяющая характер изменения сопротивления истиранию резины β при кольцевом скольжении стального вала по рабочей кромке манжетного уплотнения

$$\beta = 0,94 k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot E_i^{0,63} \cdot D_v \cdot \Delta^{-0,55} \cdot e^{-1,7a^x} \quad (5)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий характер изменения прочности резины в зависимости от температуры;

k_2 – симплекс, учитывающий отношение геометрических параметров узла трения $D_6 / (D_6 + 1,33 \Delta)$;

k_3 – коэффициент, учитывающий суммарное число оборотов вал при разных режимах загрузки привода в пределах срока службы уплотнения;

Δ – радиальный натяг после монтажа манжеты на вал, м;

a – ширина зоны контакта, м;

D_6 – диаметр вала, м;

E_i – статический модуль упругости резины, МПа;

Корреляционный анализ показывает, что наибольшее влияние на характер изменения величины сопротивления истиранию при скольжении β из входящих в формулу (1) параметров оказывает статический модуль упругости E_i и радиальный натяг Δ . Так если между E и β существует прямая функциональная зависимость (коэффициент корреляции 0,99), то между Δ и β — обратная корреляционная зависимость (при коэффициенте корреляции 0,76). Диаметр вала D_6 существенно не влияет на увеличение износостойкости рабочей кромки по всем расчетным вариантам. При увеличении D_6 увеличивается

металлоемкость уплотнительного узла, а соответственно увеличивается его теплоёмкость и теплоотдача в окружающую среду. Симплекс k_2 при всех соотношениях входящих в него параметров изменяется в пределах 0,96 ... 0,98 и не оказывает существенного влияния на характер изменения β .

Проведенные расчеты показывают, что с увеличением статического модуля упругости резины E увеличивается сопротивление истиранию рабочей кромки манжетного уплотнения β (рисунок 3.6).

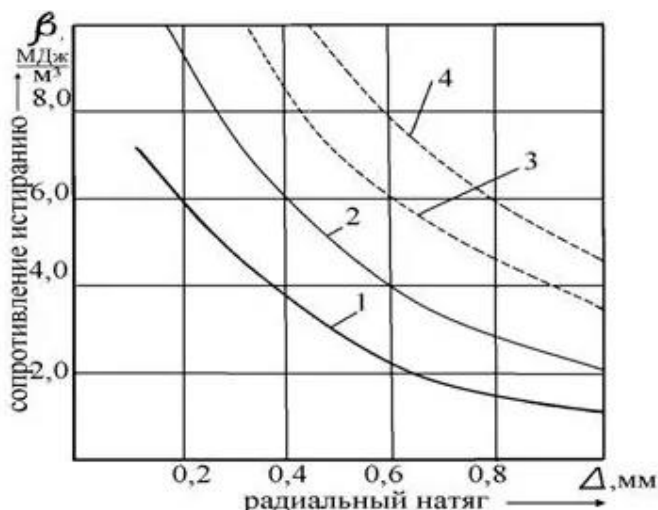


Рисунок 3.6 – Графики зависимости сопротивления истиранию резины β при скольжении стального вала по рабочей кромке уплотнения от величины радиального натяга Δ и модуля упругости E :

графики с постоянным модулем упругости: 1) при $E = 3$ МПа, 2) при $E = 7$ МПа; графики с переменным модулем упругости: 3) при $E_0 = 14$ МПа; 4) при $E_0 = 21$ МПа

Из приведенного на рисунке 3.4 графика 1 следует, что если при уменьшении величины радиального натяга от 0,8 до 0,2 мм, что происходит при износе рабочей кромки в реальных условиях, для манжеты со статическим модулем упругости $E = 3$ МПа сопротивление истиранию β изменяется от 1,7 МДж /м³ до 6,0 МДж /м³, то при упрочнении трущейся поверхности за счет увеличения статического модуля упругости E до 14 МПа, при уменьшении радиального натяга в аналогичных пределах (график 3), сопротивление истиранию β увеличивается в 2,6 раза. При поверхностном упрочнении рабочей кромки с увеличением модуля упругости до 21 МПа (график 4) сопротивление истиранию увеличивается в 4 раза.

На основе анализа механики процессов износа рабочей кромки можно сделать вывод, что при кольцевом термомеханическом контакте увеличение статического модуля упругости оказывает влияние на стабильное непрерывное формоизменение третьего тела на поверхности трения, на существенное снижение числа разрываемых молекулярных связей и формирования новых связей, как в третьем теле, так и в наиболее деформируемой поверхности контакта рабочей кромки. В этих условиях снижаются процессы механического взаимодействия в деформируемых элементах манжетного уплотнения. Увеличение статического модуля упругости у элементов, определяющих фактическую площадь контакта, ведет к снижению молекулярной составляющей коэффициента трения, а минимальное реологическое сопротивление за счет участия в контакте третьего тела повышает сопротивление истиранию при скольжении.

Анализ деформированного состояния конечных элементов модели с поверхностным упрочнением показывает, что после монтажа манжеты на вал с натягом фактическая площадь контакта рабочей кромки манжеты образуется за счет упругой деформации периферийных слоев глубиной не более 0,5 мм.

Поверхностное упрочнение рабочей кромки манжетного уплотнения за счет увеличения модуля упругости обеспечивает значительное повышение сопротивления истиранию при скольжении стального вала по резине, в результате чего прогнозируется увеличение срока гарантированной герметизации уплотнения в $2 \div 4$ раза.

На рис. 3.7 изображены составные части и сборка, смоделированные с помощью программы КОМПАС – 3D. Далее понадобилось произвести ряд расчётов, но не представилось возможным сделать это в данной программе. Поэтому было решено статический и тепловой расчёты провести в программе SolidWorks.

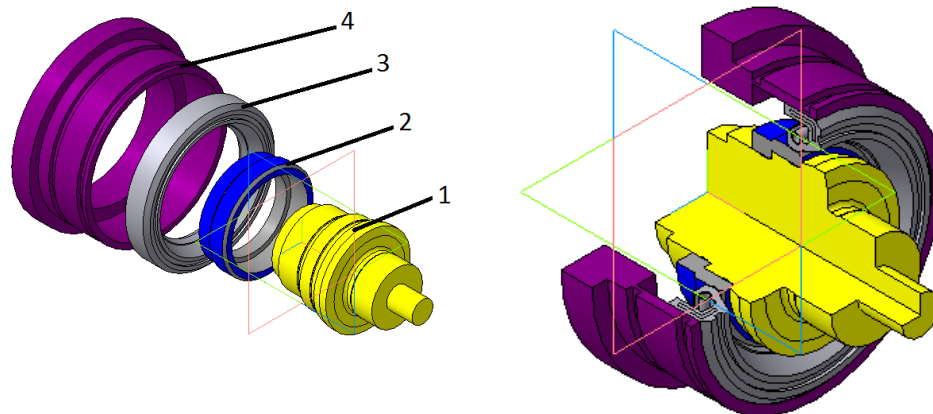


Рисунок 3.7 – Моделирование участка вала под манжетное уплотнение:

1 – вал, 2 – кольцо, 3 – манжета, 4 – крышка.

3.3.1 Статический анализ

Тело, когда к нему применяются нагрузки, деформируется и воздействие нагрузок передается через все тело. Внешние нагрузки включают в себя внутренние силы и реакции, которые компенсируют воздействия и возвращают тело в состояние равновесия. Линейный статический анализ рассчитывает силы перемещений, напряжения, нагрузки и реакции при воздействии приложенных нагрузок. Исходя из технических характеристик гранулятора (номинальный крутящий момент на вале гранулятора $M_{кр}=120\text{Н}\cdot\text{м}$, диаметр вала $d=44\text{мм}$, величина радиального натяга Δ , обеспечиваемого разностью диаметров вала и рабочей кромки уплотнения $N_{max}=0,22\text{мм}$, усилие поджатия лопасти манжеты к валу $F_{под}=5.2\text{Н}$, предельно допустимая величина эксцентриситета $\Delta e \leq 1\text{ мм}$), усилие действующее со стороны вала на мгновенно деформируемый участок рабочей кромки манжеты $F_r= 120\text{ Н}$ (рисунок 3.8). Периферийная часть манжеты жестко фиксируется в гнезде подшипникового узла.

Далее, как видно из рисунка 3.8 манжета разбивается на конечные элементы, чего требует от нас ход решения. Прилагается нагрузка на нужную нам область, а часть манжеты по внешнему диаметру жёстко закрепляется.

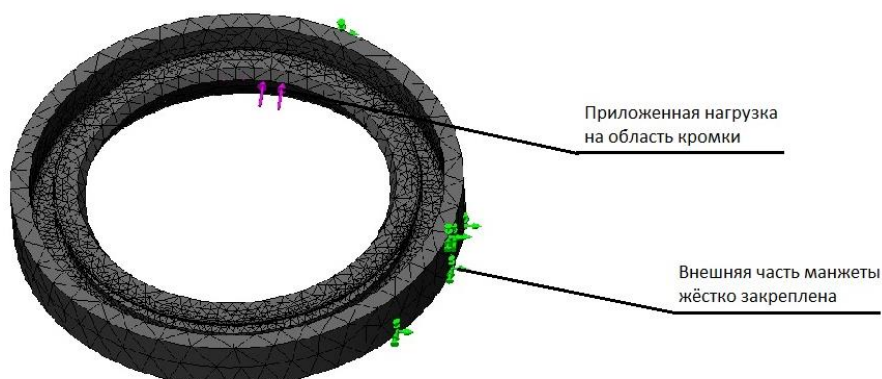


Рисунок 3.8 –Схема нагружения манжетного уплотнения со стороны эксцентрично расположенного вала. На манжету наложена сетка конечных элементов (КЭ)

Результаты расчета в виде полей напряжений по Фон-Мизесу представлены на рисунке 3.9. Как видно, максимальные напряжения локализуются в областях прилегающих к мгновенно деформируемому участку рабочей кромки манжетного уплотнения. На рисунке 3.10 можно наблюдать области с величинами напряжений по Фон-Мизесу выше 17 МПа.

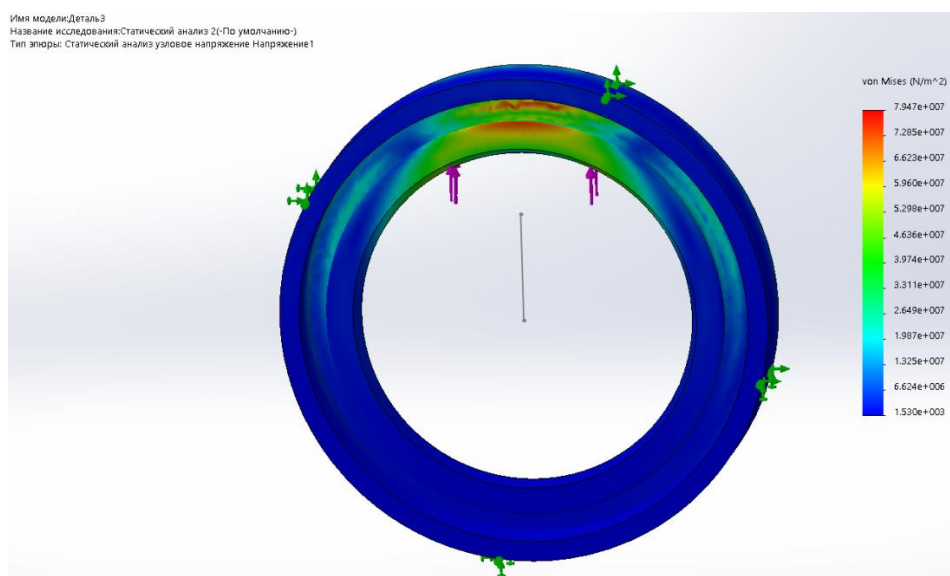


Рисунок 3.9 – Напряжения по Фон – Мизесу при нагружении на сжатие

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизес-Хенки (Mises-Hencky), также известной как теория энергии формоизменения.

Для главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ напряжение по Мизесу выражается как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2\}^{1/2}$$

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где эквивалентные напряжения по Фон-Мизесу становятся равными предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Однако, программа позволяет использовать предельное растяжение или задавать свое собственное предельное напряжение: $\sigma_{\text{vonMises}} \geq [\sigma]$

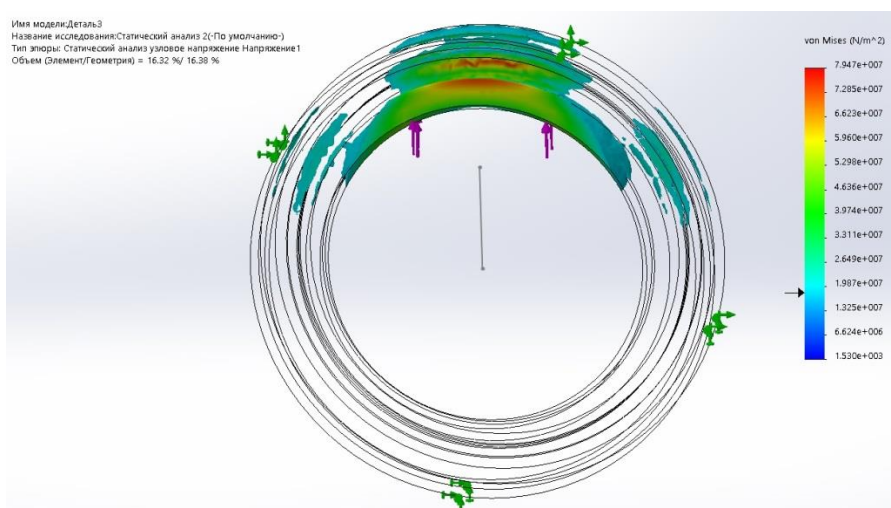


Рисунок 3.10 – Эпюра максимальных напряжений

Подводя итоги, можно сказать, что достигаемые при заданном нагружении величины напряжений по критерию Фон-Мизеса в 80 МПа не оказывают значительного влияния на прочность уплотнения, поскольку несоосное расположения вала относительно манжеты приводит к орбитальному перемещению зоны нагружения рабочей кромки уплотнения, т.е., при вращении вала относительно неподвижного уплотнения, области деформации перемещаются вслед за эксцентрично расположенным валом. При этом, мгновенно нагруженный участок кромки в следующий момент

времени разгружается и за время до следующего цикла нагружения материал уплотнения успевает релаксировать. Таким образом, на наш взгляд, напряженно-деформированное состояние, возникающее вследствие несоосности вала и уплотнения не должно сильно сказываться на долговечности использования модернизированного подшипникового узла.

3.3.2 Тепловой расчет

Предел текучести - свойство, зависящее от температуры. Настоящая заданная величина предела текучести должна учитывать температуру компонента. Из анализа литературных источников известно, что при повышении температуры в зоне контакта прочность резинового уплотнения резко снижается см. на рис. 3.5. Для оценки влияния температуры был проведён тепловой расчёт. На рис. 3.11 в зоне контакта манжеты с валом на кромку приложена температура в 100°C , торцовая поверхность манжеты омывается потоком жидкости с постоянной температурой и в расчете представлена в виде теплопереноса конвекцией (коэффициент $k_k = 0.25 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{C}$). Периферийная часть манжеты контактирует с корпусной металлической деталью гнезда и в расчете учитывается как перенос тепла теплопередачей (коэффициент $k_t = 0.175 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{C}$).

На рисунке 3.12 представлены результаты термического расчета, где можно наблюдать область с максимальными термическими изменениями в зоне контакта вала с манжетой.

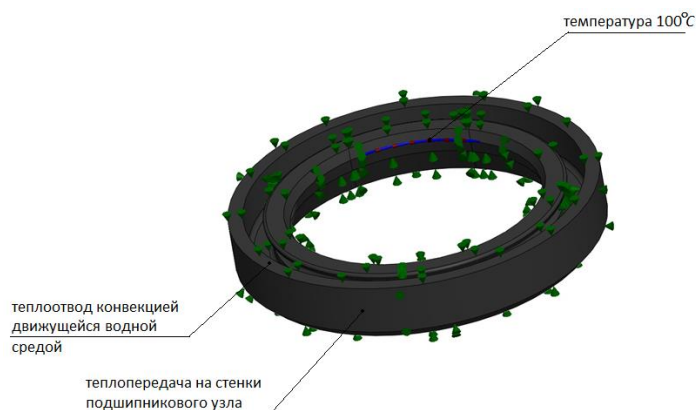


Рисунок 3.11 Схема нагружения для термического расчета манжетного уплотнения

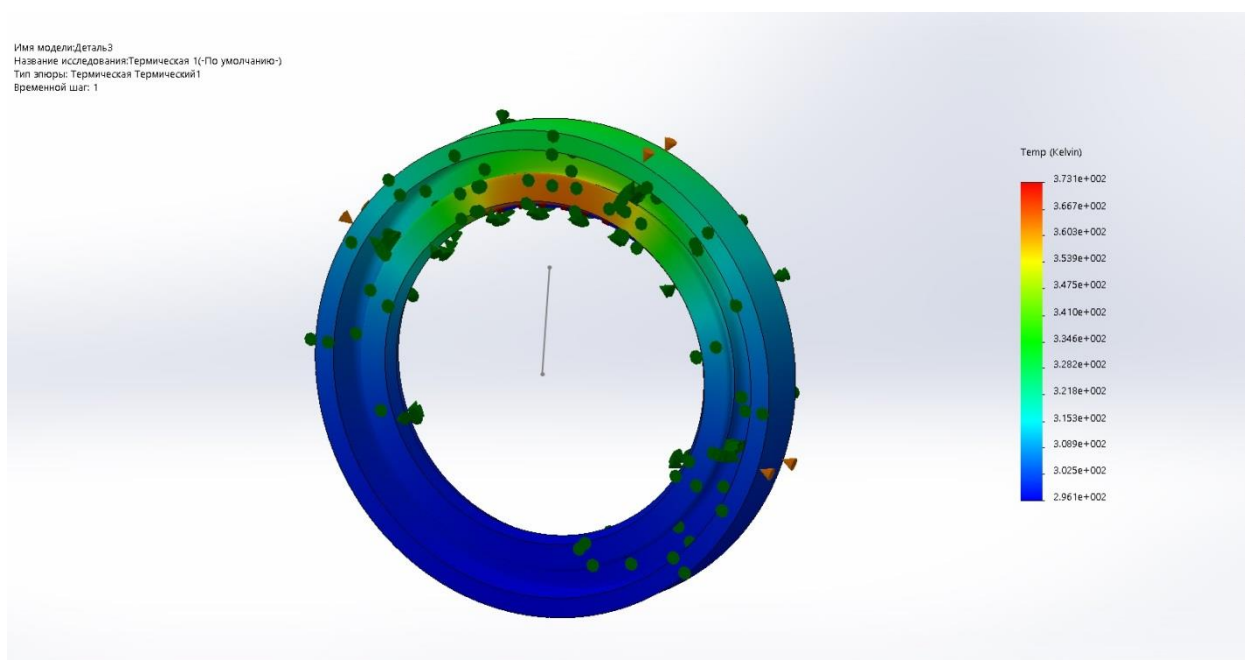


Рисунок 3.12 – Эпюра тепловых изменений

Постоянное воздействие температуры в пределах 100°C может пагубно повлиять на манжетное уплотнение и в короткие сроки привести его в негодность. Но т.к. в данном случае манжета омывается с одной стороны водной средой с температурой 60 – 70°C, а с другой маслом происходит теплоотвод конвекцией. Также происходит теплопередача от внешней части манжеты на стенки подшипникового узла, в частности на крышку.

Таким образом, делаем вывод, что при охлаждении постоянно движущейся водной средой с температурой не выше 70°C материал

манжетного уплотнения не изменяет свои механические свойства, а следовательно, не подвергается дополнительному разрушающему воздействию. Учитывая вышесказанное можно предположить что выбранное манжетное уплотнение при заданных силовых и геометрических параметрах сохранит свои физико-механические характеристики и, как следствие, продлит срок службы подшипникового узла, а также уменьшит периодичность замены уплотнений.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Калинченко Евгению -

Школа	ИШПР	Отделение школы(НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 Технологические машины и оборудование

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет научного исследования составляет 413949,59 руб, который включает: Материальные затраты – 1430 руб; Заработная плата – 288273,64 руб; Отчисления во внебюджетные фонды – 78122,17 руб; Накладные расходы – 46123,78 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% премии к заработной плате; 20% надбавки за профессиональное мастерство; 1,3 – районный коэффициент для расчета заработной платы.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	На основании пункта 425 ст. Ф3.3 № 361 от 27.11.2017 для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность вводится пониженная ставка – 27,1%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований: 1. Анализ конкурентных технических решений 2. SWOT - анализ
2. Планирование научно-технического проекта	Определена организационная структура проекта, составлен график проведения научного исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Составление бюджета проекта включает расчет 1. Материальных затрат; 2. Основной заработной платы; 3. Отчислений во внебюджетные фонды (страховые отчисления).
4. Оценка сравнительной эффективности ИР	Рассчитан интегральный показатель ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Организационная структура проекта
4. Календарный план-график проведения НИОКР
5. Бюджет затрат научного исследования
6. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН ШБИП	Трубникова Н.В.	д.и.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Калинченко Евгений -		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

На сегодняшний день перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить который на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает затруднительно, как коммерческой ценностью разработки.

Так как выполняемая научная работа является научно-исследовательской, а полученные результаты представляют преимущественно научный интерес и являются предметом фундаментальных исследований, то оценка коммерциализации является трудной задачей.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предшествующими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его стоимость, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1 Оценка коммерческого и инновационного потенциала инженерных решений

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки находятся в постоянном движении.

Данный анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы разработка соответствовала требованиям рынка. Важно верно оценивать сильные и слабые стороны конкурирующих разработок. Данный анализ удобно проводить с использованием оценочной карты (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{м1}	Б _{м2}	Б _с	К _{м1}	К _{м2}	К _с
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	3	1,5	1,5	0
2. Надёжность	0,2	4	5	4	0,5	0,4	0,4
3. Простота эксплуатации	0,1	5	5	5	0,75	0,75	0,6
4. Долговечность	0,2	4	5	4	0,75	0,6	0,75
5. Коэффициент трения	0,2	4	4	4	0,6	0,75	0,45
6. Стоимость	0,15	4	4	5	0,75	0,45	0,6
Итого	1				4,1	4,65	4,1

Б_{м1} – манжетное уплотнение 1; Б_{м2} – манжетное уплотнение 2 (рассчитанное нами); Б_с – сальниковое уплотнение

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1. Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

Где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента; В_і – вес показателя (в долях единицы); В_і – балл і-го показателя.

Как видно из оценочной карты, правильно подобранные манжетные уплотнения обладают рядом преимуществ по сравнению со своими аналогами, что позволит им выйти на рынок и быть конкурентоспособными.

4.1.2 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 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Квалифицированный персонал. С2. Высокий срок эксплуатации подшипникового узла. С3. Надежность данного уплотнения по сравнению с другими. С4. Наличие финансирования компании.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Остановка гранулятора в процессе монтажа манжетного уплотнения. Сл2. Не испытан в работе. Сл3. Сложность сборки конструкции.
Возможности: В1. Развитие технологий в данной отрасли. В2. Появление спроса на продукт. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Появление новых конкурентных разработок. У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.		

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 4.3, таблице 4.4, таблице 4.5, таблице 4.6.

Таблица – 4.3 Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: B1C1C3C4, B2C2C3.

Таблица – 4.4 Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	-	+
	B2	0	-	-
	B3	0	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В1Сл1Сл3.

Таблица – 4.5 Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У2С4.

Таблица – 4.6 Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У3Сл2.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Квалифицированный персонал. С2. Высокий срок эксплуатации подшипникового узла. С3. Надежность данного уплотнения по сравнению с другими. С4. Наличие финансирования компании.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Остановка гранулятора в процессе монтажа манжетного уплотнения. Сл2. Не испытан в работе. Сл3. Сложность сборки конструкции.
Возможности: В1. Развитие технологий в данной отрасли. В2. Появление спроса на продукт. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1С3С4 – надежность данного уплотнения, наличие финансирования и квалифицированного персонала служат предпосылками к развитию технологий в данной отрасли. В2С2С3 – высокий срок эксплуатации и надежность данного уплотнения способствуют появлению спроса на продукт.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1Сл3 – Сложность сборки конструкции и остановка гранулятора для монтажа позволяет технологии в этой отрасли развиваться.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Появление новых конкурентных разработок. У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У2С4 - Появление новых конкурентных разработок может стать стимулом для увеличения финансирования.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» У3Сл2 - Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции может привести к ужесточению требований к продукту, что может положительно сказаться на его качестве.

4.2 Планирование научно-технического проекта

4.2.1 Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 4.8, которая предоставляет информацию о научной группе проекта, роли каждого и функциях его в проекте. А также указаны трудозатраты каждого члена группы в проекте.

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудо- затраты, часов
1	Симанкин Федор Аркадьевич, НИ ТПУ, к.т.н., доцент	Руководитель	Руководство над проектом, принятие ключевых решений	240
2	Калинченко Евгений Сергеев, НИ ТПУ, студент	Основной исполнитель	Выполнение основных работ, связанных с проектом	540
ИТОГО				780

4.2.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта.

Линейный график представляется в виде таблицы 4.9.

Таблица 4.9 – Календарный план проекта

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя	Дата начала работ	Дата окончания работ
1	2	3	4	5	6
Проведение НИР					
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	01.12.2018	10.12.2018
Выбор направления исследований	2	Поиск и изучение материалов по теме	Исполнитель	01.12.2018	20.12.2018
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Исполнитель	20.12.2018	30.12.2018
	4	Календарное планирование работ по теме	Исполнитель	20.12.2018	30.12.2018
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель	01.12.2018	19.01.2019
	6	Моделирование	Исполнитель	19.01.2019	30.03.2019
	7	Проведение расчетов	Исполнитель	09.03.2019	03.05.2019
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Исполнитель	03.05.2019	13.05.2019
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	03.05.2019	13.05.2019
Проведение ОКР					
Разработка технической документации и проектирование	10	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Исполнитель	13.05.2019	20.05.2019
	11	Оформление экономической части работы	Исполнитель, Консультант по вопросам менеджмента	13.05.2019	20.05.2019

Продолжение таблицы 4.9

1	2	3	4	5	6
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	12	Составление пояснительной записки	Исполнитель	20.05.2019	27.05.2019
	13	Процесс рецензирования работы	Рецензент	27.05.2019	01.06.2019
	14	Предзащита	Исполнитель	17.06.2019	24.06.2019
	15	Защита ВКР	Исполнитель	03.06.2019	03.06.2019

Таким образом, календарный план проекта показывает сроки каждого этапа проекта. Для наглядного рассмотрения сроков и участия каждого члена научной группы в проекте рассмотрим календарный план-график (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – Календарный план-график проведения НИОКР

 - Руководитель
  - Исполнитель
  - Консультант по экономической части
  - Рецензент

№ работы	Вид работы	Исполнители	Т, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	10																								
2	Поиск и изучение материалов по теме	Исполнитель	20																								
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Исполнитель	11																								
4	Календарное планирование работ по теме	Исполнитель	11																								

Продолжение таблицы 4.10

№ работы	Вид работы	Исполнители	Т, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																							
				декабрь			январь			февраль			март			апрель			май			июнь					
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исполнитель	19																								
6	Моделирование	Исполнитель	71																								
7	Проведение расчетов	Исполнитель	56																								
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, Исполнитель	11																								
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель	11																								
10	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Исполнитель	8																								
11	Оформление экономической части работы	Исполнитель, консультант по экономике	8																								
12	Составление пояснительной записки	Исполнитель	8																								
13	Процесс рецензирования работы	Рецензент	6																								
14	Предзащита	Исполнитель	8																								
15	Защита ВКР	Исполнитель	1																								

4.3 Бюджет научного исследования

Помимо анализа рынка необходимо проводить расчет затрат на проведение исследований, так как размер затрат на исследование зачастую определяет его целесообразность. В данном разделе полностью отражены все виды планируемых расходов, необходимые для выполнения проекта.

4.3.1 Материальные затраты

В таблице 4.11 представлены материальные затраты.

Таблица 4.11 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Бумага для печати формата А4 (500 листов)	уп	2	240	480
Краска для принтера	шт	1	600	600
Ручка шариковая	шт	5	30	150
Набор карандашей чертежных	шт	1	200	200
Итого по статье C_m				1430

В сумме материальные затраты составили 1430 *рублей*.

4.3.2 Основная заработная плата

В данную статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников. 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 4.12 - Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо- емкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Руководитель	Доцент, к.т.н.	30	2159,37	64781,10
2	Исполнитель	Студент	183	1221,27	223492,54
ИТОГО					288273,64

Заработная плата:

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}},$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата; $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}},$$

где $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 4.12); $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя; $F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.13).

Таблица 4.13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	58	58
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	48
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	245

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}$$

где $З_{\text{б}}$ – базовый оклад, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, 30% от $З_{\text{б}}$; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, 20%; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 4.14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{б}}$, руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб.	$З_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2159,37	30	64781,10
Исполнитель (студент)	14874,45	0,3	0,2	1,3	29005,18	1221,27	183	223492,54
ИТОГО								288273,64

4.3.3 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления, установленные законодательством Российской Федерации.

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot З_{\text{осн}}$$

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

На 2019 г. в соответствии с НК РФ (часть вторая) от 05.08.2000 №117-ФЗ (ред. от 03.04.2017) (с изм. и доп., вступ. в силу с 07.04.2017) установлен

размер страховых взносов равный 30%. Однако, поскольку место выполнения данной работы является учреждением, осуществляющим образовательную и научную деятельность, ставка отчислений на уплату во внебюджетные фонды составляет 27,1%.

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Налогоплательщик	Основная заработная плата, руб.	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	64781,10	17555,69
Исполнитель	223492,54	60566,48
ИТОГО		78122,17

4.3.4 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание: содержание, эксплуатация и ремонт оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий и т.д.

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,16 \cdot 28827364 = 4612378 \text{руб.}$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов (16%).

Таблица 4.16 – Итоговые затраты на проект

Статьи	Сумма, руб.
Сырье и материалы	1430
Основная заработная плата	288273,64
Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	78122,17
Накладные расходы	46123,78
Итого плановая себестоимость	413949,59

4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для оценки эффективности представленного проекта воспользуемся сравнительной оценкой характеристик текущего проекта с его аналогами (таблица 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик проектов

ПО Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	4	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,20	5	5	4
5. Надежность	0,25	5	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	4,75	4,35	3,85

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,75.$$

На основании проведенной сравнительной оценки характеристик проекта можно сделать вывод, что данный проект является перспективным и инвестиционно-привлекательным. По сравнению с аналогами текущий проект является более эффективным, что видно по показателю ресурсоэффективности, который равен 4,75. Но стоит отметить, что проект нуждается в более детальной проработке, а также необходима более полная оценка возможных рисков и детализация затрат.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Калинченко Евгению -

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02 Технологические машины и оборудование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Манжетное уплотнение подшипникового узла вала гранулятора. Гранулятор расположен в производственном помещении.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – основные эргономические требования к компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность:	– Анализ выявленных вредных факторов; -вредные вещества; -повышенный уровень шума и вибрации; -повышенный уровень электромагнитных излучений; -недостаточная освещенность рабочей зоны. -Анализ опасных факторов -электробезопасность; -пожарная безопасность.
3. Экологическая безопасность:	Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	- Перечень возможных ЧС на объекте; - План по предупреждению и ликвидации типовой ЧС: пожара.

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Калинченко Евгений -		

Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Поддержание комфортных условий труда и отдыха ведет к повышению производительности труда. Анатомические и физиологические особенности человека должны приниматься во внимание при выборе оптимальных параметров среды. Поддержание безопасности на работе и отдыхе способствует сохранению жизни и здоровья человека в результате уменьшения, как числа несчастных случаев, так и темпов роста болезней под воздействием отрицательных факторов, вызванных оборудованием или окружающей средой, воздействием природы, экологическими катастрофами, чрезвычайными обстоятельствами.

Данный раздел выполняется с целью проанализировать вредные и опасные факторы, а также средства защиты от них. Приводится характеристика условий освещенности рабочего места, средств взрывозащиты и прочие. Проводится анализ условий труда на соответствие требованиям нормативных документов.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Для работников, обслуживающих технологическую установку, режим рабочего времени при непрерывном производственном процессе устанавливается сменный с выходными по графику.

Для работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, где установлена сокращенная продолжительность рабочего времени, максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;

при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

Отраслевым (межотраслевым) соглашением и коллективным договором, а также при наличии письменного согласия работника, может быть

предусмотрено увеличение максимально допустимой продолжительности ежедневной работы (смены) в соответствии с частями первой - третьей статьи 92 Трудового Кодекса РФ:

при 36-часовой рабочей неделе - до 12 часов;

при 30-часовой рабочей неделе и менее - до 8 часов.

Месячная заработная плата работника, полностью отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего нормы труда (трудовые обязанности), не может быть ниже минимального размера оплаты труда [17]. Согласно ТК РФ за работу с вредными и (или) опасными условиями труда полагается доплата в зависимости от степени вредности или класса опасности.

Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ в положении сидя или стоя. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей и др.) [18].

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78, в положении стоя - ГОСТ 12.2.033-78.

5.2 Производственная безопасность

Для обеспечения производственной безопасности необходимо проанализировать воздействия на человека вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проекта.

Производственный фактор считается вредным, если воздействие этого фактора на работника может привести к его заболеванию. Производственный фактор считается опасным, если его воздействие на работника может привести к его травме, резкому ухудшению здоровья или смерти.

Для идентификации потенциальных факторов использовали ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы (таблица 5.1) [19].

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Выделение вредных веществ		+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация[3].
Превышение уровня шума и вибраций			+	СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [5].
Превышение уровня электромагнитных излучений	+	+	+	ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности [7].
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.-М.: Стройиздат, 1980.- 48 с. [10].
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [11].
Повышенная пожароопасность, вызванная применением ЛВЖ, использованием сосудов работающих под давлением			+	Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [12].

5.2.1 Анализ вредных факторов

5.2.1.1 Вредные вещества

В процессе эксплуатации и проведения ремонтных работ гранулятора происходит выделение вредных веществ. Выделяемые компоненты относятся к 2, 3 и 4 классам опасности. Данные по характеристикам выделяемых веществ представлены в таблице 5.2 [20].

Таблица 5.2 - Характеристика вредных веществ, выделяемых в результате эксплуатации и ремонта гранулятора

Вещества	Физические свойства	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Общая характеристика и свойства
Формальдегид	Бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде, спиртах.	0,5	2 [ГОСТ 12.1.007-76]	Концероген, токсичен. В низких концентрациях раздражает кожу, глаза и носоглотку. Симптомы отравления: бледность, упадок сил, бессознательное состояние, депрессия, затруднённое дыхание, головная боль, нередко судороги.
Ацетальдегид	Бесцветная ядовитая жидкость с резким запахом, похожим на запах прелых яблок	5,0	3 [ГОСТ 12.1.007-76]	Хорошо растворяется в воде, спирте, эфире. Токсичен при действии на кожу, раздраitant, канцероген.
Органические кислоты (в пересчете на уксусную кислоту)	Жидкие или твердые вещества.	5,0	3 [ГОСТ 12.1.007-76]	Превышение ПДК в воздухе рабочей зоны может привести к отравлению.
Оксид углерода	Газ без цвета и запаха	20	4 [ГОСТ 12.1.007-76]	В очень больших количествах обладает удушающим действием.
Аэрозоль пропилена и сомономеров пропилена	Бесцветный газ со слабым неприятным запахом.	10	3 [ГОСТ 12.1.007-76]	Человек ощущает запах пропилена в концентрации свыше 0,0173—0,024 мг/л. При концентрации в воздухе 15% человек теряет сознание через 30 мин, при 24% — через 3 мин, при 35—40 % — через 20 с.

Обозначения*

Пдк-предельно допустимая концентрация

Класс опасности:

1 класс - чрезвычайно опасные

2 класс –высоко опасные

3 класс – умеренно опасные

4 класс - малоопасные

Снизить риск для здоровья позволит использование средств индивидуальной защиты: респираторы, очки, спецодежду, при превышении ПДК использовать средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) с полнолицевой маской.

Полипропилен и сополимеры пропилена следует перерабатывать в производственных помещениях, оборудованных местной вытяжной и общеобменной вентиляцией. Рабочие места должны быть организованы по ГОСТ 12.2.003-91, ГОСТ 12.2.061-81. Относительная влажность в рабочих помещениях должна быть не ниже 50%

5.2.1.2 Повышенный уровень шума и вибрации

Шум и вибрация не только ухудшают самочувствие человека и снижают производительность труда в среднем на 10-15%, но и очень часто приводят к профессиональным заболеваниям.

В помещении установлено следующее оборудование: гранулятор, экструдер, система охлаждения экструдера, насосы гидротранспорта гранул, система пневмотранспорта и вытяжная система которые являются источниками шума и вибрации. Уровень звука в производственном помещении не должен превышать 75 дБА [21]. Используемое оборудование установлено на фундаменты и амортизирующие прокладки, описанные в нормативных документах. Для уменьшения негативного влияния шума при выполнении работ необходимо предпринять меры безопасности, к которым относится применение средств индивидуальной защиты органов слуха (беруши, наушники) [22].

Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами:

- устранение причин шума и вибрации или существенное их ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума и вибрации от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Борьба с аэродинамическим шумом, возникающим при работе вентиляционных установок, кондиционеров, насосов и т.д. требует больших усилий и часто является недостаточной.

5.2.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Уровень электромагнитных излучений на рабочем месте является вредным фактором производственной среды, величины параметров которого определяются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Основными источниками электромагнитных излучений в производственных помещениях являются обмотки всех электродвигателей, сеть электропроводки, устройства бесперебойного питания, дисплеи локальных панелей [24].

Излучения, применительно к дисплеям современных ПЭВМ, можно разделить на следующие классы:

- Переменные электрические поля (5 Гц – 400 кГц);
- Переменные магнитные поля (5 Гц – 400 кГц).

Воздействие данных излучений на организм человека носит необратимый характер и зависит от напряженности полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения нервной системы, кровеносной сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения и половой системы [23].

В таблице 5.3 приведены допустимые уровни параметров электромагнитных полей

Таблица 5.3 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах [25]

Наименование параметров		Допустимые значения
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

5.2.1.4 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Для нормальной зрительной работы без перенапряжения глаз в производственных помещениях используется, как общее естественное и искусственное, так и местное, то есть комбинированная система освещения [26]. Освещение рабочего места является близким по спектральному составу к солнечному свету как наиболее гигиеничному; и соответствует нормативным документам; равномерным и устойчивым; без резких теней и блеклости в поле зрения; соответствующей цветности. Источники искусственного освещения не являются факторами дополнительных вредных и опасных воздействий (по избыткам тепла, шуму и т.д.).

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды и взрывопожаробезопасное исполнение.

5.2.2 Анализ опасных факторов

5.2.2.1 Электробезопасность

Производственные помещения оснащены электроустановками с большой мощностью. Используемое электрооборудование должно отвечать технике безопасности и условиям его эксплуатации [27].

Работу с электрооборудованием и электрическими приборами, находящимися под напряжением, нужно выполнять с применением электрозащитных средств (диэлектрических резиновых перчаток, галош, ковров, изолирующих подставок).

Все электрические приборы и установки должны быть заземлены. Все розетки должны быть промаркированы для определения ее напряжения. Строго запрещается работать на неисправных электрических приборах и установках. Работники производства, отвечающий за технику безопасности, регулярно должны проводить инструктажи, проверять состояние оборудования и приборов, не допускать использование неисправных устройств.

При чрезвычайных происшествиях нужно оказать первую медицинскую помощь, которая состоит из двух этапов это освобождение пострадавшего от действия тока и оказания ему доврачебной медицинской помощи. Нужно извлечь, как можно быстрее пострадавшего от действия тока, и сразу же оказать медицинскую помощь, так как исход поражения зависит от длительности прохождения тока через человека.

Основные способы и средства электрозащиты:

- изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль;
- установка оградительных устройств;
- предупредительная сигнализация и блокировки;
- использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов;
- использование малых напряжений;

- электрическое разделение сетей;
- защитное заземление;
- выравнивание потенциалов;
- зануление;
- защитное отключение;
- средства

5.2.2.2 Пожарная безопасность

В целях защиты жизни, здоровья, имущества людей, работающих в производственном помещении, и имущества принимается закон технического регулирования и устанавливает требования пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности») [28]. Производственные помещения относятся к категории пожароопасности ВЗ.

Пожар на рабочем месте может возникнуть при использовании неисправного электрооборудования, при коротком замыкании, при проливе ЛВЖ, появлении статического электричества, разгерметизации оборудования.

В соответствии правилам пожарной безопасности в производственном помещении на видном месте должен быть порошковый или углекислотный огнетушитель, ящик с песком и противопожарное полотно. Надо помнить, горящие нерастворимые в воде вещества нельзя тушить водой (битум, масло, бензин, бензол), а также загоревшуюся электропроводку тушить водой нельзя. В этих случаях нужно применять углекислотный огнетушитель, сухой песок, или покрывать очаг пожара противопожарным полотном.

5.3 Экологическая безопасность

В ходе эксплуатации гранулятора в воздушную среду происходит выброс формальдегида, ацетальдегида, органических кислот, окиси углерода и аэрозолей пропилена и его сомономеров, содержание которых в воздухе

рабочей зоны не превышает ПДК. Побочные продукты технологического процесса могут оказывать некоторое вредное воздействия на атмосферу, воду и может произойти загрязнение почвы. Чтобы исключить загрязнения, в таблице 5.4, приведены природоохранные мероприятия.

Таблица 5.4– Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия.

Природные ресурсы и компоненты окружающей среды. НД, регламентирующие экологические показатели	Вредные воздействия, источники загрязнения	Природоохранные мероприятия
<i>Атмосфера</i> • ГОСТ Р 14.01-2005 • ФЗ от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»[13] • ГН 2.2.5.1313–03 • ГН 2.2.5.2308 – 07 [• СанПиН 2.1.6.1032-01. • ГН 2.1.6.1338 – 03 • ГН 2.2.5.2309 – 07	Газообразные продукты, образующиеся в ходе химических реакций на этапах анализа	✓ Использование герметичного оборудования; ✓ Использование химических фильтров для нейтрализации вредных газов
<i>Гидросфера</i> • ФЗ от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» • ГОСТ Р 14.01-2005 • ГОСТ 17.1.3.06–82 • ГОСТ 17.1.3.13–86 • ГН 2.1.5.1315-03	Попадание в общую систему водоотведения опасных веществ	✓ Организация слива неорганических и органических отходов; ✓ Обезвреживание реагентов физическими и химическими способами
<i>Литосфера</i> • ФЗ от 10.01.02 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» • ГОСТ 17.4.1.02-83 • ГОСТ 17.4.3.03-85 • ГОСТ 17.4.3.04-85 • ГОСТ Р 14.01-2005	Химическое загрязнение почвы при неверной утилизации отходов	✓ Соблюдение правил сбора и хранения отходов; ✓ Организация утилизации отходов.

Минимизировать возможный риск для здоровья в процессе эксплуатации технологического оборудования позволять следующие мероприятия:

1. Использование средств индивидуальной защиты (респираторы, перчатки, спецодежда, при необходимости полнолицевые маски).
2. Вытяжная система вентиляции.

Таким образом, основными природоохранными мероприятиями является создание логистической системы сбора, хранения, утилизации и, при возможности, регенерации неорганических и органических отходов.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям в производственных помещениях относятся возникновение пожара, разгерметизация оборудования, утечка газов. В случае пожара предусмотрены первичные средства пожаротушения: огнетушители ОП – 100 и ОП – 50 для тушения электрооборудования, ящики с песком.

Для защиты работающих от вредных выбросов в случае аварийных выбросов необходимо использовать средства индивидуальной защиты (ПДУ-3 для аварийной эвакуации с места происшествия).

Во избежание таких ситуаций предпринимается ряд мер:

- прохождение инструктажа по промышленной безопасности;
- ежегодная проверка знаний по охране труда;
- применение средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение регулярных обходов с целью своевременного обнаружения неисправностей.

5.4.1 План по предупреждению и ликвидации типовой ЧС: пожара

На предприятии предусмотрен ряд мер, направленных на обеспечение тушения пожара:

- Обеспечен проезд к зданию;
- Наличие пожарных щитов;
- Наличие гидрантов с пожарными рукавами;
- Тепловая сигнализация;
- Телефонная связь с пожарной охраной;
- Огнетушители (порошковый ОП – 100).

Для локализации или тушения пожара в начальной стадии его развития используют первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь (огнетушители, водяной пар, песок, покрывало для изоляции очага возгорания, лопаты и др.).

Песок применяется для механического сбивания пламени и изоляции горящего или тлеющего материала от окружающего воздуха. Тушение песком должно производиться путем разбрасывания его лопатой или совком по горячей поверхности.

Покрывало для изоляции очага возгорания используется для тушения небольших очагов горения любых веществ и материалов на площади не более 50% от площади применяемого полотна.

Пожарные краны внутреннего противопожарного водопровода предназначены для подачи воды на тушение твердых сгораемых материалов и веществ. Они должны быть укомплектованы пожарными рукавами, ручными пожарными стволами и вентилями.

Огнетушители предназначены для тушения пожаров в начальной стадии их возникновения.

Вывод: В данном разделе проанализировал вредные и опасные факторы, а также средства защиты от них. Провел анализ условий труда на соответствие требованиям нормативных документов. Поддержание безопасности на работе и отдыхе способствует сохранению жизни и здоровья человека в результате уменьшения, как числа несчастных случаев, так и темпов роста болезней под воздействием отрицательных факторов, вызванных оборудованием или окружающей средой, воздействием природы, экологическими катастрофами, чрезвычайными обстоятельствами.

Заключение

В настоящее время всё больше используют полимерные материалы. Они востребованы во многих отраслях, будь то горная, нефтегазовая или даже пищевая промышленность. Наиболее распространённой и удобной для переработки является именно гранулированная форма полимерного материала. Использование различных типов систем делает процесс гранулирования полимерных материалов гибким и разнообразным и позволяет в каждом конкретном случае добиваться максимальной эффективности. Очень важным элементом системы является гранулятор, а в частности подшипниковый узел вала гранулятора и его дополнительные системы. Манжетные уплотнения всё чаще становятся на замену простым сальникам.

В ходе выпускной квалификационной работы был спроектирован участок вала гранулятора под уплотнение с помощью программы Компас – 3D. Было выбрано оптимальное износостойкое уплотнение, армированное металлической пружиной, манжета 1.1-42х62 ГОСТ 8752-79. Проведены расчёты удельной утечки, в программе SolidWorks рассчитан статический и тепловой анализ, выявлены слабые и сильные стороны данного вида уплотнения. Выбранное манжетное уплотнение подшипникового узла позволит продлить срок службы подшипникового узла и уменьшить периодичность замены уплотнений, что позволит увеличить время безостановочной работы гранулятора.

Так же в работе был выполнен раздел «Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность», в данном разделе был проведен анализ конкурентов и SWOT-анализ.

Были изучены вопросы «Социальной ответственности», рассмотрены вредные и опасные факторы, вопросы экологической безопасности.

Список использованных источников

1. Грануляция: Параметры процесса. Периферийное оборудование. Пластикс. – №8 (114), - 2012.
2. Бесплатная электронная библиотека – Электронные материалы. Введение в технологию переработки полимеров. Лекция 5 – Экструзия (ссылка <http://lib.knigi-x.ru>).
3. Натаров Н.В. Разработка тарельчатого гранулятора с активатором для гранулирования дисперсных материалов. – Магистерская диссертация. – Томск, 2018.
4. В.Н. Кочетков/ Гранулирование минеральных удобрений/Москва, 1975 год, 224 с.
5. Influence of gathering elements in plate granulator of the course of the process. Roman HEJFT, Tomasz LESZCHUK – Department of Food and Agricultural Technology\Please cite as: CHEMIC 2012 66, 5, 370-375.
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т./ В.И. Анурьев; под редакцией И.Н. Жестковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – М: Машиностроение, 2010. – Т.3 – 928 с.
7. Иванов М.Н. Детали машин: учебное пособие / М.Н. Иванов, В.А. Финогеев. – М: Высшая школа, 2010. – 408 с.
8. Каталог продукции FKL. Виды уплотнений подшипников. Их разновидности, назначение и принципы работы.
9. Журавлева С.Н. Уплотнение вращающегося вала. Патент, № 2117839, 1998 г. Р 16 Л 5/32.
10. Каталог продукции. Промышленные уплотнения компании SKF.
11. Ягьяев Э.Э., Шрон Б.Л. Повышение надежности работы соединения «вал – манжета при суперфинишировании с осцилляцией на поверхности вала. Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2017. – №1 (55).

12. Буренин В. В. Манжетные уплотнения для вращающихся валов / В. В. Буренин // Станки и инструмент. – 1985. – № 3. – С. 24–26.
13. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчета на трение и износ - М.: Машиностроение, 1977, - 528 с.
14. Лукомская А.И., Евстратов В.Ф. Основы прогнозирования механического поведения каучуков и резин - М., «Химия» 1975, -360 с.
15. Браун Э.Д., Евдокимов Ю.А., Чичинадзе А.В. Моделирование трения и изнашивания в машинах – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
16. Журавлева С.Н. Моделирование износа манжетных уплотнений для вращающихся валов. Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 15. – Брянск: БГИТА, 2012. - 4 с.
17. Трудовой кодекс РФ 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
18. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.
19. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
20. ГОСТ 26996-86. Полипропилен и сополимеры пропилена. Технические условия (с Изменениями N 1, 2).
21. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.
22. ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.006–84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
24. Белов С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник / С. В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 680 с.

25. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

26. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования.-М.: Стройиздат, 1980.- 48 с.

27. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

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