

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
Кафедра теоретической и прикладной механики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Виброизоляция нефтегазового оборудования на примере канатного демпфера УДК <u>622.276.05-752.2</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Вакуров Андрей Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антонова Ирина Сергеевна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Егор Сергеевич			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт Природных ресурсов

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Уровень образования бакалавриат

Кафедра теоретической и прикладной механики

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: 01.06.17

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
1.05.17.	<i>Обзор литературы</i>	50
10.05.17.	<i>Расчетная часть</i>	30
12.05.17.	<i>Экономический расчет</i>	10
14.05.17.	<i>Социальная часть</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пашков Евгений Николаевич	к.т.н.		

Планируемые результаты обучения ООП

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

	аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	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>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р7	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>
Р8	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>
Р9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8),

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

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

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

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
 Кафедра теоретической и прикладной механики

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (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
4Е31	Вакурову Андрею Александровичу

Тема работы:

Виброизоляция нефтегазового оборудования на примере канатного демпфера

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№2305/с от 07.03.2017г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

30.05.17.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Анализ напряженно-деформированного состояния канатного демпфера при гашении вибраций магистрального насосного агрегата. Материалы канатного демпфера: пластины и обжимные втулки – сталь 40Х, канат – сталь 12Х18Н9. Величина давления от веса агрегата 352 кПа.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1. Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений науки и техники в рассматриваемой области. 2. Построение расчётной модели канатного демпфера и моделирование процесса воздействия вибраций в программном комплексе ANSYS. 3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 4. Социальная ответственность. 5. Выводы по работе.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Антонова Ирина Сергеевна, доцент кафедры менеджмента, к.э.н.
«Социальная ответственность»	Невский Егор Сергеевич, ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	6.02.17.
---	-----------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Манабаев Кайрат Камитович	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Вакуров Андрей Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 с., 40 рис., 18 табл., 18 источников.

Ключевые слова: виброизоляция, канатный демпфер, напряженно-деформированное состояние, вибрации, гаситель.

Объектом исследования является канатный демпфер, устанавливаемый на насосный агрегат нефтеперекачивающей станции.

Цель работы – анализ способов снижения вибраций, возникающие в насосном агрегате, влияющие на параметры фундамента, на котором установлен данный агрегат, и на работу технологической системы насосного цеха.

Задачи:

- рассмотрение существующих нефтеперекачивающих станций и используемого на них оборудования;
- анализ существующих методов гашения вибраций;
- разработка расчетной модели канатного демпфера;
- анализ напряженно-деформированного состояния канатного демпфера.

В выпускной квалификационной работе рассматривались существующие методы гашения вибраций оборудования, их конструкции и принципы действия. Выявлены их достоинства и недостатки, и предложен канатный демпфер в качестве аналога. В программном комплексе SolidWorks построена расчетная модель канатного демпфера. Произведен расчет напряженно-деформированного состояния демпфера в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS, и анализ полученных результатов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2688-80 Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6х19(1+6+6/6)+1 о.с.

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

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

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования.

ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования.

ГОСТ 12.0.004-90 «Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения».

СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов».

Оглавление

Введение.....	12
1. Нефтеперекачивающие станции магистральных нефтепроводов.....	14
1.1. Классификация нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов.....	14
1.2. Основное оборудование НПС.....	14
1.3. Характеристики насосов НПС.....	18
1.4. Режимы работы насосов нефтеперекачивающей станции и трубопроводов.....	20
1.5. Методы регулирования режимов работы НПС.....	23
2. Анализ существующих способов виброгашения.....	27
2.1. Вибрации в технологической системе насосного агрегата.....	27
2.2. Основные виды виброгасителей.....	30
2.2.1. Пружинный одномассный инерционный динамический гаситель.....	30
2.2.2. Инерционные динамические гасители с активными элементами.....	34
2.3. Виброгасители ударного действия.....	36
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	52
5. Социальная ответственность.....	77
Заключение.....	86
Список использованных источников.....	87

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день важными аспектами в перекачке нефти можно назвать увеличение производительности, повышение межремонтных интервалов и надежности насосов и электродвигателей. Улучшение этих параметров оборудования можно осуществить при повышении устойчивости к динамическим нагрузкам.

Из-за динамических нагрузок допустимые режимы работы насосов ограничиваются, так как значительные нагрузки приводят к сильным вибрациям, проявлению кавитации, возникновению гидроударов, что влияет на коэффициент полезного действия насоса, его стойкость, а также к ослаблению соединений насосных агрегатов, вследствие чего происходит повышенный износ оборудования. Основными причинами возникновения динамических нагрузок являются технологические условия перекачки нефти, воздействие внешних возмущающих сил и влияние характеристик упругой системы «насос – муфта – электродвигатель». В большинстве случаев появление значительных нагрузок приводит к вынужденной остановке оборудования.

Большую часть работы при перекачивании нефти совершает основное оборудование нефтеперекачивающих станций (НПС), к которому относятся магистральные насосы (НМ) и подпорные (НПВ), являющиеся ключевым звеном НПС. Из-за этого возникает задача увеличить их надежность и производительность, а, следовательно, необходимость улучшения виброзащиты также растет.

На данный момент существует множество методов понижения динамических нагрузок, к наиболее распространенным можно отнести балансировку и уравнивание механизмов, регулирование жесткостных и инерционных параметров конструкций, применение материалов и конструкций (виброгасители) с повышенной поглощающей способностью. Все эти методы применяются в разных областях техники, однако особое место среди этих методов занимают виброгасители, которые могут

предусматриваться как на стадии проектирования, так и при возникновении динамических нагрузок в процессе эксплуатации. Основным достоинством виброгасителей можно назвать их способность эффективно снизить уровень динамических нагрузок, при этом затратив сравнительно малое количество дополнительного материала.

Целью бакалаврской работы «Виброизоляция нефтегазового оборудования на примере использования канатного демпфера» является анализ способов снижения вибраций, возникающие в насосном агрегате, влияющие на параметры фундамента, на котором установлен данный агрегат, и на работу технологической системы насосного цеха.

Поставленная цель предопределила постановку следующих задач:

1. Исследование механизма возникновения вибраций при перекачке нефти и существующих способов снижения вибраций технологической системы насоса.
2. Исследование демпфера канатного типа.
3. Анализ напряженно-деформированного состояния расчетной модели предложенного демпфера при помощи ПК МКЭ ANSYS.

Объектом исследования является способ виброизоляции фундамента от технологической системы насоса, в которой возникают динамические нагрузки.

1. НЕФТЕПЕРЕКАЧИВАЮЩИЕ СТАНЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

1.1. Классификация нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов

Основными видами нефтеперекачивающих станций (НПС) на магистральных трубопроводах являются: головные нефтеперекачивающие станции, на которых осуществляется прием и учет поступающих нефтепродуктов, их краткосрочное хранение в резервуарах, закачка нефтепродуктов в магистральный трубопровод, а также пуск в трубопровод очистных и диагностических устройств; и промежуточные нефтеперекачивающие станции, служащие для повышения напора в трубопроводе, они бывают с резервуарным парком, в случае перекачки нефтепродуктов через резервуары, или без него, если перекачка идет из насоса в насос. Промежуточные НПС включают в себя дополнительные системы, такие как система сглаживания волн давления и система защиты от гидроудара [1].

Данные НПС выполняются блочно-комплектным или блочно-модульным методом. Данные методы необходимы для уменьшения затрат на строительство станций.

Блочно-модульные НПС разделяются на два типа: открытые – оборудование расположено под навесом на открытом воздухе, каждая единица оборудования имеет свой индивидуальный металлический кожух, включающий в себя автоматическую систему вентиляции и подогрева; и закрытые – все оборудование размещается в специальном здании, которое оборудовано общей системой вентиляции и отопления.

1.2. Основное оборудование НПС

Нефтеперекачивающая станция (НПС) представляет собой совокупность инженерных сооружений, необходимых для поддержания заданного количества перекачиваемой нефти [2]. Исходя из гидравлических расчётов, данные станции устанавливают на всём протяжении трубопровода

на расстоянии 80-150 км одна от другой. Головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС), выполняющая задачи по приёму нефти с промыслов, а также подачи её в трубопровод, состоит из следующих частей:

- насосная;
- резервуарный парк;
- камера пуска скребка, совмещённая с узлом подключения перекачивающей станции к магистральному продуктопроводу;
- сеть технологических трубопроводов с площадками фильтров и камер задвижек или узлами переключения.

Самой ответственной частью трубопровода, определяющей его работу, является головная нефтеперекачивающая станция.

При поступлении на ГНПС добытая нефть поочерёдно проходит узел предохранительных устройств, необходимы для защиты трубопровода и оборудования от повышенных давлений, затем узел учёта, в котором измеряется количество добытой нефти, и отправляется в резервуарный парк.

Нефть подаётся из резервуаров на вход насосов основной насосной станции с требуемым напором с помощью насосов подпорной станции. Между этими станциями установлены дополнительные узел предохранительных устройств и узел учёта, используемый для контроля количества нефти, поступающей в магистраль.

После прохождения нефтепродуктов через насосную станцию она поступает на узел регулирования давления, необходимый для изменения давления на выходе из станции с помощью дросселирования потока, а затем через камеру пуска скребка направляется в магистраль.

Камера пуска скребка является элементом трубопровода, необходимым для периодического запуска очистных устройств (скребков) в магистраль. Данные скребки предназначены для очистки внутренней поверхности трубопровода от отложений парафина, грязи и солей.

Узел предохранительных устройств представляет собой несколько параллельно соединённых пружинных клапанов, отрегулированных на

определённое давление, при превышении которого они открываются, тем самым сбрасывая часть нефти обратно в резервуары.

В узлах учёта насосных станций чаще всего применяют турбинные счётчики для определения количества перекачиваемой нефти. Однако точность показаний таких счётчиков является высокой только для ограниченного промежутка производительности, вследствие этого для высокой точности измерений при любой производительности трубопровода ставится несколько параллельно соединённых счётчиков. При этом перед каждым устанавливают сетчатый фильтр и струевыпрямитель.

Одним из необходимых элементов, применяемых для защиты магистралей и оборудования НПС от гидроудара при диаметре трубопроводов более 720 мм, является система сглаживания ударной волны. Для сглаживания волны давления осуществляется за счёт сброса некоторой части нефти из приёмного трубопровода в безнапорную ёмкость через безынерционные клапаны, которые сбрасывают часть продукта только при резком нарастании давления.

Одними из основных частей оборудования НПС являются насосы и соответствующие им приводы. Насосы подразделяются на основные и подпорные.

Основные насосы необходимы для подачи нефти непосредственно в магистраль и для этого применяют высокопроизводительные насосы. Такие насосы выпускают в двух исполнениях: одноступенчатые (рисунок 1) и многоступенчатые (рисунок 2).

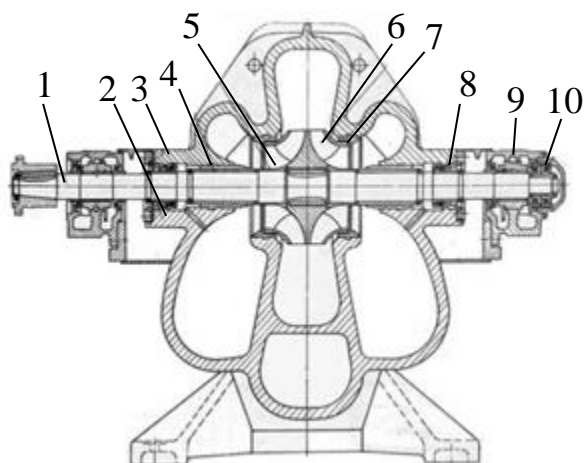


Рисунок 1 – Одноступенчатый магистральный насос: 1 – вал; 2 – корпус подшипника; 3 – крышка всасывания; 4 – предвключенное колесо; 5 – рабочее колесо; 6 – направляющий аппарат; 7 – секция; 8 – крышка нагнетания; 9 – направляющий аппарат на выходе; 10 – пята разгрузки; 11 – диск разгрузки; 12 – узел уплотнения вала; 13 – подшипник скольжения.

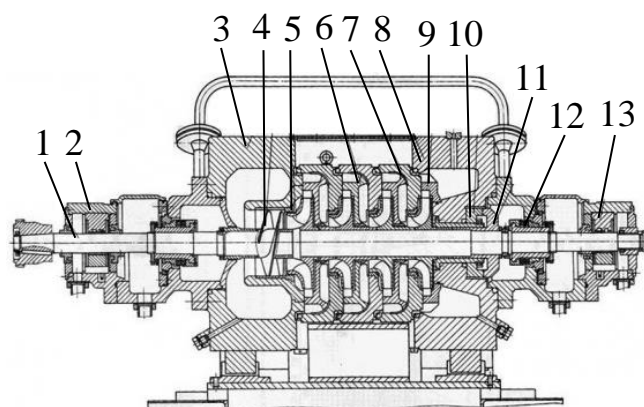


Рисунок 2 – Многоступенчатый магистральный насос: 1 – вал; 2 – корпус; 3 – крышка корпуса; 4,5 – втулки вала; 6 – рабочее колесо; 7 – кольцо уплотняющее; 8 – узел уплотнения вала; 9 – подшипник скольжения; 10 – радиально-упорный подшипник.

В случае установки одноступенчатых насосов для создания рабочего напора в магистрали их устанавливают несколько последовательно.

Подпорные насосы применяют для отбора нефти из резервуара и подачи её на вход основных насосов с необходимым давлением.

Приводами для основных насосов являются асинхронные и синхронные электродвигатели высокого напряжения. В качестве

асинхронных чаще всего применяют электродвигатели с короткозамкнутым ротором, которые монтируются в одном здании с насосом. В корпусе таких двигателей поддерживается избыточное давление воздуха (около 0,05-0,07 МПа) для исключения возможности попадания паров нефти в электродвигатель.

Также на нефтеперекачивающих станциях устанавливается вспомогательное оборудование, условно разделённое на оборудование насосных станций и объектов обслуживающего назначения. К первой категории можно отнести уплотнения, системы смазки, вентиляции и охлаждения; ко второй – котлы, оборудование водоподготовки, насосы системы канализации и очистки, теплоснабжения, пожарного, производственного и хозяйственно-питьевого водоснабжения, защиты от статического электричества и молниезащиты, приборы и аппараты производственно-технологической связи, химлаборатории и прочие.

1.3. Характеристики насосов НПС

Характеристикой насоса называют график зависимости основных технических показателей насоса, таких как напор, мощность, КПД от подачи при неизменной частоте вращения рабочего колеса, вязкости и плотности жидкости на входе в насос [3].

Эти характеристики зависят от нескольких факторов, например от типа самого насоса, его конструкции и размеров его основных узлов и деталей. Также они бывают теоретическими и экспериментальными.

Расчет теоретических характеристик производят с помощью основных уравнений насоса, в которые вносят поправки, учитывающие реальные условия работы, однако из-за того что на работу насоса влияет множество факторов и учесть их все практически нереально, теоретические характеристики очень неточны из-за чего их редко используют. Более реальные характеристики получают экспериментальным путем на заводе-производителе. Для этого насос ставят на стенд, оборудованный приборами для измерения расхода, давления, вакуума и потребляемой мощности, после

чего насос запускают и регулируют его подачу изменением степени открытия задвижки на напорной линии. Таким образом, получают несколько значений подачи и соответствующие им значения напора и потребляемой мощности.

Бывают случаи, когда насос испытывают на месте эксплуатации, данный способ характерен для крупногабаритных насосов и в случаях, когда условия эксплуатации могут сильно изменить характеристики насоса.

Значения подачи (Q), напора (H), мощности (N_e), которые получают в результате эксперимента, и рассчитанные по ним значения КПД (η_H) отмечают на графике и соединяют точки кривыми (рисунок 2).

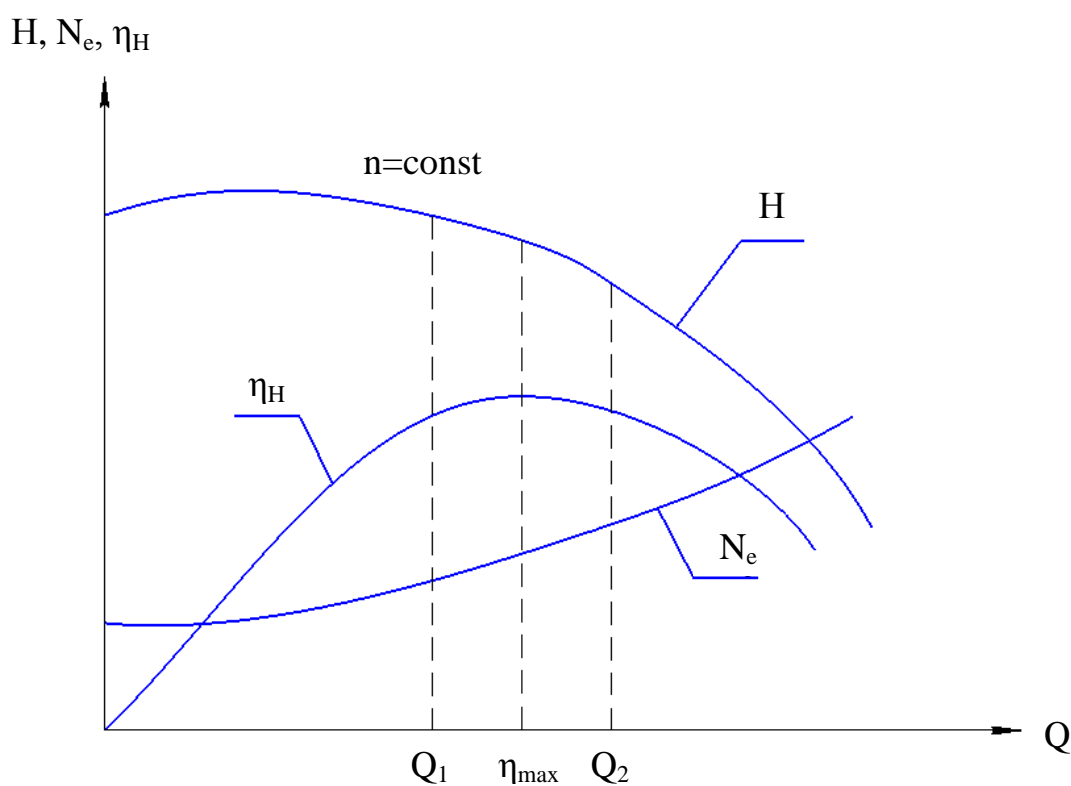


Рисунок 3 – Графики характеристик насоса

Оптимальным режимом работы насоса является случай, когда $\eta_H = \eta_{\max}$. Однако на практике используют режимы, лежащие в пределах рабочей части характеристики (часть графика, заключенная между Q_1 и Q_2).

1.4. Режимы работы насосов нефтеперекачивающей станции и трубопроводов

Рассматриваемые части НПС, такие как насосы и трубопроводы, представляют собой целостную гидродинамическую систему, режим которой находится из общей $H-Q$ -характеристики [5].

$H-Q$ -характеристика представляет собой графики зависимости напора от расхода для каждого насоса, их суммарная зависимость и зависимость для трубопровода. Графики суммарной зависимости и зависимости для трубопровода пересекаются в одной точке, которая и определяет режим работы системы. Эта точка называется рабочей точкой системы. Она отображает равенство развиваемых насосами напора и подачи и гидравлического сопротивления и пропускной способности трубопроводов.

Насосы на НПС могут быть соединены между собой по следующим схемам: последовательная схема соединения, параллельная или параллельно-последовательная.

Рассмотрим последовательную схему соединения (рисунок 3, а). На НПС установлены два насоса, которые обладают характеристиками 1 и 2 (рисунок 3, б). Станция осуществляет подачу нефтепродуктов в трубопровод с характеристикой 3.

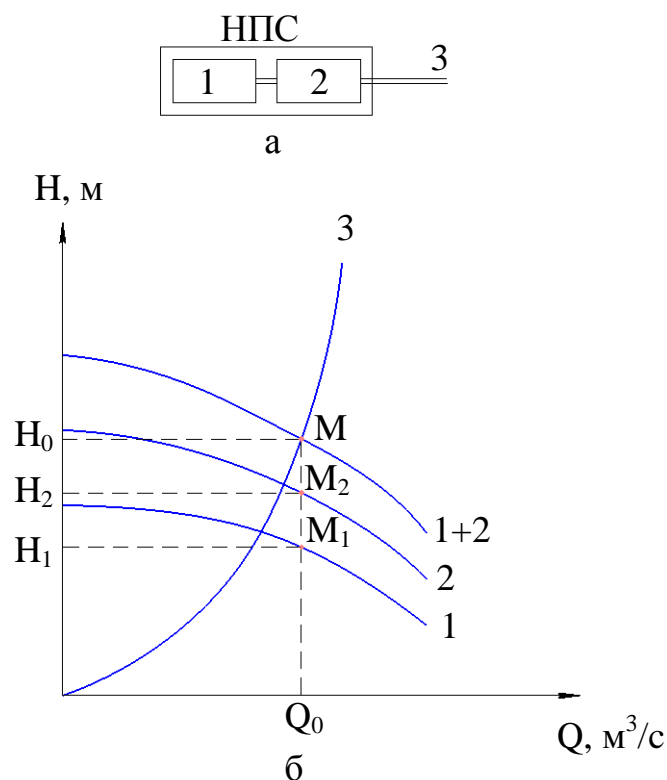


Рисунок 4 – Последовательная работа насосов

Для нахождения рабочей точки системы сначала необходимо сложить характеристики насосов. Так как подключение последовательное, то подача будет одинаковой, а общий напор будет представлять сумму напоров насосов. То есть для получения общей характеристики 1+2 необходимо суммировать напоры насосов при одинаковых подачах.

Пересечение общей характеристики насосов 1+2 и характеристики трубопроводов 3 (точка М) является рабочей точкой системы, которая показывает, что подача в системе будет Q_0 , а напор H_0 .

Для определения рабочих точек отдельно для каждого насоса, необходимо провести вертикальную линию из точки М. Пересечение этой линии с характеристиками насосов (точки M_1 и M_2) будут рабочими точками насосов, которые определяют напор, развиваемый каждым насосом.

Далее рассмотрим параллельную схему соединения (рисунок 4, а). Установленные насосы обладают характеристиками 1 и 2 (рисунок 4, б) соответственно. И подача нефти происходит в трубопровод с характеристикой 3.

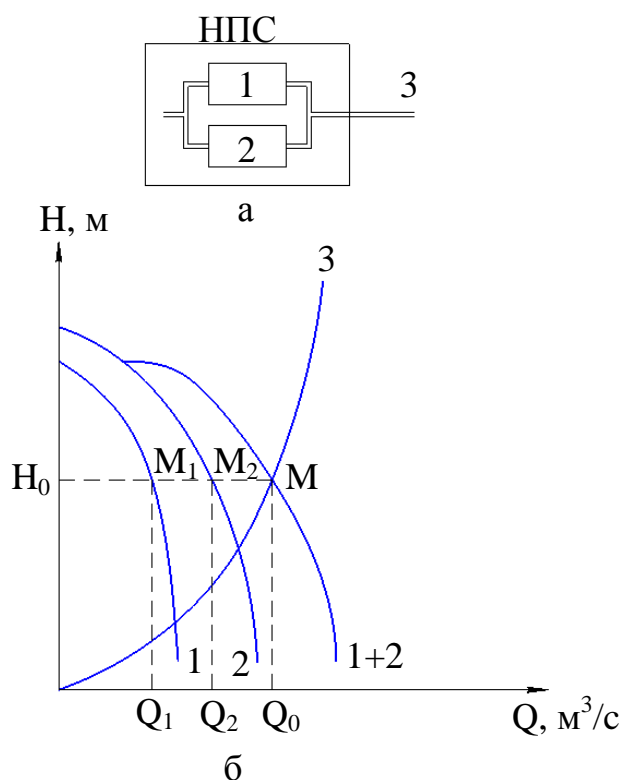


Рисунок 5 – Параллельная работа

В рассматриваемом случае насосы должны развивать одинаковый напор. Это связано с тем, что при большой разнице в напорах, насос с наибольшим напором «задавит» второй насос, из-за чего перекачка нефти будет происходить не только в трубопровод, но и в насос с меньшим напором. Вследствие этого насосы подбираются таким образом, что они будут развивать примерно одинаковые напоры.

Тогда общая характеристика насосов 1+2 будет суммой их характеристик, при этом складываться будут подачи, при одинаковых напорах. Пересечение общей характеристики насосов 1+2 и характеристики трубопровода 3 является рабочей точкой системы (точка М).

Для определения рабочей точки каждого насоса необходимо провести горизонтальную линию из рабочей точки системы, ее пересечения с характеристиками насосов и будут рабочими точками насосов.

1.5. Методы регулирования режимов работы НПС

Производительность магистральных трубопроводов с течением времени изменяется, что вынуждает регулировать режим работы нефтеперекачивающей станции [6].

Методы регулирования делятся на две основные группы: методы воздействия на характеристику станции, к которым можно отнести изменение частоты вращения ротора или числа работающих насосов и обточка рабочих колес или смена ротора, и методы воздействия на характеристику трубопровода, к этим методам относят байпасирование, дросселирование и уменьшение гидравлического сопротивления.

Для случая применения методов первой группы характер изменения рабочей точки системы показан на рисунке 5.

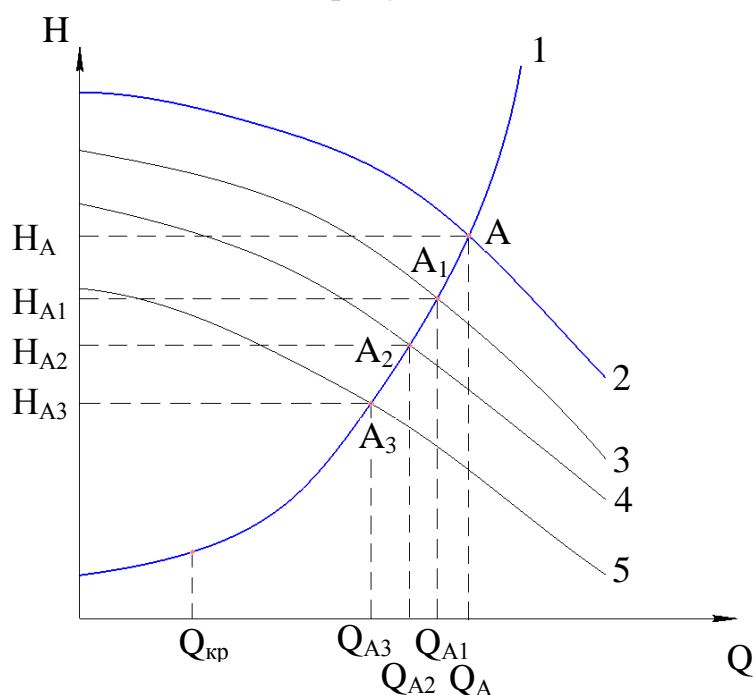


Рисунок 6 – Изменение положения рабочей точки при регулировании параметров НПС

Пусть в системе работает три насоса с суммарной характеристикой 2 (рисунк 5) и имеется трубопровод с характеристикой 1. Рабочая точка системы будет их пересечение (точка A), а параметры работы будут H_A и Q_A . В случае необходимости регулирование можно осуществить уменьшением частоты вращения ротора или использовать ротор меньшего диаметра, тогда

суммарная характеристика будет 3. Рабочая точка сместится (точка A_1), ее параметры H_{A_1} и Q_{A_1} , которые меньше параметров работы неотрегулированной системы. Для дальнейшего регулирования можно поочередно отключать насосы, при отключении первого характеристика изменится на 4, и рабочая точка будет A_2 , у которой параметры еще уменьшаться. Отключение второго насоса приведет к изменению характеристики на 5 с рабочей точкой A_3 .

Для этой же системы рассмотрим регулирование с помощью второй группы. Изменение положения рабочей точки при дросселировании и байпасировании показано на рисунке 6.

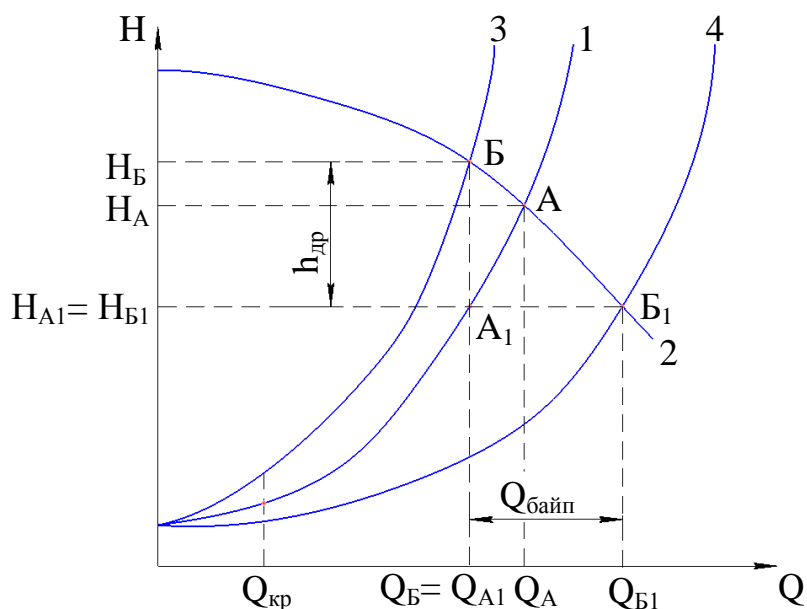


Рисунок 7 – Изменение положения рабочей точки при дросселировании и байпасировании

В данном случае возможно получение трех дополнительных рабочих точек. При использовании дросселирования получим точку Б, при байпасировании – точку B_1 , и при их комбинировании – точку A_1 .

Наиболее частым методом регулирования является дросселирование из-за своей простоты, однако этот метод не является лучшим. К методам, более подходящим для регулирования, относят:

- изменение частоты вращения роторов;
- обточка рабочих колес;

- изменение числа работающих насосов.

Среди этих методов лучшим является метод обточки рабочих колес, предел обточки колес ограничен 10% от диаметра. В этих пределах производительность насоса почти не изменяется, но положение рабочей точки системы изменяется.

Изменение рабочих характеристик насоса можно рассчитать из формул (1).

$$H = H_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0} \right)^2; Q = Q_0 \cdot \frac{D}{D_0}, \quad (1)$$

где H_0 и Q_0 – напор и подача насоса при диаметре рабочего колеса, равном D_0 ; H и Q – напор и подача насоса при диаметре рабочего колеса, равном D .

При этом изменение рабочей характеристики представлено на рисунке 8.

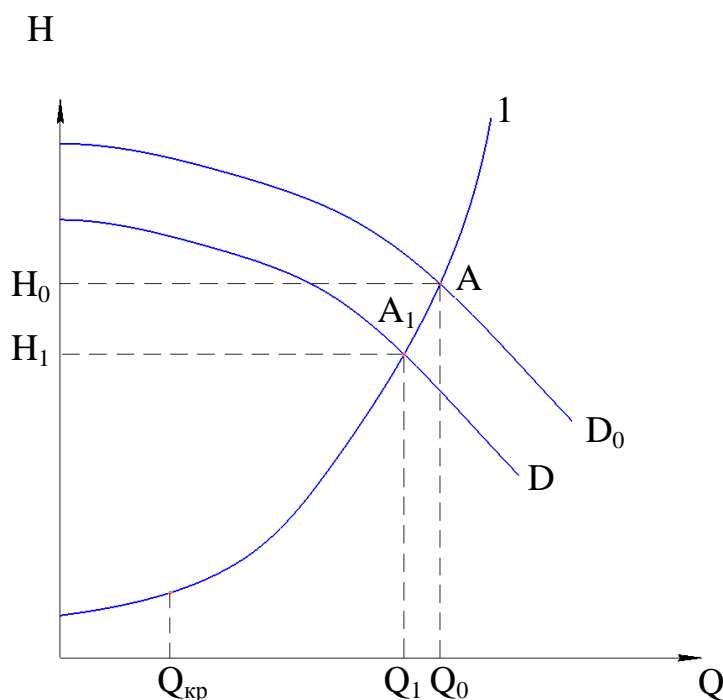


Рисунок 8 – Изменение режима работы НПС обточкой рабочего колеса

Чаще всего известно, какой напор H и какую подачу Q должен развивать насос. И требуется рассчитать необходимый диаметр рабочего колеса D . Рассмотрим получение формулы для расчета необходимого диаметра.

Зависимость, которая будет отражать характеристику центробежного насоса, может быть представлена в виде (2).

$$H_0 = a - b \cdot Q_0^2 \quad (2)$$

Выразим параметры H_0 и Q_0 из формул (1) и поставим в (2), получим

$$H \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^2 = a - b \cdot Q^2 \cdot \left(\frac{D_0}{D}\right)^2, \quad (3)$$

где H и Q – требуемые от насоса напор и подача; D – необходимый диаметр колеса.

Разделим обе части на $\left(\frac{D_0}{D}\right)^2$ и выразим D , получим следующее

выражение

$$D = D_0 \cdot \sqrt{\frac{H + b \cdot Q^2}{a}} \quad (4)$$

По формуле (4) можно рассчитать требуемый диаметр по известным напору и подаче. Если полученный диаметр от исходной менее чем на 10%, то обточка колес разрешается. В случае большего отличия необходимо применять другие методы или комбинировать.

2. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ВИБРОГАШЕНИЯ

2.1. Вибрации в технологической системе насосного агрегата

В настоящее время одной из основных причин снижения производительности, раннего износа деталей, а иногда и поломок, являются вибрации, появляющиеся в насосе при транспортировке нефти. Вследствие этого время между ремонтами уменьшается, что увеличивает время простоя насоса, а также затраты на ремонт насоса. Из-за постоянно растущих требований к производительности насосов инженеры занимаются обеспечением более эффективной виброустойчивости насосов [7].

Существует много причин возникновения вибраций в насосе, например:

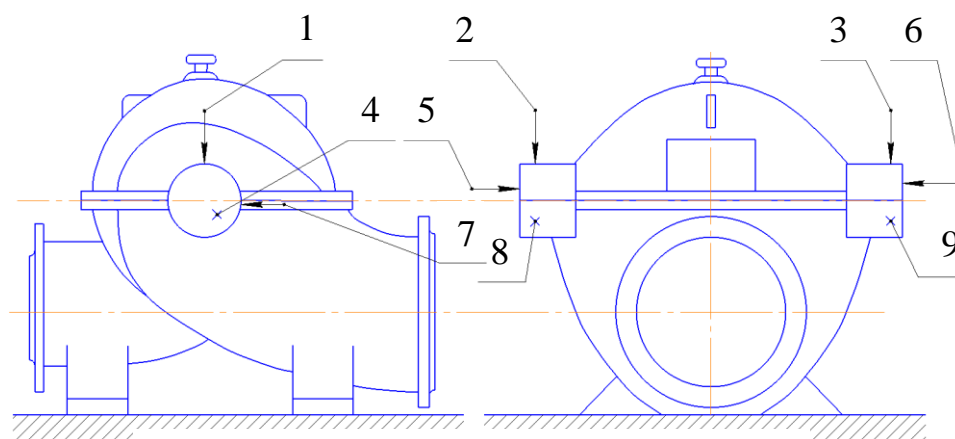
1. несоосность полумуфт;
2. дефект подшипников насоса;
3. неотбалансированное рабочее колесо;
4. некачественное крепление частей насоса;
5. неправильная эксплуатация насоса;
6. некачественный фундамент.

Эти причины вызывают вынужденные колебания в технологической системе насоса, что и приводит к поломкам и снижению производительности. В большинстве случаев данные колебания становятся опасными в случаях совпадения их частоты с частотой собственных колебаний системы (резонанс).

Помимо вынужденных колебаний в системе возникают автоколебания, которые являются последствием процесса перекачки нефти. Они являются наиболее опасными, по причине того что они имеют постоянную частоту колебаний. Основной причиной возникновения таких колебаний является изменение частоты вращения двигателя, что приводит к отклонению в системе. Причин для этого изменения много, например: неравномерный пуск, неравномерное движение жидкости при подаче и другие. Автоколебания поддерживаются за счет энергии привода насоса из-за

неравенства частот вращения при пуске и при стабильной работе насоса, так как в момент пуска рабочее колесо находится в вязкой жидкости из-за чего плавно и медленно набирает обороты, а лопасти испытывают деформацию.

Согласно РД 08.00-60.30.00-КТН-016-1-05, информация о вибрации на магистральных и подпорных насосах получается при помощи портативной виброаппаратуры. Измерения производятся только в отмеченных краской местах, предварительно очищенных от грязи и корпусной краски. На рисунке 9 представлена схема измерения вибраций на горизонтальном насосе.



1, 2, 3 – вертикальная; 4, 5, 6 – осевая;
7, 8, 9 – горизонтальная

Рисунок 9 – Схема измерения на горизонтальном насосе

В случае вертикальных насосов (рисунок 10) точки измерения обозначены цифрами 1-6.

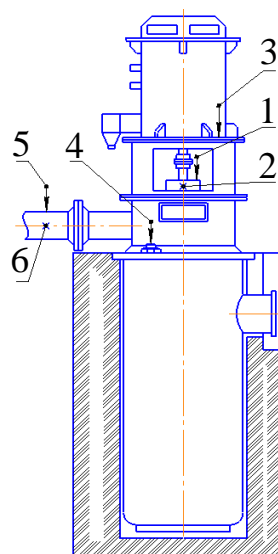
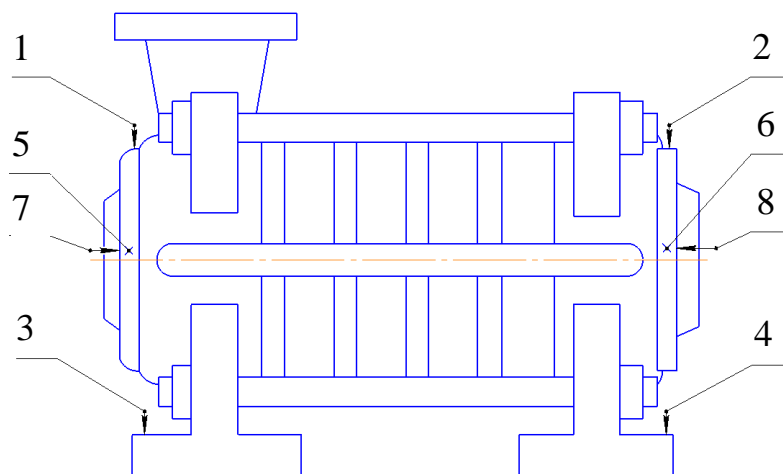


Рисунок 10 – Схема измерения на вертикальном насосе

Для насосов, у которых подшипниковые узлы встроены, применяется схема измерения вибраций как на рисунке 11.



1, 2, 3, 4 – вертикальная; 5, 6 – осевая;
7, 8 – горизонтальная

Рисунок 11 – Схема измерения для насоса со встроенными опорами

Оценка жесткости крепления рамы к фундаменту основывается на измерениях, сделанных на всех элементах крепления насоса к фундаменту. Данные измерения проводятся в вертикальном направлении и делаются на анкерных болтах или на расстоянии не более 100 мм от них.

Вибродиагностический контроль и оценка общего состояния насоса проводится по таким критериям:

1. по допустимому уровню вибрации;
2. по скорости изменения вибрации;
3. по спектральным характеристикам.

В первом случае сравнивают текущее максимальное значение вибрации с допустимым. Во втором сравнивают полученное значение виброскорости с предыдущими значениями и базовыми характеристиками после 72- часовой обкатки нового насоса или насоса после ремонта. В третьем анализируют амплитуды вибраций на частотах, которые характерны для конкретных дефектов.

Вибросостояние насоса оценивают, учитывая режим работы, а для этого замеряют значения вибраций на разных эксплуатационных режимах на

начальном периоде работы нового насоса или после ремонта, после чего строят график зависимости вибрации от подачи насоса.

2.2. Основные виды виброгасителей

2.2.1. Пружинный одномассный инерционный динамический гаситель

Одним из основных и конструктивно простых гасителей является пружинный одномассный динамический гаситель [8]. В общем случае он представляет собой твердое тело m , присоединенное к демпфируемому оборудованию M при помощи пружин C (рисунок 12).

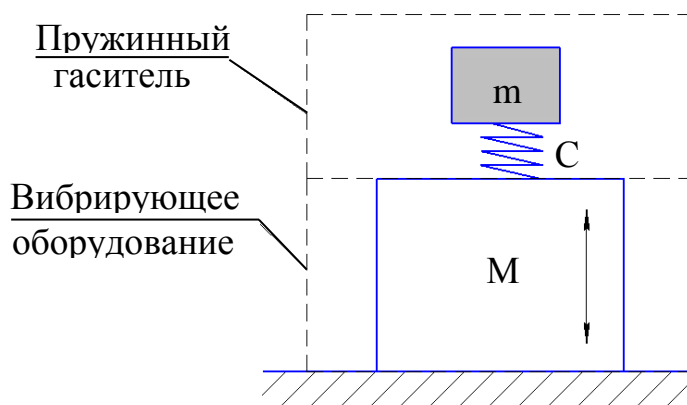


Рисунок 12 – Пружинный одномассный динамический гаситель

В упрощенном варианте схему оборудования и гасителя представляют в следующем виде (рисунок 13): оборудование представляется в виде массы M , закрепленной на пружине с жесткостью C_1 .

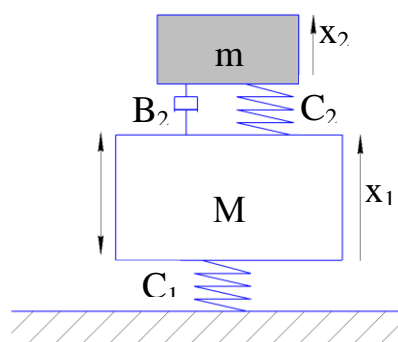


Рисунок 13 – Схема оборудования с пружинным гасителем

В этом случае вибрации возникают из-за периодически действующей силы $P(t) = P_0 e^{i\omega t}$ или из-за вибраций основания $x(t) = x_0 e^{i\omega t}$. Учитывая

соотношение $P_0 = C_1 x_0$, применим эквивалентную замену вибрации основания на силовое возбуждение.

Отсюда следует, что оборудование подвергается вибрациям с амплитудой:

$$a = \frac{P_0}{C_1 \left[1 - \left(\frac{\omega_1}{\omega_0} \right)^2 \right]} \quad (5)$$

где $\omega_0 = \sqrt{C_1 / M}$ – собственная частота оборудования. Отсюда следует, что при $\omega_1 \rightarrow \omega_0$ амплитуда вибрации оборудования значительно возрастает. Для компенсации этих вибраций к нему присоединяют динамический гаситель, представленный в виде массы m , закрепленной при помощи пружины с жесткостью C_2 . Тогда получаем следующие дифференциальные уравнения вибраций системы с гасителем:

$$\begin{aligned} M\ddot{x}_1 + B_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + C_1 x_1 + C_2(x_1 - x_2) &= P_0 e^{i\omega t} \\ m\ddot{x}_2 + B_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + C_2(x_2 - x_1) &= 0 \end{aligned} \quad (6)$$

где x_1, x_2 – абсолютные координаты перемещений масс.

Отыскивая решения системы уравнений (6) в форме:

$$x_1(t) = a_1 e^{i\omega t}, \quad x_2(t) = a_2 e^{i\omega t} \quad (7)$$

где a_1, a_2 – комплексные числа.

Проведя преобразования, получаем выражения для амплитуд колебаний объекта и гасителя:

$$\frac{|a_1|}{\delta} = \left\{ \frac{(1 - \xi_0^2)^2 + 4\beta_2^2 \xi_0^2}{\left[\left[(1 - \xi_0^2)(1 - \xi^2) - \mu \xi^2 \right]^2 + 4\beta_2^2 \xi_0^2 \left[1 - \xi^2(1 + \mu) \right]^2 \right]} \right\}^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

$$\frac{|a_2|}{\delta} = \left\{ \frac{1 + 4\beta_2^2 \xi_0^2}{\left[\left[(1 - \xi_0^2)(1 - \xi^2) - \mu \xi^2 \right]^2 + 4\beta_2^2 \xi_0^2 \left[1 - \xi^2(1 + \mu) \right]^2 \right]} \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (9)$$

Обозначения в формулах (8) и (9) рассчитываются по следующим формулам:

$$\delta = \frac{P_0}{C_1}; \quad \xi = \frac{\omega_1}{\omega_0}; \quad \xi_0 = \frac{\omega_1}{\omega_2}; \quad \omega_2 = \sqrt{\frac{C_2}{m}}; \quad \mu = \frac{m}{M}; \quad \beta_2 = \frac{b_2}{b_0}. \quad (10)$$

где $b_0 = 2\sqrt{C_2 m}$ – критическое демпфирование парциальных колебаний динамического гасителя.

Из (8) можно сделать вывод, что в случае $\xi_0 = 1$, другими словами $\omega_2 \rightarrow \omega_1$, «остаточные» колебания оборудования оказываются пропорциональными потерям в гасителе:

$$\frac{|a_1|}{\delta} = \frac{2\beta_2}{\left\{ \mu^2 \xi^4 + 4\beta_2^2 [1 - \xi^2(1 + \mu)]^2 \right\}^{\frac{1}{2}}}. \quad (11)$$

Исходя из (11), получаем при $\beta_2 \rightarrow 0$, величина $|a_1| \rightarrow 0$, то есть вибрации оборудования полностью гасятся. Тогда реакция гасителя получается равной внешнему возбуждению:

$$m\omega_1^2 |a_2| = P_0 \quad (12)$$

Графическое отображение амплитудно-частотных характеристик представлено на рисунке 3 при $\xi_0 = 1$, $\beta_2 = 0$. Штриховой линией показана амплитудно-частотная характеристика оборудования (см. рисунок 14, а). При данных настройках присоединенный гаситель создает систему с частотой возбуждения, равной частоте антирезонанса. Эта частота равна частоте исходной системы, однако это не является обязательным условием, так как при $\xi_0 = 1$ обеспечивается антирезонанс на любой постоянной частоте возбуждения. Хотя динамическое гашение наиболее эффективно в случае выполнения условия $\omega_2 = \omega_1 = \omega_0$, в виду того что при $\omega_1 \neq \omega_0$ возникающие вибрации в оборудовании являются незначительными.

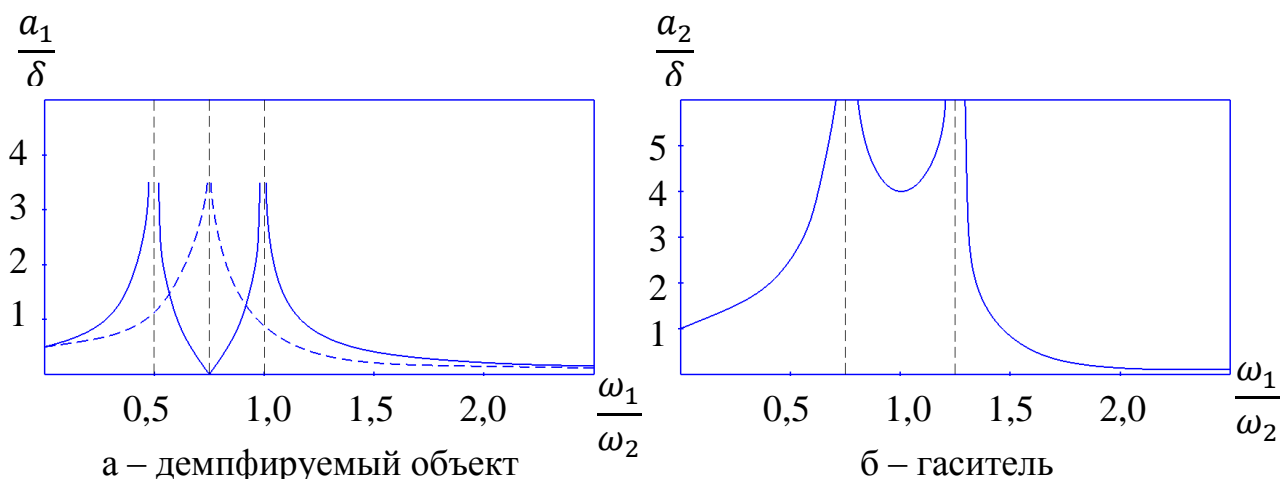


Рисунок 14 – Амплитудно-частотные характеристики системы, снабженной линейным пружинным гасителем

Динамическое гашение, основанное на антирезонансе, имеет недостаток: по обе стороны от настроечной частоты пружинного гасителя существуют резонансные частоты (рисунок 14), вследствие чего изменение параметров системы или частоты возбуждения приведет к сильной раскачке. Чувствительность системы к данному эффекту может быть представлена в виде зависимости собственных частот системы с гасителем ω_j^2 ($j = 1, 2$) от параметров системы. Для получения выражений собственных частот в (8) знаменатель приравнивается к 0 при условии $\beta_2 \equiv 0$. Полученное уравнение решается относительно ω_1 , которое обозначается через ω'_j .

$$\omega_j^2 = \frac{\omega_0^2 + (1 + \mu)\omega_2^2}{2} \pm \left\{ \left[\frac{\omega_0^2 - (1 + \mu)\omega_2^2}{2} \right]^2 + \mu\omega_2^2\omega_0^2 \right\}^{\frac{1}{2}}. \quad (13)$$

Графическое отображение зависимости (13) представлено на рисунке 15. Из данных графиков видно, что увеличение параметра μ приводит к небольшому уменьшению чувствительности.

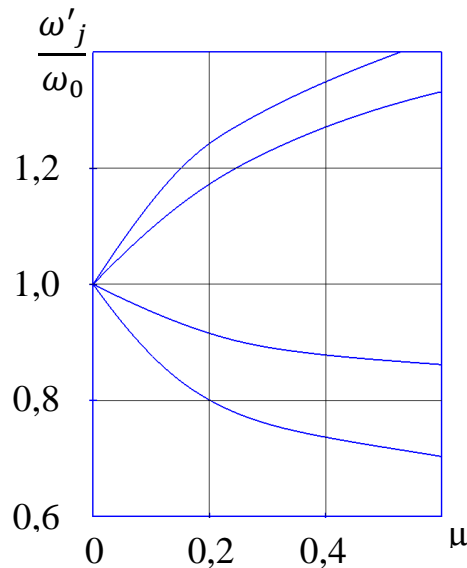


Рисунок 15 – Влияние отношения μ масс гасителя и объекта на собственные частоты системы с гасителем: $1 - \omega_2 = \omega_0$; $2 - \omega_2 = 1/2\omega_0$

Для увеличения μ в реальных условиях достаточно установить несколько гасителей, настроенных на одну частоту возбуждения.

2.2.2. Инерционные динамические гасители с активными элементами

Для расширения функциональности систем динамического гашения применяют гасители с собственными источниками энергии, что делает возможным его настройку на широкий диапазон колебаний, в виду того что последние могут измениться в процессе эксплуатации [9,10].

В случаях моногармонических колебаний активные элементы позволяют изменять параметры гасителя, обеспечивая равенство частот гасителя и оборудования (14)

$$\omega_2 = \omega_1 \quad (14)$$

На схемах, показанных на рисунке 16, видно применение электромагнита, регулирующего жесткость динамического гасителя, различие схем заключается в разных методах крепления сердечника 1 (рисунок 16) и корпуса с катушкой 2.

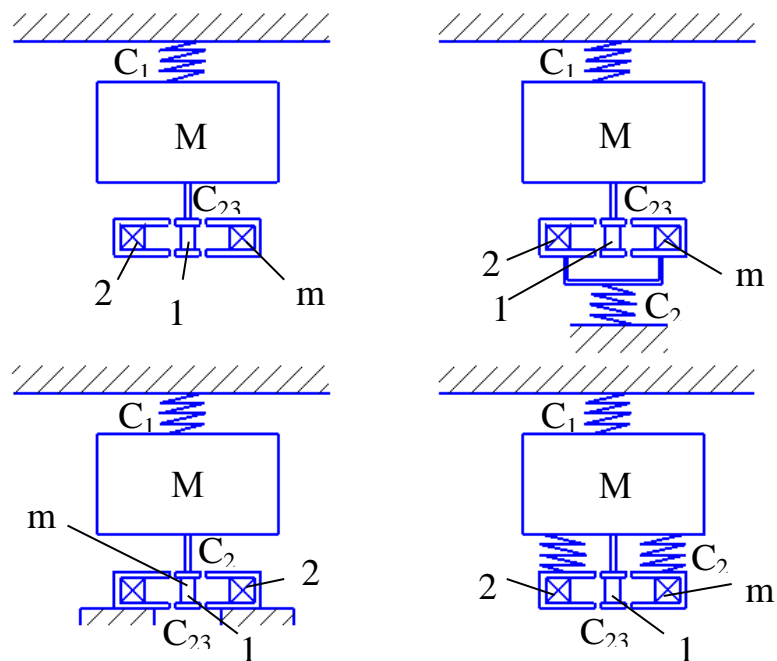


Рисунок 16 – Схемы применения электромагнита, регулирующего жесткость динамического гасителя

Для данных электромеханических устройств силовое воздействие имеет квазиупругий характер, и коэффициент эквивалентной упругости C_{23} пропорционален квадрату силы тока I в обмотках:

$$C_{23} = kI^2, \quad (15)$$

где k – постоянная, определяемая свойствами магнитопроводов и обмоток.

Представив (15) в виде $C_{23} = m\omega^2$, можно увидеть, что для регулирования коэффициента C_{23} необходимо обеспечить силу тока в обмотках, пропорциональную частоте возбуждения. Это достигается путем создания цепи обратной связи, использующей усиленный сигнал датчика частоты возбуждения. Результатом создания такой схемы является эффективное гашение вибраций во всем диапазоне регулирования. Для улучшения результата комбинируют электромагнитные и пружинные подвесы вследствие того что их жесткости суммируются.

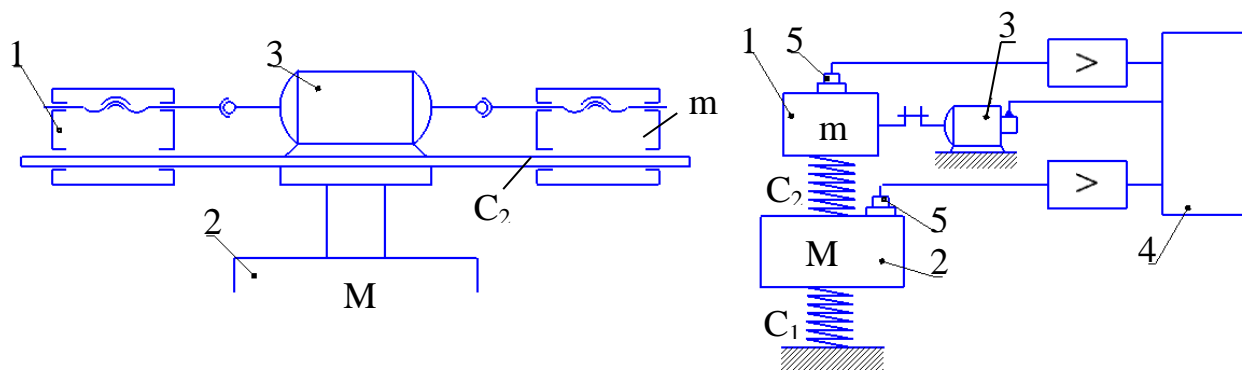


Рисунок 17 – Регулирование жесткости подвеса гасителя продольных колебаний перемещением массы гасителя

Другим способом регулировки жесткости гасителя является перемещение массы гасителя 1 (рисунок 17) вдоль направляющей при помощи электродвигателя 3. Для выработки управляющего сигнала применяется фазовый дискриминатор 4, это связано с тем что фазы колебаний гасителя 1 и оборудования 2 смещены на $\pi/2$ для достижения антирезонанса. В дискриминаторе сравниваются значения абсолютных перемещений гасителя и оборудования, которые получают при помощи датчика 5.

2.3. Виброгасители ударного действия

Основу ударного виброгасителя представляет собой тело небольшой массы, рассеивание колебаний которым происходит за счет его соударения с главной колеблющейся массой [11]. Наибольшее распространение получили плавающие ударные гасители, выполненные в виде шара, кольца, цилиндра, установленного с зазором. Плавающие гасители настраивают на режим двух поочередных соударений тела о каждый ограничитель за период движения, дающий для таких устройств наибольший эффект.

К указанным приборам относятся виброгаситель конструкции Л. Б. Эрлиха для расточных оправок, а также виброгаситель конструкции Д. И. Рыжкова, для гашения высокочастотных вибраций резцов (рисунок 18).

Виброгаситель Д. И. Рыжкова состоит из сердечника 1, на котором напрессована втулка 2. Снизу втулка закрывается крышкой 3. Сердечник и

крышка с усилием разжимаются пружиной 4. Резьба на втулке и крышке служит для сборки виброгасителя, она же удерживает его в собранном виде, когда виброгаситель не соединен с резцом. Присоединение виброгасителя к резцу производится с помощью переходной гайки 5 или накладной скобы, или хомутика.

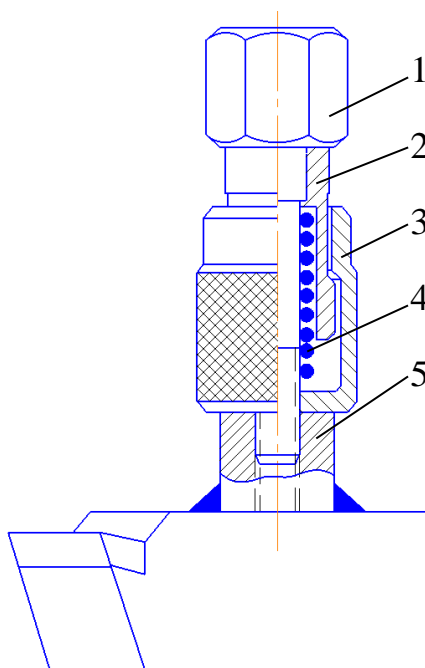


Рисунок 18 – Виброгаситель ударного действия

Виброгаситель в резьбу гайки, скобы или хомутика должен ввертываться свободно от руки, так как соударение происходит главным образом за счет зазоров в резьбе. Для гашения вибраций в каждом конкретном случае виброгаситель настраивается во время резания вращением сердечника за головку вручную. Момент устранения вибраций определяется на слух по прекращению звука высокого тона («свиста» резца). От сходящей стружки виброгаситель защищен относительно высокой установкой его над головкой резца, кроме того, в этих случаях необходимо применять резцы со стружколомателями.

Если виброгаситель самоотвертывается, это служит признаком его неспособности гасить данные колебания. Значит нужно заменить его следующим номером или поставить рядом второй.

Всего существует пять номеров виброгасителей, отличающихся размерами. Виброгаситель следует устанавливать на головке резца, имеющей наибольшую амплитуду колебаний. При удалении места установки виброгасителя для достижения эффекта применяется следующий номер с большей массой.

Выводы: в данной главе был произведен анализ существующих способов и устройств снижения вибраций в технологической системе насосного агрегата и рассмотрены причины возникновения вибраций в насосах. Подробно были рассмотрены принципы динамического виброгашения и рассмотрены конструкции виброгасителей – ударного, динамического и вязкого трения.

Виброгасители являются одними из наиболее эффективных способов виброгашения, имеющие возможность применения не только на стадии проектирования, но и в имеющейся конструкции. Для гашения широкого спектра колебаний наиболее оптимальными являются гасители, увеличивающие диссипативные свойства системы.

Главной задачей первой главы являлся обзор литературы по существующим виброзащитным устройствам.

3. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Эффективное снижение возникающих в оборудовании вибраций является важным аспектом для повышения времени эксплуатации. С целью проверки эффективности канатных демпферов при гашении вибраций проводится его моделирование в программном комплексе SolidWorks (ПК SolidWorks) и расчет полученной модели в программном комплексе метода конечных элементов ANSYS (ПК МКЭ ANSYS). Моделирование и расчет демпфера осуществляется для насоса 10НД-6х1 [12, 13, 14].

Исходными данными для расчета были приняты:

- | | |
|---|---------------|
| 1. Размеры рамы насосного агрегата, мм | 2555x730 |
| 2. Масса агрегата, кг | 2580 |
| 3. Материал пластин демпфера | Сталь 40Х |
| 4. Материал каната | Сталь 12Х18Н9 |
| 5. Площадь пластин демпфера, м ² | 0,072 |

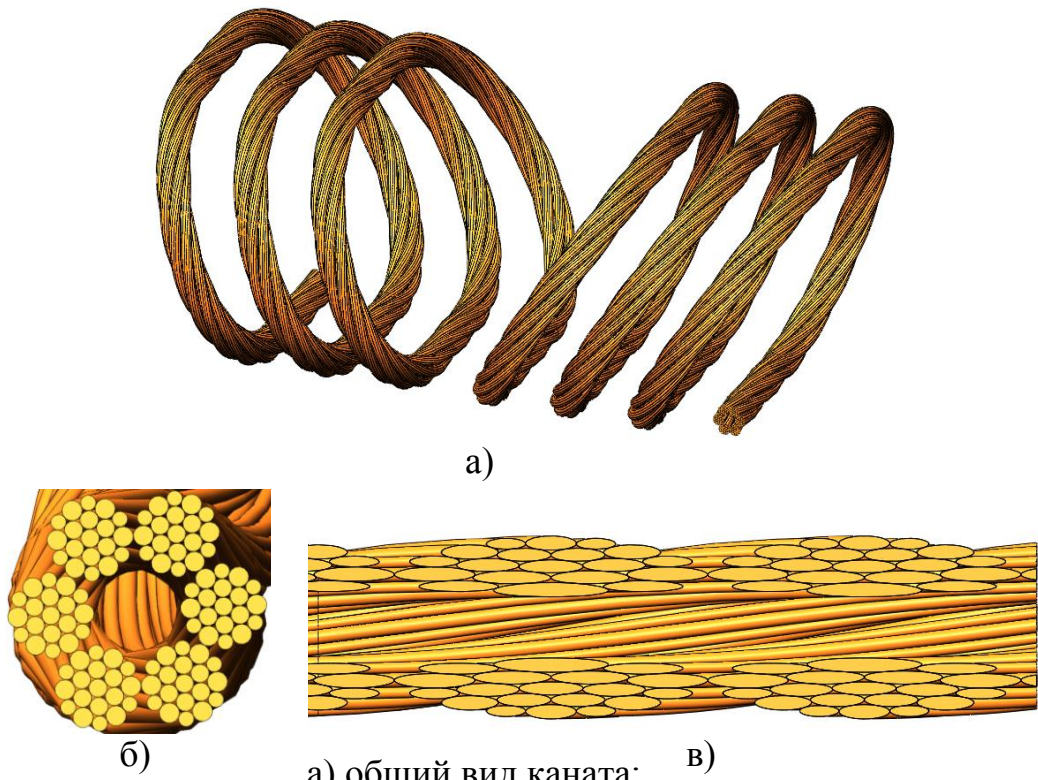
Свойства материалов.

Материалы, применяемые в демпфере, и их свойства представлены в таблице 1.

Таблица 1. Свойства материалов каната и пластин.

Марка стали	Модуль Юнга, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа
40Х	$2,14 \cdot 10^5$	0,29	780	980
12Х18Н9	$2,05 \cdot 10^5$	0,3	230	560

Модель каната, представленная на рисунке 19а, создавалась согласно [15]. Его сечение (рисунок 19б) состоит из 6 прядей, каждая из которых содержит 19 проволок. Внутренняя часть каната остается полой, что видно на рисунке 19в.



а) общий вид каната;
 б) сечение каната;
 в) продольный разрез каната

Рисунок 19 – Модель стального каната

В ПК SolidWorks создавалась геометрическая модель демпфера (рисунок 20), которая состоит из пластины 1, к которой крепится рама агрегата, пластины 2, которая крепится к фундаменту, стального каната 3 и двух обжимных втулок 4, удерживающих концы каната.

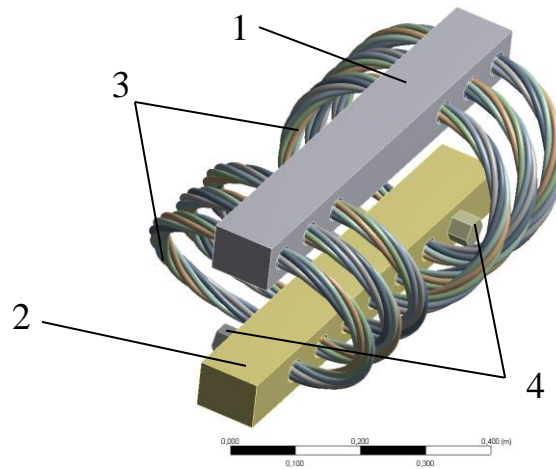


Рисунок 20 – Геометрическая модель канатного демпфера

Расчет демпфера проводился в несколько этапов:

1) Разработка схемы нагружения, представленной на рисунке 21, из которой видно, что на поверхность А верхней пластины, показанной в виде линии, действует давление Р равное весу агрегата, а поверхность Б жестко фиксируется на фундаменте.

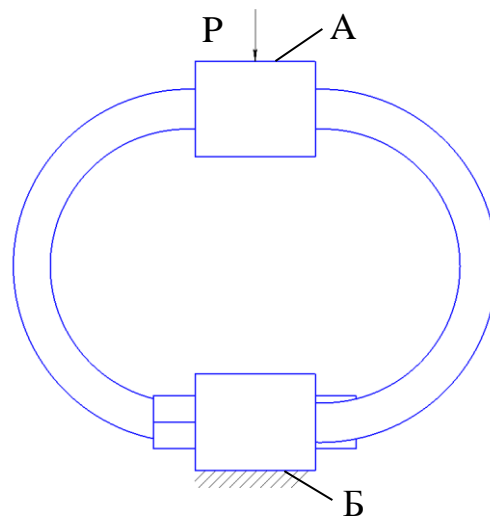


Рисунок 21 – Схема нагружения канатного демпфера

2) Для дальнейшего численного моделирования необходимо обозначить граничные контуры и задать граничные условия.

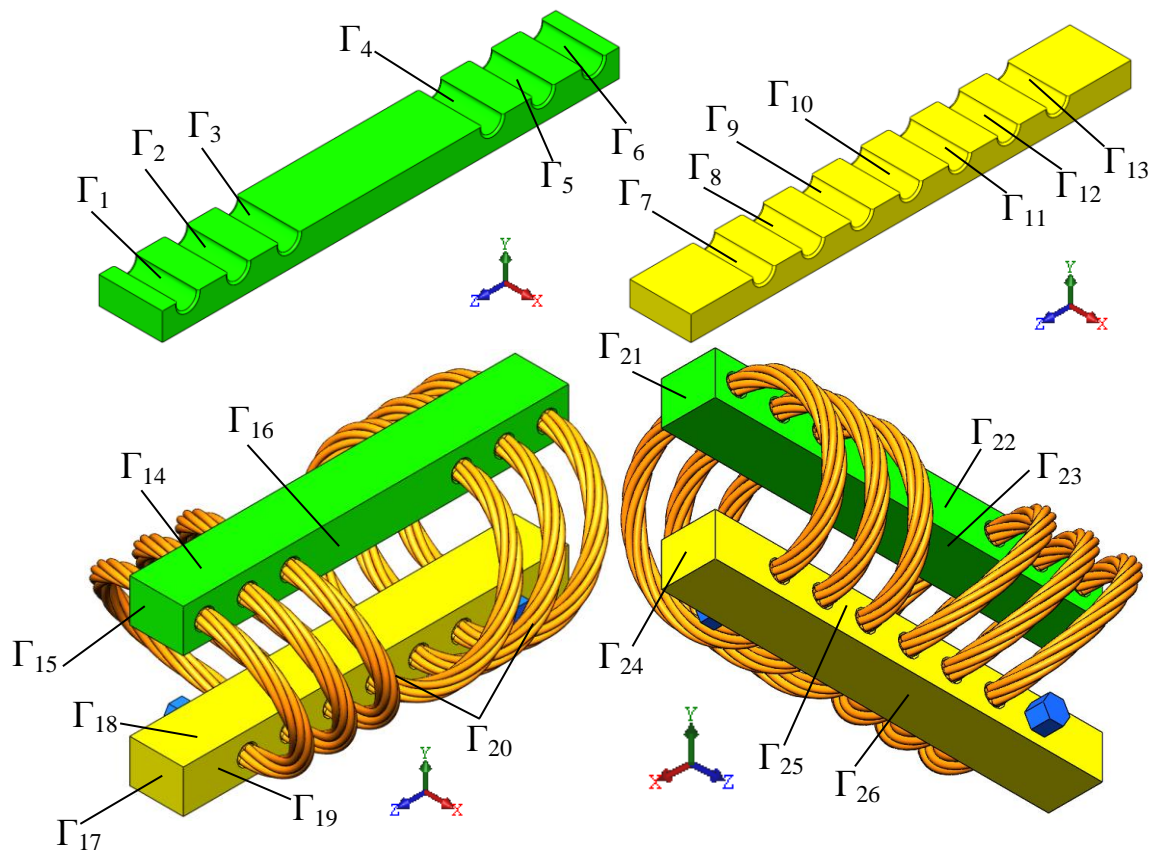


Рисунок 22 – Граничные контуры модели демпфера

На граничных контурах Γ_1 - Γ_{13} , Γ_{15} - Γ_{25} :

$$\sigma_{ij}(x) = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, \quad x \in \Gamma_1 - \Gamma_{13}, \Gamma_{15} - \Gamma_{25},$$

где $x = (x, y, z)$ – координаты точки поверхности или ее некоторой части.

На контуре Γ_{14} :

$$\begin{cases} \sigma_{22}(x) = P, \\ \sigma_{11}(x) = 0, \\ \sigma_{33}(x) = 0, \\ \sigma_{12}(x) = \sigma_{21}(x) = 0, \\ \sigma_{13}(x) = \sigma_{31}(x) = 0, \\ \sigma_{23}(x) = \sigma_{32}(x) = 0, \end{cases} \quad x \in \Gamma_{14}.$$

На контуре Γ_{26} :

$$\begin{cases} \sigma_{ij}(x) = 0, \\ u_i(x) = 0, \end{cases} \quad i, j = 1, 2, 3, \quad x \in \Gamma_{26}.$$

3) Следующим этапом в расчетной модели задавались типы контактов. На контактирующих поверхностях демпфера «виток-обжимная втулка» задавался один тип контакта – жесткая заделка (рисунок 23). Это обусловлено тем, что обжимная втулка напрессовывается на конец каната для его удержания.

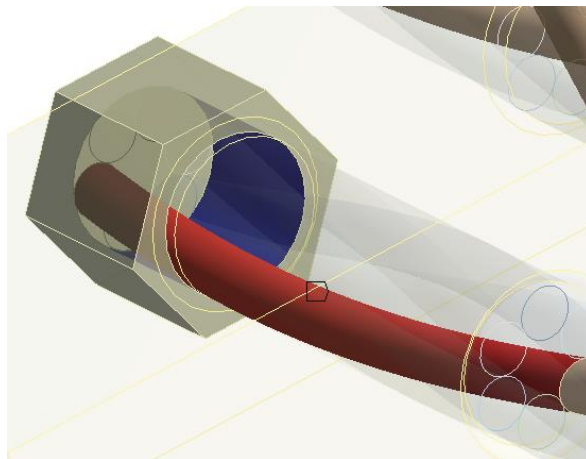


Рисунок 23 – Пример контактной пары «виток-обжимная втулка»

Контакты каната и пластин (рисунок 24), а также контакты прядей каната между собой, задавались жесткой заделкой.

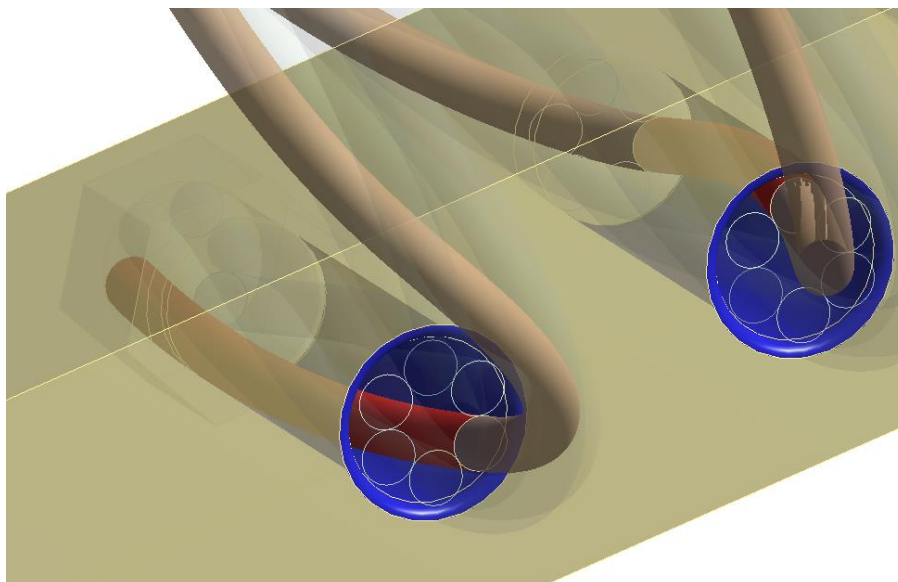


Рисунок 24 – Пример контактной пары «виток-пластина»

4) Далее проводилась дискретизация модели на конечные элементы (рисунок 25). Размер грани конечного элемента для каната назначался равным 5 мм, а для пластин и втулок – равным 10 мм. Размер грани конечного элемента для каната выбирался меньше чем для других частей демпфера, так как важна точность расчета каната, нежели пластин. Тип конечного элемента для пластин и каната является гексаэдр, а для обжимных втулок – тетраэдр.

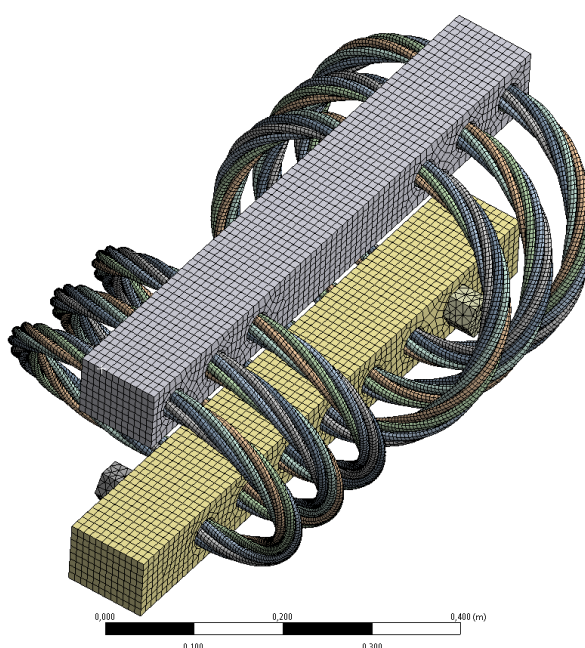


Рисунок 25 – Конечно-элементная модель канатного демпфера

5) На последнем этапе расчета согласно схеме нагружения (пункт 1) и граничным условиям (пункт 2) в ПК МКЭ ANSYS были заданы следующие нагрузки на поверхностях: на поверхность Γ_{14} воздействовало давление от веса агрегата с учетом использования двух демпферов, его величина составила 176 кПа; на поверхность Γ_{26} накладывалось условие жесткой заделки.

Расчет происходил при помощи ANSYS Mechanical со следующими параметрами:

- 1) Расчет проводился при температуре 22°C и изменение температуры не задавалось;
- 2) Не учитывалась физическая нелинейность материалов;
- 3) Задача решалась в упругой постановке, без учета линейной вязкоупругости материалов и влияния длительного нагружения на процесс решения.

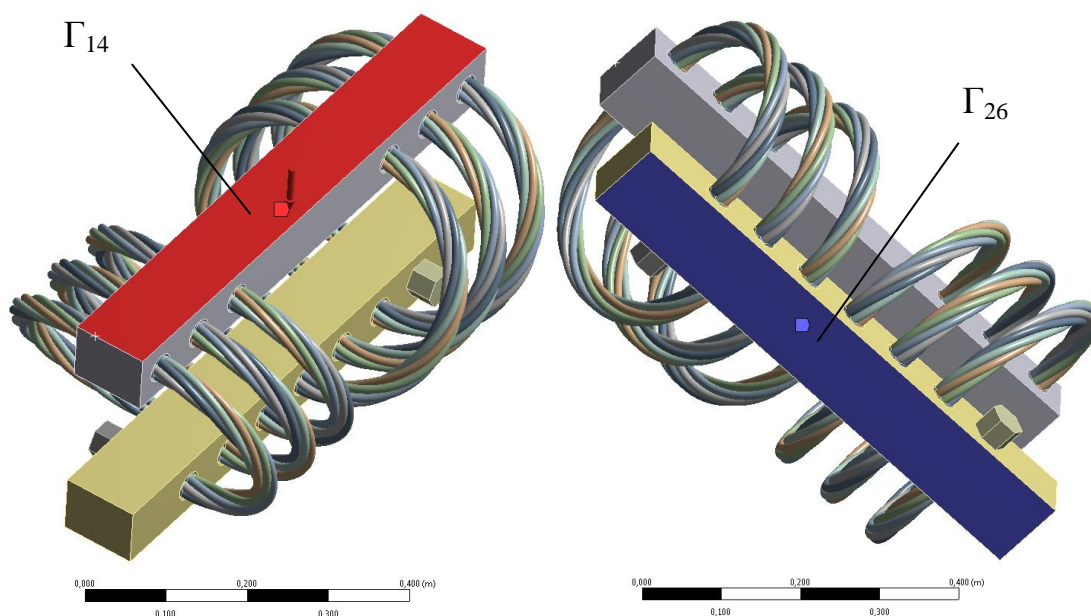


Рисунок 26 – Нагрузки, прикладываемые к модели

Анализ результатов

Для насосного агрегата, рассматриваемого в работе, характерны вибрации, которые являются динамическими нагрузками. Для перехода от динамической постановки задачи к статической постановке существуют известные методы, описанные в [16]. Величина допустимых напряжений для статического анализа будет меньше значения допустимых напряжений для

динамического расчета, следовательно, используя коэффициент $n = 3$ [2], назначим допустимое значение напряжений для статического анализа. Допустимым значением для материала каната в динамике является $\sigma_T = 230$ МПа, с учетом коэффициента величина допустимых напряжений будет составлять $[\sigma] = \sigma_T / n = 76,7$ МПа.

Из картины полей напряжений (рисунок 26) видно, что средняя величина получившихся напряжений составляет $\sigma = 56$ МПа.

Эквивалентные напряжения рассчитывались по критерию Мизеса:

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}.$$

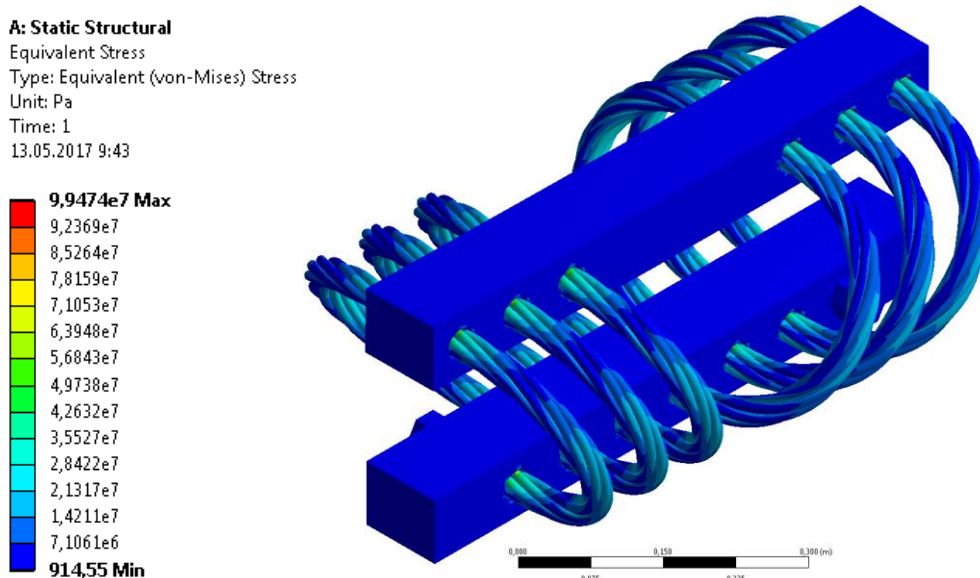


Рисунок 27 – Картина распределения полей эквивалентных напряжений по критерию Мизеса

A: Static Structural

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: Pa

Time: 1

13.05.2017 9:43

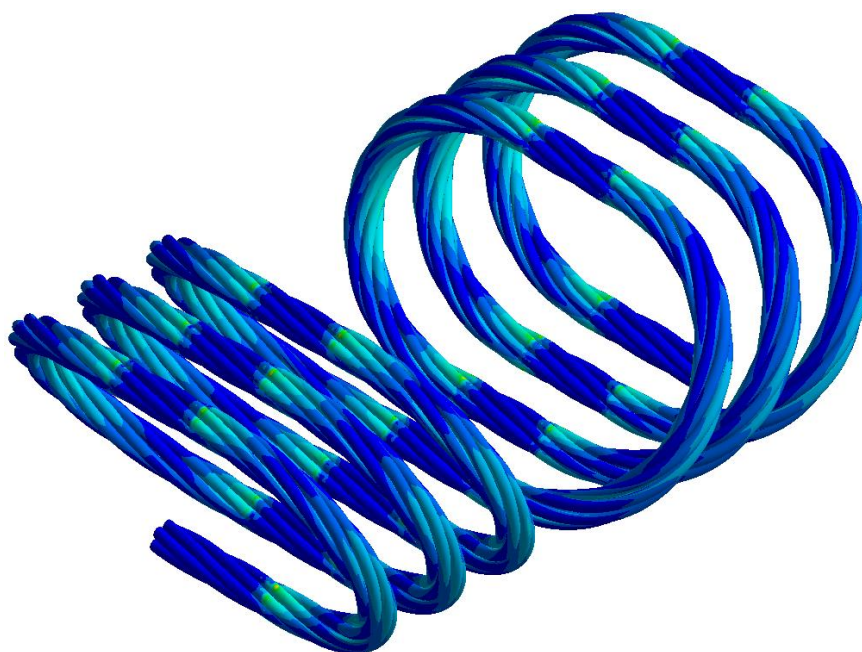
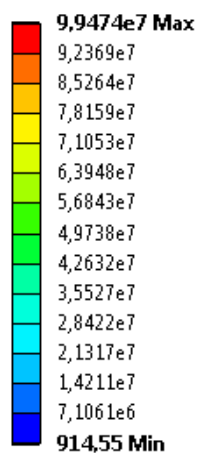


Рисунок 28 – Картина полей напряжений в теле каната

Напряжения, возникающие в теле каната рядом с отверстиями, составляют порядка 44 МПа (рисунок 29).

A: Static Structural

Equivalent Stress

Type: Equivalent (von-Mises) Stress

Unit: Pa

Time: 1

13.05.2017 9:43

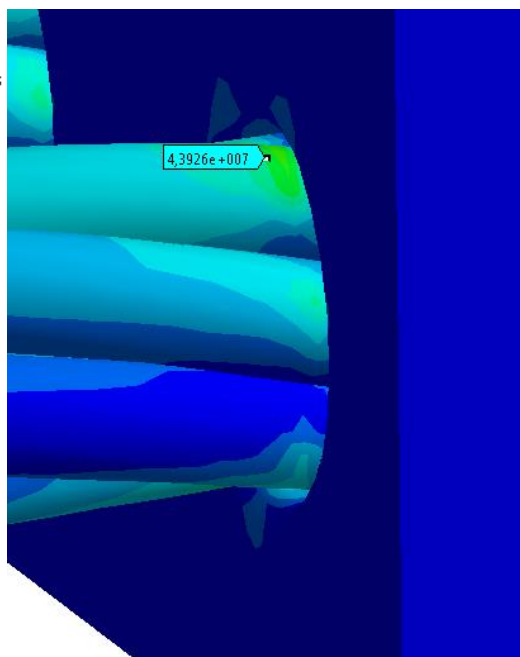
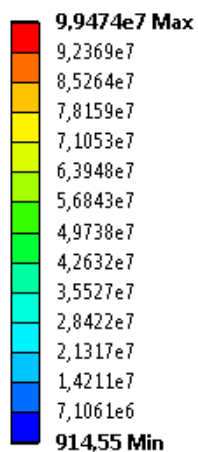


Рисунок 29 – Картина полей напряжения в теле каната вблизи участка

«канат-пластина»

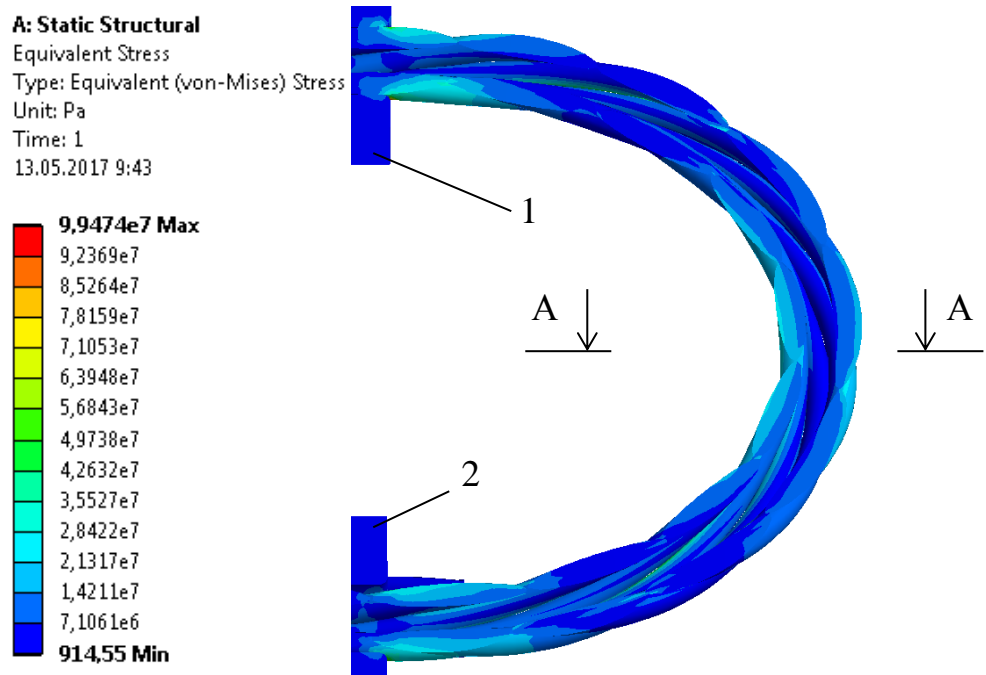


Рисунок 30 – Картина полей напряжений внутри дугообразного участка каната

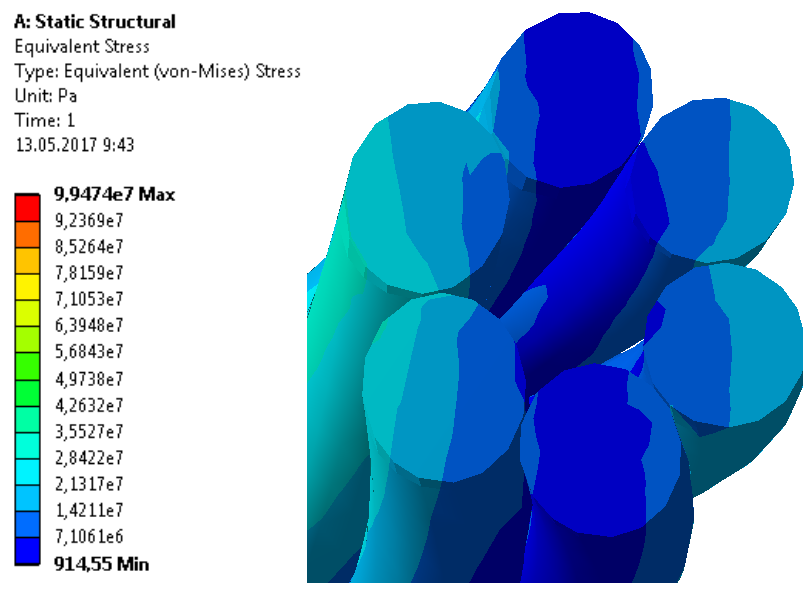


Рисунок 31 – Картина полей напряжений в теле каната в сечении А-А

Величина возникающих в пластине напряжений составляет порядка 22 МПа (рисунок 32).

A: Static Structural

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: Pa
Time: 1
13.05.2017 9:43

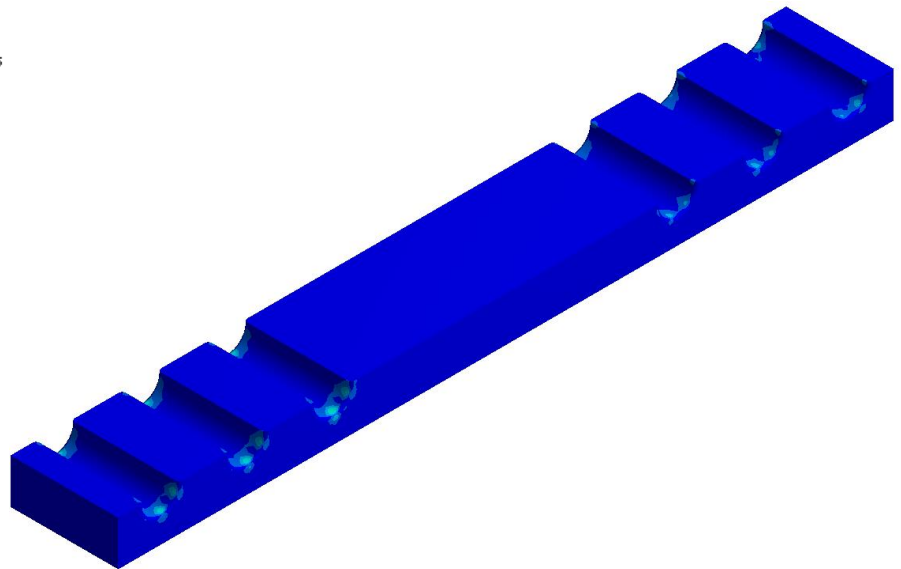
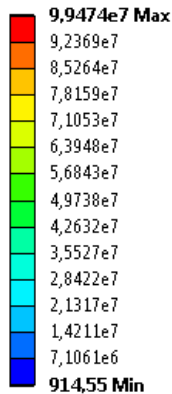


Рисунок 32 – Картина полей напряжений в теле пластины

Величина полученных общих перемещений составляет

$u_{\max} = 0,174$ мм, что видно на рисунке 33.

A: Static Structural

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: m
Time: 1
13.05.2017 10:57

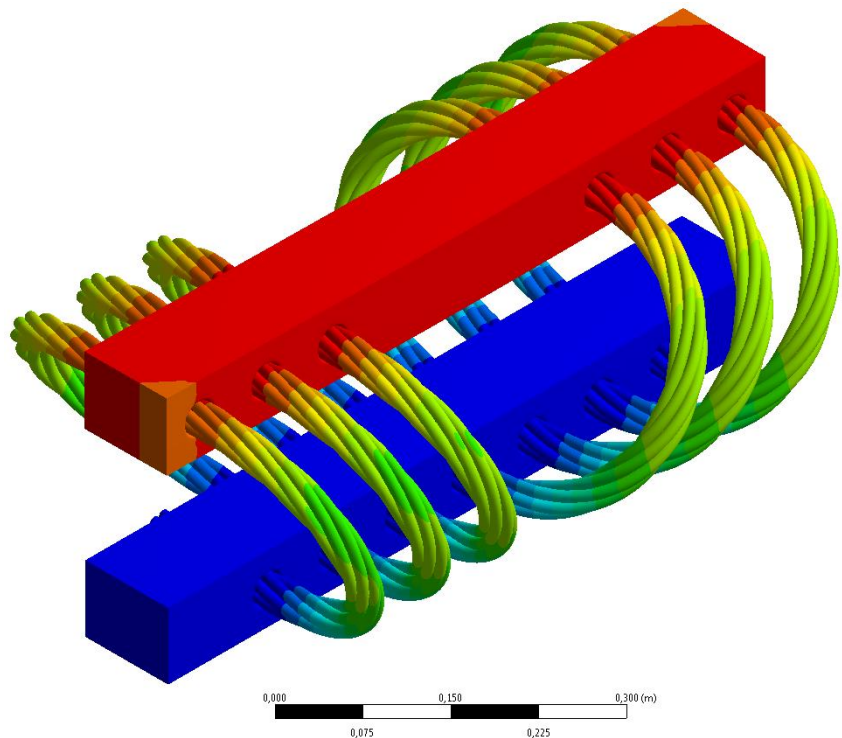
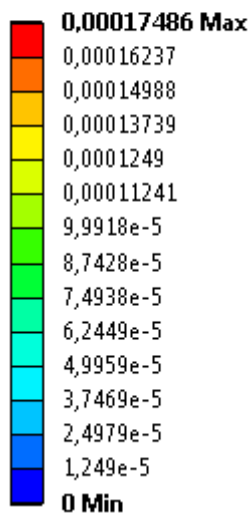


Рисунок 33 – Картина распределения полей общих перемещений

Величина максимального перемещения каната $u_{x,\max}$ составляет порядка 66 мкм (рисунок 34).

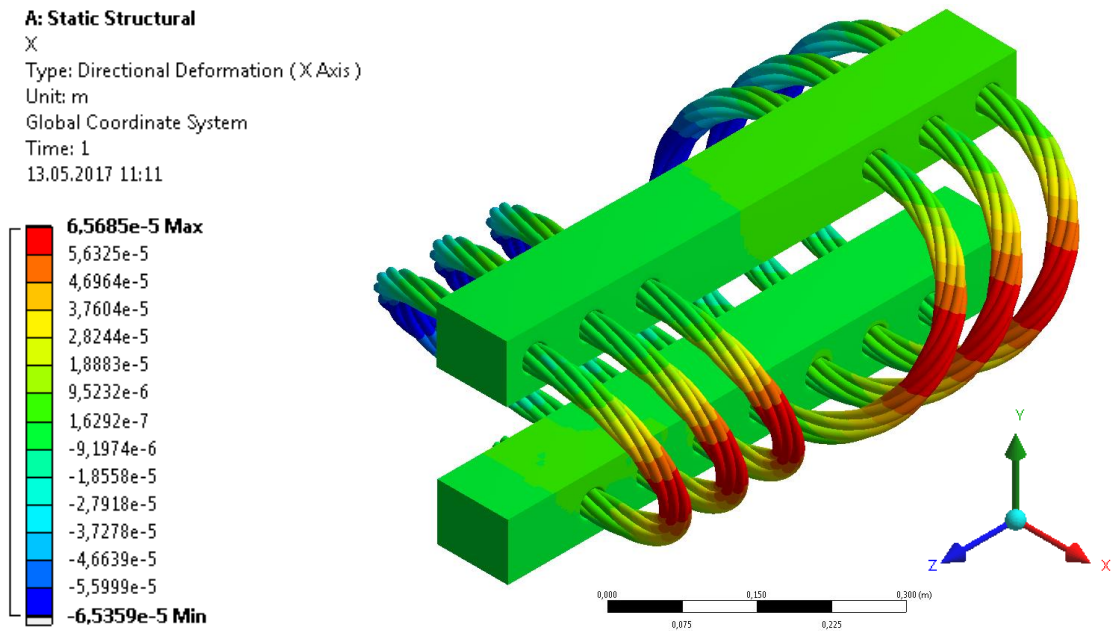


Рисунок 34 – Картина распределения полей перемещений вдоль оси X

Максимальное значение возникающих деформаций составляет $\varepsilon_{\max} = 0,04\%$ (рисунок 31), а среднее для каната $\varepsilon_{cp} = 0,01\%$.

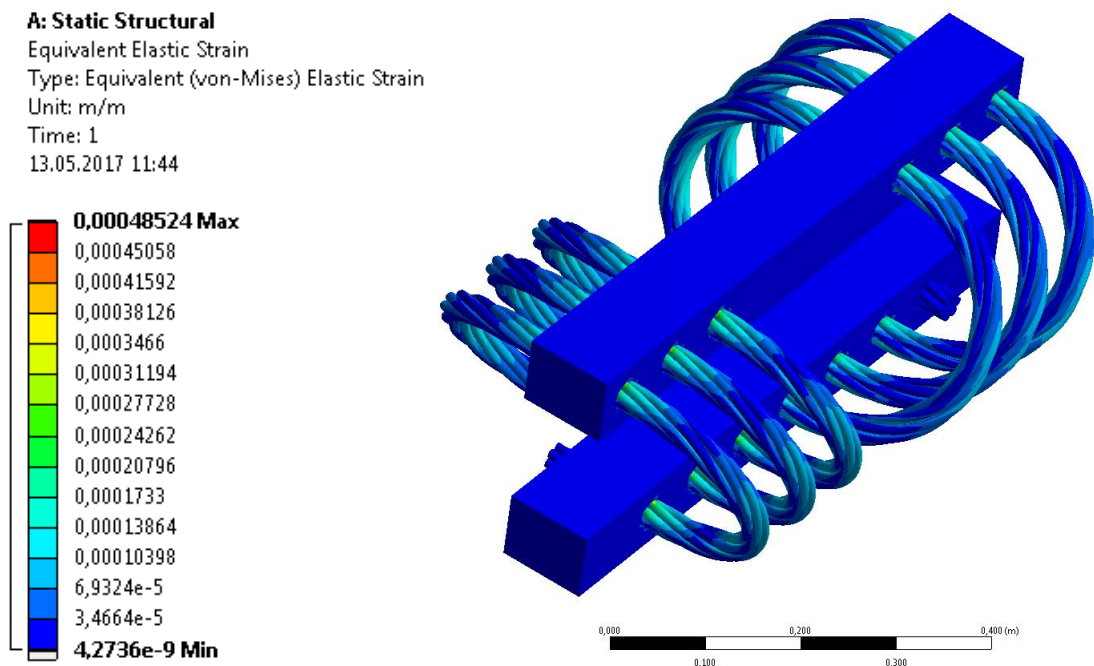


Рисунок 35 – Картина распределения полей общих деформаций

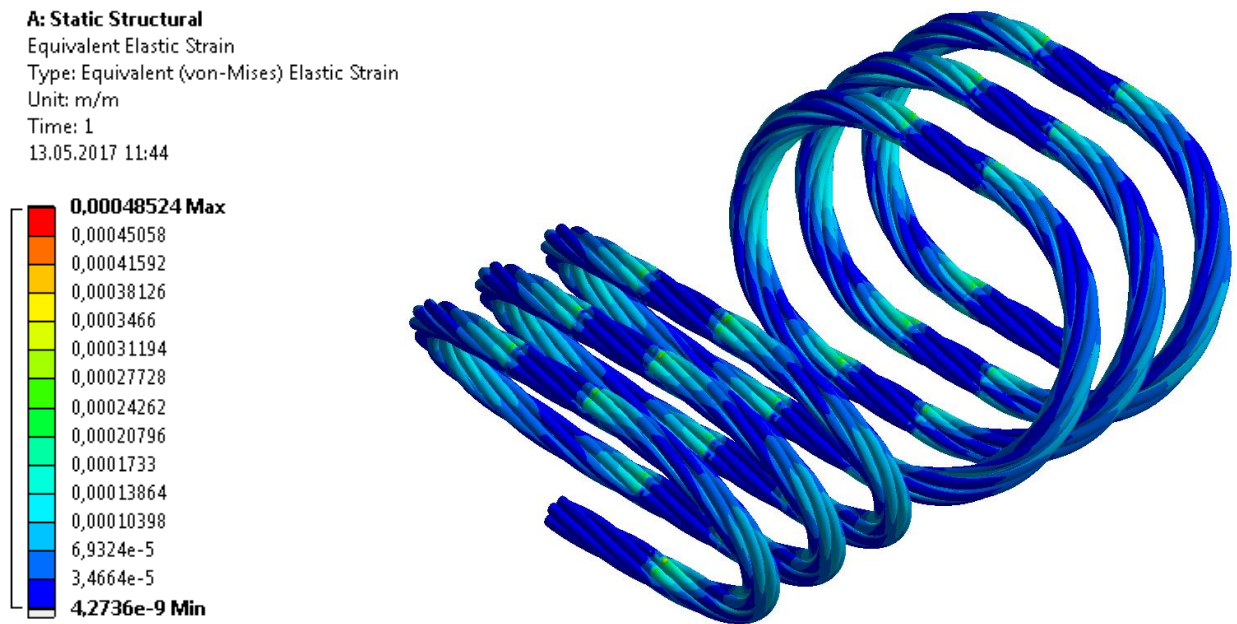


Рисунок 36 – Картина полей деформаций в теле каната

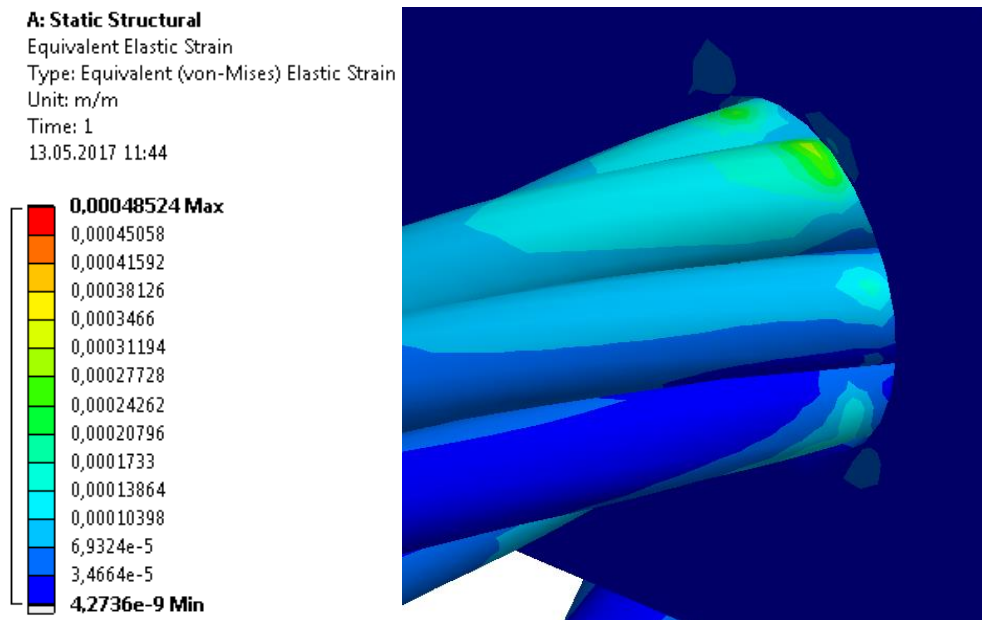


Рисунок 37 – Картина полей деформаций каната по критерию Мизеса вблизи участка «канат-пластина»

Полученные в результате расчета напряжения, возникающие в теле каната, являются допустимыми. Отсюда можно сделать вывод, что конструкция демпфера выдерживает нагрузки, возникающие в процессе работы насосного агрегата. Следовательно, канатные демпферы могут быть использованы в качестве замены существующим пружинным демпферам.

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

Студенту:

Группа	ФИО
4Е31	Вакурову Андрею Александровичу

Институт	ИПР	Кафедра	ТПМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.02. «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих.</i>	<i>На основе средних тарифов в г. Томске.</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов.</i>	<i>Заданы аналитически.</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</i>	<i>Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений, в том числе 27,1% – отчисления во внебюджетные фонды.</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i>	<i>1. Оценка конкурентоспособности разработки. 2. Выполнение SWOT-анализа проекта. 3. Планирование научно-исследовательских работ.</i>
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	<i>Определение и оценка статей бюджета НИИ.</i>
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.</i>	<i>Проведение оценки ресурсосбережения исследования на основе сопоставления стоимостей технологий.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<i>В том числе перечень таблиц: оценка конкурентоспособности технических решений; матрица SWOT; альтернативы проведения НИ; график проведения и бюджет НИ; оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ; сравнительная эффективность разработки.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	6.02.17г.
---	------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Антонова Ирина Сергеевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Вакуров Андрей Александрович		

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Потенциальные потребители результатов исследования

Предлагаемая разработка (канатный демпфер) имеет достаточно высокий коммерческий потенциал и является ресурсосберегающей технологией. Основными функциями являются: гашение вибраций любой частоты и направленности, а также предохранение фундамента от разрушения, что увеличит межремонтный период оборудования, а следовательно и повысит его производительность [17].

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные потребители и сегменты, влияющие на спрос продукта (таблица 2).

Таблица 2. Сегментирование рынка

Метод гашения вибраций		Размер компании		
		Малая	Средняя	Крупная
Канатный демпфер	Канатный демпфер	+	+	+
	Пружинный демпфер	—	+	+

Таким образом, видно, что предлагаемая разработка имеет более полный охват рынка по сравнению пружинными демпферами, что позволит найти покупателей на рынке данных услуг.

Анализ конкурентных технических решений

Практические преимущества разработки заключаются в возможности гашения вибраций любой частоты и характера, а также любой направленности, что позволяет увеличить межремонтный период оборудования, повысив его производительность.

В данном разделе проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, с целью оценки сравнительной эффективности научной разработки, и определения направлений для дальнейшего развития. В оценочной карте (Таблица 3), сведены данные о двух конкурентных решениях и разработках, существующих на рынке: STOP-СНОС, Hutchinson.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	7	8	9
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Гашение вертикальных вибраций	0,075	5	5	5	0,375	0,375	0,375
2. Гашение горизонтальных вибраций	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
3. Гашение асинхронных вибраций	0,005	5	2	4	0,025	0,01	0,02
4. Гашение ударных нагрузок	0,005	5	2	3	0,025	0,01	0,015
5. Надежность	0,03	5	4	5	0,15	0,12	0,15
6. Безопасность	0,0005	5	5	5	0,0025	0,0025	0,0025
7. Простота конструкции	0,0005	5	5	3	0,0025	0,0025	0,0015
8. Простота монтажа	0,035	5	4	3	0,175	0,14	0,105
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,005	4	5	4	0,02	0,025	0,02
3. Цена	0,2	4	5	3	0,8	1	0,6
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
5. Послепродажное обслуживание	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,002	3	5	5	0,006	0,01	0,01
7. Срок выхода на рынок	0,002	3	5	5	0,006	0,01	0,01
8. Наличие сертификации разработки	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Итого	1	-	-	-	3,157	3,155	2,584

где $B\phi$ – баллы предлагаемой разработки (канатный демпфер);

$Bк1$ – баллы первого конкурента (STOP-СНОС);

$Bк2$ – баллы второго конкурента (Hutchinson).

Анализ конкурентных технических решений производился по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i = 3,157, \quad (16)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Коэффициент конкурентоспособности определялся по формуле:

$$КС = \frac{K}{K_{к_{max}}} = \frac{3,157}{3,155} = 1,0006, \quad (17)$$

где $КС$ – коэффициент конкурентоспособности разработки;

$K_{к_{max}}$ – максимальная конкурентоспособность конкурента.

Основываясь на знаниях о конкурентных решениях, можно заключить, что уязвимость позиции конкурентов обусловлена в основном неспособностью эффективно гасить ударные нагрузки, более низкая эффективность при гашении асинхронных вибраций, а также более сложной схемой монтажа и самой конструкции гасителя. Данные уязвимости отсутствуют у разрабатываемого проекта, за счет этого станет возможным занять нишу на рынке виброзащиты, и сотрудничать со средними и крупными нефтеперерабатывающими предприятиями, предлагая им свою разработку в качестве альтернативы или дополнения к применяемым на предприятии гасителям.

Проверка в ПК МКЭ ANSYS подтвердила адекватность и эффективность гашения вибраций канатным демпфером, что и являлось объектом интереса потенциальных партнеров. Дальнейшая работа будет направлена на улучшение конструкции и повышение надежности.

SWOT-анализ

Комплексный анализ научно-исследовательского проекта SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) представлен в таблице 4.

Таблица 4 – SWOT-анализ проекта

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Гашение вибраций любого характера и направленности.	Сл1. Относительно большой срок внедрения на производство
	С2. Выдерживание ударных нагрузок без разрушения	Сл2. Зависимость характеристик демпфера от материала каната
	С3. Высокая надежность	Сл3. Высокие габаритные и массовые характеристики
	С4. Простая конструкция	
	С5. Постепенное снижение массовых и габаритных характеристик путем проведения дополнительных расчетов	
	С6. Расширение спектра применяемых материалов путем подбора по свойствам	
Возможности:	Стратегия «Сильные стороны и Возможности»: внедрение демпфера на российские и зарубежные НПЗ и НПС разной мощности. Низкая цена разработки сделает внедрение сравнительно недорогим для производства процессом.	Стратегия «Слабые стороны и Возможности»: высокий спрос на демпфер позволит постоянно пополнять бюджет, что в свою очередь даст возможность проводить дополнительные расчеты для оптимизации конструкции.
В1. Повсеместное внедрение на малые, средние и крупные НПЗ и НПС		
В2. Увеличение спроса на гаситель, как в России, так и за рубежом, путем активной рекламы и реализации программы импортозамещения		
Угрозы:	Стратегия «Сильные стороны и Угрозы»: поскольку главным отличием разработки от имеющихся на рынке аналогов является способность эффективно	Стратегия «Слабые стороны и Угрозы»: принимая во внимание масштабы проблемы и силу конкурентов, а также недоработки гасителя в плане конструкции, необходимо заранее оговаривать процесс монтажа при
У1. Разработка аналогов гасителя у конкурентов и их совершенствование с точки зрения технических свойств		

У2. Несовместимость с имеющимся на НПЗ оборудованием из-за нехватки места для монтажа без деформации каната	гасить вибрации любого характера, а также ударные нагрузки, необходимо и далее совершенствовать эту модель, не допуская ее утечки на рынок (чертежей и описания материалов).	контактах с потенциальными партнерами, во избежание недопонимания.
У3. Отказ от внедрения в связи с удовлетворением нынешнего потребления продукции/отсутствия значительных проблем.		

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и возможности»

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	+	-	-
	B2	+	0	+	+	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и возможности»

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

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта «Сильные стороны и угрозы»

Сильные стороны проекта							
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	+	+	+	+		
	У2	+	+	+	0		
	У3	+	+	+	+		

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта «Слабые стороны и угрозы»

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

Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 9)

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследований	1	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр,
	3	Обзор современных методов и патентных исследований по данному направлению	Руководитель, бакалавр
Составление и утверждение технического задания	4	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Теоретические исследования	5	Поиск необходимого оборудования для расчета	Руководитель, бакалавр
	6	Проведение расчета	Бакалавр
	7	Сопоставление результатов расчета с допустимыми значениями	Руководитель, бакалавр
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ и оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр
	9	Оценка целесообразности исследования и создания продукта	Руководитель
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка и усовершенствование канатных демпферов	Руководитель, бакалавр
	11	Оценка эффективности производства и применения разработки	Руководитель, бакалавр, консультант по ЭЧ

	12	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (18)$$

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

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i – ой работы, чел. – дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (19)$$

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

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

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

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования.

№	Название работ	Трудоёмкость работ									Исполнители	Т _р , раб. дн.			Т _р , кал. дн.		
		t _{min} , чел-дн.			t _{max} , чел-дн.			t _{ож} , чел-дн.				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
1	Выбор направления исследований	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Б	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	КЭ	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
		0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	КС	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
2	Календарное планирование работ по теме	0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Р	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
		0,5	0,5	0,5	2	2	2	1	1	1	Б	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
3	Обзор современных методов и патентных исследований по данному направлению	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	6	6	6	7	7	7
4	Составление технического задания	1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
		1	1	1	2	2	2	1,4	1,4	1,4	Б	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8
5	Поиск необходимого оборудования для проведения расчета	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	5	5	5
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Р	4,1	4,1	4,1	5	5	5
6	Проведение расчета	5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Р	2,9	2,9	2,9	3,5	3,5	3,5
		15	15	15	20	20	20	17	17	17	Б	8,5	8,5	8,5	10	10	10
7	Сопоставление результатов расчета с допустимыми значениями	5	5	5	10	10	10	7	7	7	Р	3,5	3,5	3,5	4,2	4,2	4,2
		10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	6	6	6	7	7	7
8	Анализ и оценка полученных результатов	15	15	15	20	20	20	17	17	17	Б	8,5	8,5	8,5	10	10	10
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Р	4,1	4,1	4,1	5	5	5

9	Оценка целесообразности и исследования и создания продукта	0,2	0,2	0,2	1	1	1	0,5	0,5	0,5	Р	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
10	Разработка и усовершенствование канатных демпферов	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Б	6	6	6	7	7	7
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Р	4,1	4,1	4,1	5	5	5
11	Оценка эффективности производства и применения разработки	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	КЭ	0,6	0,6	0,6	1	1	1
		7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	2,7	2,7	2,7	3	3	3
		5	5	5	7	7	7	5,8	5,8	5,8	Р	2	2	2	2	2	2
12	Разработка социальной ответственности по теме	7	7	7	10	10	10	8,2	8,2	8,2	Б	4,1	4,1	4,1	5	5	5
		3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	КС	1,9	1,9	1,9	3	3	3
13	Составление пояснительной записки	20	20	20	30	30	30	24	24	24	Б	24	24	24	27	27	27

Разработка графика проведения научного исследования

Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады.

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИОКР

Вид работы	Исполнители	$T_{кi}$, дней	Продолжительность выполнения работ														
			февраль		март			апрель			май						
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	0,1	■														
Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр	0,6	■														
Обзор современных методов и патентных исследований по данному направлению	Руководитель, бакалавр	7		■													
Составление технического задания	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ, СО	0,8		■													
Поиск необходимого оборудования для проведения расчета	Руководитель, бакалавр	5		■													
Проведение расчета	Руководитель, бакалавр	10		■	■												
Сопоставление результатов расчета с допустимыми значениями	Руководитель, бакалавр	7			■	■											
Анализ и оценка полученных результатов	Руководитель, бакалавр	10				■	■										
Оценка целесообразности исследования и создания продукта	Руководитель	0,5						■									
Разработка и усовершенствование канатных демпферов	Руководитель, бакалавр	10						■	■								
Оценка эффективности производства и применения разработки	Руководитель, бакалавр, консультант ЭЧ	3								■	■						

Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СЧ	5																		
Составление пояснительной записки	Бакалавр	27																		
Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ				Консультант СО														

Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

Затраты на специальное оборудование для научных работ, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, а также расчет стоимости электроэнергии отображены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на спецоборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб./час	Мощность электроприбора, кВт·ч	Затраты на электроэнергию, тыс. руб
1	Компьютер для проведения расчетов	2	Аренда, 25	0,75	1,628
Итого, тыс. рублей		14,078			

Расчет стоимости электроэнергии:

$$E = C \cdot N \cdot H \cdot D = 4,36 \cdot 0,75 \cdot 6 \cdot 83 = 1628,5 \text{ руб}$$

где: E – общее потребление электроприбором энергии на весь срок научного исследования;

N – мощность электроприбора, кВт·ч;

C – стоимость электроэнергии для юридических лиц по Томской области (4,36 руб/кВт·ч);

H – норма рабочих часов в день (6 часов в день);

D – общий срок научного исследования (83 дня).

Расчет стоимости аренды оборудования:

$$A = A_1 \cdot H \cdot D = 6 \cdot 83 \cdot 25 = 12450 \text{ руб}$$

где: A – общая стоимость аренды оборудования на весь срок научного исследования;

A_1 – стоимость одного часа аренды оборудования.

Основная заработная плата исполнителей

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (20)$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата;

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (21)$$

$Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (22)$$

Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно – технического персонала, раб. дн.

В таблице 13 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ.

Таблица 13 – Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель проекта	Исполнитель
Календарное число дней	140	140
Количество нерабочих дней		
выходные дни:	16	16
праздничные дни:	6	6
Потери рабочего времени		
отпуск:	0	0
невыходы по болезни:	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (23)$$

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

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

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

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы.

Категория	$Z_{тс}$, руб.	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель проекта							
	17000	0,35	1,3	36465	1777,93	31	55115,83
Исполнитель							
	17000	0,35	1,3	36465	1777,93	83	147568,19

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 15.

Таблица 15 – Общая заработная плата исполнителей.

Исполнитель	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$, руб.	$Z_{зн}$, руб.
Руководитель проекта	55115,83	11023,17	66139
Исполнитель	147568,19	29513,64	177081,83

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного фонда социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и федерального фонда обязательного медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (24)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 27,1 %.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	55115,83	11023,17
Бакалавр	147568,19	29513,64
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	65912,84	

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты на приобретение и эксплуатацию спецоборудования для научных работ	14078	Таблица 12
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей	202684,02	Таблица 14
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	40536,81	Таблица 15
4. Отчисления во внебюджетные фонды	65912,84	Таблица 16
5. Бюджет затрат НТИ	323211,67	Сумма ст. 1- 5

Как видно из таблицы 17, наибольшая статья бюджета НТИ — затраты на заработную плату исполнителей.

Таблица 18. Прочие расходы

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ручка	Шт.	4	40	192
Бумага	Шт.	150	3	540
Карандаш	Шт.	2	20	48
Бизнес-план	Шт.	1	25000	30000
Итого:				30780

При моделировании демпфера использовался стальной канат диаметром 33,5 мм ГОСТ 2688-80.

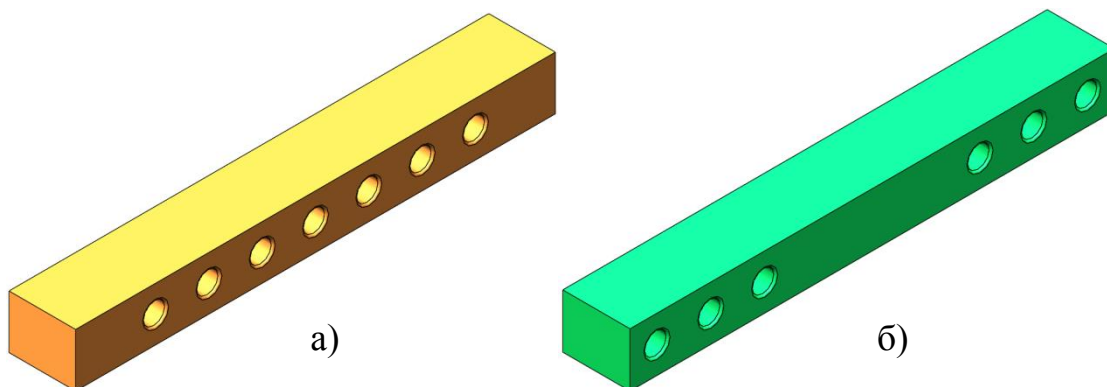


Рисунок 38 – Общий вид модели каната

Длина каната составляет 7 м. Цена одного погонного метра каната составляет 426 рублей. Тогда цена каната будет составлять:

$$C_k = 426 \cdot 7 \approx 3000 \text{ руб.}$$

Пластины, используемые в демпфере, сделаны из стали 40Х. Так как они имеют одинаковые размеры, то цена заготовок для них будет одинаковая.



а) пластина, крепящаяся на фундаменте

б) пластина, прикрепляемая к раме

Рисунок 39 – Общий вид пластин

Вес одной пластины составляет 41 кг. Цена одной тонны такой стали составляет 51 750 рублей. В этом случае цена металла для пластин будет:

$$C_{\text{заг.пл.}} = \frac{51750}{1000} \cdot 41 \cdot 2 \approx 4260 \text{ руб.}$$

В пластине, присоединяемой к раме, сделано 6 отверстий, а в пластине, закрепляемой на фундаменте, 7 отверстий. Цена одной операции сверления отверстия диаметром 33,5 мм насквозь пластины толщиной 100 мм составляет 360 рублей. Следовательно, цена всех операций составит:

$$C_{\text{св}} = 360 \cdot 13 = 4680 \text{ руб.}$$

Тогда общая стоимость изготовления пластин составит:

$$C_{\text{пл}} = C_{\text{заг.пл.}} + C_{\text{св}} = 4260 + 4680 \approx 8940 \text{ руб.}$$

В конструкции демпфера используются две обжимные втулки для закрепления концов каната.

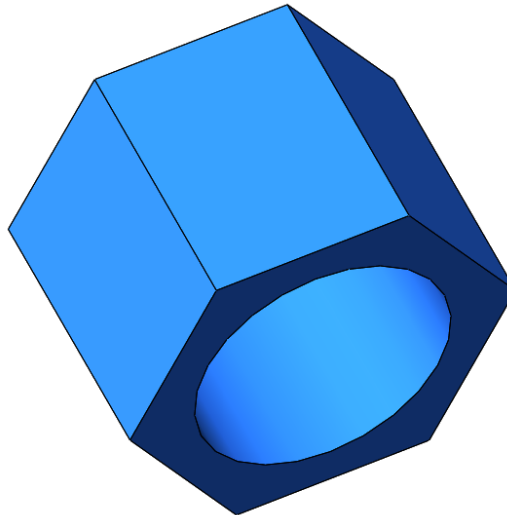


Рисунок 40 – Общий вид обжимной втулки

Стоимость одной обжимной втулки составляет 130 рублей. Отсюда получаем цену втулок:

$$C_{\text{вт}} = 130 \cdot 2 = 260 \text{ руб.}$$

Имея стоимость всех элементов демпфера, рассчитаем его общую стоимость:

$$C_o = C_k + C_{\text{пл}} + C_{\text{вт}} = 3000 + 8940 + 260 = 12200 \text{ руб.}$$

Так как для виброизоляции оборудования используется два демпфера, то полная стоимость будет 24 400 рублей.

В качестве гасителя сейчас на оборудовании применяются виброизоляторы V1134-45 в количестве четырех штук. Стоимость одного такого изолятора составляет 7 000 рублей. Вся стоимость виброизоляторов:

$$C_{из} = 4 \cdot 7000 = 28000 \text{ руб.}$$

Так как замена демпферов требует полной остановки оборудования на 2 дня, то замена их в середине срока эксплуатации нерентабельна. Из-за этого предлагается заменять гасители в период ремонта оборудования. В этом случае стоимость монтажа канатного демпфера не учитывается, так как она уже включена в стоимость ремонта.

В насосном зале НПС устанавливается 10 магистральных насосных агрегатов. Стоимость виброизоляции с помощью пружинных демпферов:

$$C_{HM} = C_{из} \cdot 10 = 28000 \cdot 10 = 280000 \text{ руб.}$$

а стоимость виброизоляции с помощью канатных гасителей:

$$C_{HM}^* = 2C_o \cdot 10 = 2 \cdot 12200 \cdot 10 = 244000 \text{ руб.}$$

Отсюда получаем экономию при использовании канатных демпферов:

$$\Delta C = C_{HM} - C_{HM}^* = 36000 \text{ руб.}$$

КПД канатного демпфера при гашении вибраций выше КПД пружинного демпфера на 7%. Соответственно износ оборудования, устанавливаемого на канатные демпферы, будет меньше, а, следовательно, увеличится межремонтный период на 5%. Согласно графику планового ремонта остановка и ремонт агрегатов происходят каждые 3000 часов. При использовании канатных демпферов это число увеличится до 3150 часов. Рассчитаем выручку от продажи нефти марки Brent, которую перекачает насос за 150 часов. Подача насоса составляет 485 м³/час. Стоимость 1 барреля нефти марки Brent составляет 3240 руб.

$$B = \frac{485 \cdot 150 \cdot 3240}{0,159} \approx 148245283 \text{ руб.}$$

Отсюда можно сделать вывод, что разрабатываемые демпферы не только эффективнее гасят вибрации, но и позволяют предприятию

сэкономить на виброзащите, а также повысить доход предприятия за счет увеличения межремонтного периода насосных агрегатов.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 4Е31	ФИО Вакурову Андрею Александровичу
----------------	---------------------------------------

Институт Уровень образования	ИПР Бакалавриат	Кафедра Направление/профиль	ТПМ 15.03.02. «Технологические машины и оборудование» / «Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»
---------------------------------	--------------------	--------------------------------	---

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу); - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера). 	<p>Рабочее место – нефтеперекачивающая станция. Оборудование: центробежный насос. Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума на рабочем месте; - повышенный уровень вибрации; - повышенная загазованность воздуха рабочей среды. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - опасность поражения электрическим током; - пожароопасность; - наличие вращающихся механизмов. <p>Воздействие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> - загрязнение атмосферы; - загрязнение гидросферы; - загрязнение литосферы. <p>Возникновение чрезвычайных ситуаций:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - разрушение демпфера и выход из строя агрегата.
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме.</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Общие требования</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 	<p>Физико – химическая природа вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - повышенный уровень шума; - повышенный уровень вибрации. <p>Действие факторов на организм человека:</p> <ul style="list-style-type: none"> - раздражение и утомление человека; - влияние на нервную систему; - ухудшение слуха; - головные боли; - нарушение работы сердечно – сосудистой системы. <p>Средства коллективной защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - шумоизоляция; - активные средства виброзащиты;
---	---

	<ul style="list-style-type: none"> - звукоизолирующие кожухи. Средства индивидуальной защиты: - противошумные наушники; - противошумные вкладыши; - специальные костюмы, перчатки.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Источник механических опасностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> -вращающиеся элементы насосного агрегата. <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защитные кожухи, экраны. <p>Причины пожаровзрывоопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - утечка нефти; - загазованность помещения. <p>Средства защиты:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проверка оборудования, своевременное обслуживание и ремонт; - использование системы контроля загазованности помещения; - уменьшение концентрации взрыво – пожароопасных газов. <p>Профилактические мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обучение персонала пожарной ТБ; - обеспечение контроля за оборудованием. <p>Первичные средства пожаротушения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - огнетушитель; - песок.
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны; - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Защита селитебной зоны: учёт санитарно – защитной зоны при строительстве нефтеперекачивающих станций.</p> <p>Воздействие на атмосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - испарение паров нефти при утечке и хранении в резервуарных парках. <p>Воздействие на гидросферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - возможный разлив нефти. <p>Воздействие на литосферу:</p> <ul style="list-style-type: none"> - бытовые отходы при техническом обслуживании и ремонте нефтеперекачивающих агрегатов. <p>Решения по обеспечению экологической безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - все работники должны быть обучены безопасности труда в соответствии с ГОСТ 12.0.004-90; - применение индивидуальных средств защиты по типовым отраслевым нормам при работе с нефтепродуктами.
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС на объекте; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Возможные ЧС на объекте:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аварийная остановка при превышении уровня вибрации; - разрушение демпфера и выход из строя агрегата; - возгорание паров нефти вследствие разрушения трубопровода; - нарушение рабочего режима маслосистемы; - повышенные утечки нефти через уплотнения; - усиление амплитуды вибраций из-за возникновения резонанса и разрушение патрубков. <p>Превентивные меры по предупреждению ЧС: проведение моделирования процессов в</p>

	<p>программном комплексе, после получения удовлетворительных результатов переходить к эмпирическим испытаниям. Для повышения устойчивости объекта к возможной ЧС необходимо перед изготовлением демпфера провести исследования, смоделировать процесс воздействия вибраций на демпфер, с целью получения информации о надёжности конструкции.</p> <p>В случае возникновения ЧС необходимо действовать согласно инструкции, предписанной данному предприятию на случай возникновения ЧС.</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 08-624-03 «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности».</p> <p>Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.</p> <p>К выполнению работ допускаются руководители, специалисты и рабочие, обученные и сдавшие экзамены на знание правил безопасности и техники безопасности, умеющие пользоваться средствами индивидуальной защиты и знающие способы оказания первой (доврачебной) помощи.</p> <p>Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ); 2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ); 3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).
<p>Перечень графического материала:</p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров).</p>	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	6.02.17г.
--	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Невский Е.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е31	Вакуров Андрей Александрович		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной дипломной работе рассматриваются методы защиты от вибраций насосных агрегатов, и проектируется канатный демпфер, который рассматривается как аналог к используемым в настоящее время гасителям.

Проектируемый демпфер устанавливается на насосных агрегатах нефтеперекачивающих станций, которые представляют собой крытые здания с расположенными внутри магистральными насосными агрегатами.

В процессе транспортировки нефти по магистральным трубопроводам ключевую роль играют магистральные насосные агрегаты, входящие в состав нефтеперекачивающей станции. Насосные агрегаты расположены в насосном зале, где существует вероятность возникновения вредных и опасных факторов, негативного воздействия на окружающую среду и возникновения ЧС.

Описание рабочего места на предмет возникновения опасных и вредных факторов, вредного воздействия на окружающую среду

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные факторы производства» можно выделить следующие вредные факторы производственной среды на нефтеперекачивающей станции при работе с насосным агрегатом:

- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная загазованность воздуха рабочей среды.

Источниками шума и вибрации являются электродвигатель и магистральные насосы, входящие в насосный агрегат. Вибрация возникает из-за динамического неуравновешивания вращающихся деталей, пульсаций давлений, кавитации при работе насосов.

Повышенная загазованность воздуха рабочей среды возникает из-за того, что смеси и газы скапливаются в газоопасных местах нефтеперекачивающей станции, одним из которых является насосный зал.

Источниками выделения вредных газов являются нарушение герметичности соединительных разъёмов оборудования, нарушение герметичности вследствие нарушений правил эксплуатации, выход из строя уплотнений.

К опасному фактору относятся:

- пожароопасность и взрывоопасность;

Нефть, дизельное топливо, бензин являются диэлектриками. Поэтому, при движении нефти и нефтепродуктов по трубопроводам во время сливо-наливочных операций, может накапливаться заряд статического электричества. Величина заряда может достигать 80 кВ. Поэтому между изолированными металлическими сооружениями и заземленными предметами возможны искровые разряды. Статический заряд, накапливающийся на человеке, достаточен для воспламенения практически всех паровоздушных смесей при разряде.

Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

Повышение уровня шума и вибрации на рабочих местах неблагоприятно сказывается на организме человека и результатах его деятельности. При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в двигательных центрах, что вызывает определенные нарушения координации движений.

Интенсивный шум вызывает функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, вызывает нарушение сна, раздражение, агрессивность, утомление, нарушаются нормальные функции желудка и приводит к необратимой потере слуха. Особенно неблагоприятное влияние шум оказывает на нервную и сердечно-сосудистую системы. Весь комплекс ощущений, вызываемых шумом, рассматривается как «шумовая болезнь».

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового

аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на 1-2 дБ приводит к снижению производительности труда на 1%.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» допустимый уровень шума на рабочем месте нефтеперекачивающего агрегата составляет 80 дБ. Однако при работе насосного агрегата уровень шума может достигать 100 дБ.

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Согласно ГОСТ 12.1.029-80 «Средства и методы защиты от шума. Классификация» внутреннюю часть стен блока, где находится агрегат, можно покрыть шумоизоляцией. Применение звукоизолирующего кожуха на агрегате.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.029-80 персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Вибрация вызывает в организме человека реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов. Вредное действие выражается в виде повышенного утомления, головной боли, боли в суставах, повышенной раздражительности, некоторого нарушения координации движений. В отдельных случаях длительное воздействие интенсивной вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, вызывающей тяжелые, часто необратимые изменения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, а также в опорно-двигательном аппарате.

Воздействие вибрации на организм человека может привести к ряду функциональных расстройств различных органов. Вредное действие

проявляется в виде головной боли, повышенной раздражительности, повышенное утомление, некоторое нарушение координации движений. В частных случаях чрезмерное длительное воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая проявляется в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, в поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

Установка канатных демпферов на насосные агрегаты уменьшает возникающие вибрации и уровень шума в насосном зале, что положительно сказывается не только на оборудовании, но и на обслуживающем персонале. Уменьшается воздействие шума и вибраций на организм людей. Однако этого снижения недостаточно для полного отказа от средств индивидуальной защиты.

Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

Одним из наиболее опасных объектов нефтеперекачивающей станции, в котором сконцентрировано большинство потенциальных опасностей и вредных факторов, является насосный зал магистральных насосных агрегатов. В помещении возможно скопление взрывоопасных и токсичных смесей, паров нефти, легких углеводородов, метана, сероводорода и других газов.

Согласно ГОСТ 12.1.005-88.ССБТ по степени воздействия на организм человека воздушные смеси и газы относятся к третьему (сероводород в смеси с углеводородами C_1-C_5 ПДК 3 мг/м^3 , окислы азота ПДК 5 мг/м^3 , сероводород ПДК 10 мг/м^3) и четвертому классу (оксид углерода ПДК 20 мг/м^3 , нитросоединения метана ПДК 30 мг/м^3 , бензин ПДК 100 мг/м^3).

Вышеперечисленные вещества оказывают отравляющее действие на организм человека и относятся к ядам. Так, воздушные смеси, состоящие из метана и высших углеводородов, относятся к нервным ядам и воздействуют

на центральную нервную систему. Бензин, углеводородные газы, сероводород и другие относятся к ядам наркотического действия. Кроме того, сероводород и углеводородные газы относятся и к ядам раздражающего действия. Сероводород воздействует на верхние дыхательные пути, а углеводороды – на легочную ткань. Попадая на кожу человека, они обезжиривают и сушат ее, вызывая различные кожные заболевания (экзема, дерматиты). Первыми признаками отравления газами являются недомогание, головокружение, повышение температуры тела.

К числу мероприятий по снижению взрывоопасности и пожароопасности можно отнести:

- проведение проверки оборудования, своевременное обслуживание и ремонт;
- использование системы контроля загазованности помещения;
- уменьшение концентрации взрыво–пожароопасных газов.

В случае увеличения концентрации взрывоопасных газов автоматически включается приточно-вытяжная вентиляция насосного зала.

На случай возникновения пожара насосный зал оборудован пенной (водной) автоматической системой пожаротушения. Кроме того, насосный зал оснащен первичными средствами пожаротушения – огнетушители, ящики с песком, лопаты, вёдра.

Охрана окружающей среды

Защита селитебной зоны

При строительстве нефтеперекачивающих станций учитываются нормы санитарно–защитной зоны согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Рекомендуемое минимальное расстояние санитарно–защитной зоны для нефтеперекачивающих станций составляет 200 м.

Воздействие на атмосферу

Нефтеперекачивающая станция является источником загрязнения атмосферы. Основными источниками выделения вредных веществ являются

неплотности фланцевых соединений, через которые возможна утечка углеводородов, клапаны ёмкостей. За счет установки на насосных агрегатах канатных демпферов уменьшаются вибрации оборудования, что приводит к уменьшению фланцевых неплотностей, а, следовательно, уменьшается загрязнение атмосферы вредными веществами.

Воздействие на гидросферу и литосферу

Источниками загрязнения почвы нефтью на нефтеперекачивающих станциях магистральных нефтепроводов являются неплотности запорной арматуры, фланцевых и муфтовых соединений, сварных стыков; утечки вследствие коррозионных повреждений резервуаров; продукты зачистки резервуаров.

Замена отработавших материалов и узлов приводит к образованию твердых отходов производства (металлолом, фторопласт и прочий бытовой мусор). Для утилизации бытовых отходов применяются полигоны твердых бытовых отходов.

Применение канатных демпферов приводит к увеличению межремонтного периода оборудования, что в свою очередь повышает его рабочее время до списания, следовательно, замена отработавших узлов будет происходить реже, и загрязнение гидро- и литосфер будет меньше.

Защита в чрезвычайных ситуациях

Перечень возможных ЧС на объекте

- аварийная остановка при превышении уровня вибрации;
- разрушение демпфера и выход из строя агрегата;
- возгорание паров нефти вследствие разрушения трубопровода;
- нарушение рабочего режима маслосистемы;
- повышенные утечки нефти через уплотнения;
- усиление амплитуды вибраций из-за возникновения резонанса и разрушение патрубков.

Наиболее типичной ЧС является аварийная остановка при превышении уровня вибрации.

Описание превентивных мер по предупреждению ЧС

Основными причинами преждевременного выхода из строя магистральных насосных агрегатов являются повышенные динамические (вибрационные) перегрузки, воздействующие на роторную систему.

Особенно большие напряжения возникают в момент включения и отключения насосов, переходных режимах и режимах недогрузки агрегатов. Эти напряжения вызывают деформацию корпуса насоса и анкерных болтов, приводят к расцентровке агрегатов, что в свою очередь, является причиной повышенной вибрации агрегатов, преждевременного выхода из строя подшипниковых узлов, элементов торцевых уплотнений валов и входных уплотнений рабочих колёс.

Для снижения влияния вибрации возможно применение виброизолирующей компенсирующей системы. Также применяются упругие компенсирующие муфты в соединении валов электродвигателя и насоса, которая обеспечивает снижение вибрации роторов насоса и двигателя, компенсирует несоосность валов агрегата.

Описание мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС

Для повышения устойчивости объекта к возможной ЧС необходимо перед установкой демпфера проверить его на качественную запрессовку концов каната во втулки. Также следует проверить канат на наличие зарубок, которые являются концентраторами напряжений, и наличие порванных проволок каната.

Во время эксплуатации допускается разрыв 15% проволок каната. В процессе гашения вибраций возможно истирание отверстий, допускается истирание на 5% от толщины пластины. При превышении допустимых значений следует остановить агрегат и заменить оба демпфера, даже если второй демпфер визуально неповрежденный.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правила безопасного ведения работ регламентируются ПБ 12-368-00 "Правила безопасности в газовом хозяйстве", который разработан в соответствии с "Положением о Федеральном горном и промышленном надзоре России" и учитывают требования Федерального закона "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.97 N 116-ФЗ, а также других действующих нормативных документов.

Допуск к работе имеют лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование в установленном порядке и не имеющие противопоказаний к выполнению данного вида работ, обученные безопасным методам и приемам работы, применению средств индивидуальной защиты, правилам и приемам оказания первой медицинской помощи пострадавшим и прошедшие проверку знаний в установленном порядке.

Основным органом государственного надзора и контроля за состоянием охраны труда является Федеральная служба по труду и занятости. В ее структуру входят Управление надзора и контроля за соблюдением законодательства о труде, территориальные органы по государственному надзору и контролю за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, государственные инспекции труда субъектов Российской Федерации.

Действующая с 1 января 2014 г. редакция ТК РФ определяет, что работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, положены следующие гарантии и компенсации:

1) сокращенная продолжительность рабочего времени с возможностью выплаты денежной компенсации за работу в пределах общеустановленной 40-часовой рабочей недели (ст. 92 ТК РФ);

2) ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск работникам с возможностью выплаты компенсации за часть такого отпуска, превышающую минимальную продолжительность (ст. 117 ТК РФ);

3) повышенная оплата труда работников (ст. 147 ТК РФ).

Заключение

В ходе выполнения бакалаврской работы рассматривались существующие нефтеперекачивающие станции, оборудование, устанавливаемое в насосных залах. Причины возникновения в них вибраций, методы измерения вибраций, а также способы борьбы с вибрацией с помощью виброгасителей, конструкции и принцип действия демпферов. Выявлены достоинства и недостатки гасителей, и предложен канатный демпфер, в качестве аналога для гашения вибраций оборудования.

Для проверки надежности конструкции демпфера была разработана модель в среде SolidWorks, схема ее нагружения, проведен расчет напряженно-деформированного состояния в среде ANSYS. Проведен анализ полученных результатов и сделаны выводы надежности конструкции канатного демпфера.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» проведён SWOT-анализ проекта, выявлены и обозначены его слабые и сильные стороны, определены угрозы и возможности при осуществлении проекта. Проведён расчёт затрат для научно-исследовательского проекта, который составил 323211,67 рублей. А также рассчитана экономия предприятия при установке канатных демпферов на насосных агрегатах.

Список использованных источников

1. РД 153 – 39ТН – 008 – 96 Руководство по организации эксплуатации и технологии и технического обслуживания и ремонта оборудования и сооружение нефтеперекачивающих станций
2. РД 153 – 39ТН – 009 – 96 Положение о системе технического обслуживания и ремонта электроустановок магистральных нефтепроводов. Часть II
3. Панкратов А.В., Сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ. Методические указания по выполнению практических работ для студентов очного обучения направления 130500. Томск: Изд-во. ТПУ, 2005 – 41 с.
4. Корж В.В. Эксплуатация и ремонт оборудования насосных и компрессорных станций [Текст]: учеб. пособие / В.В. Корж, А.В. Сальников. - Ухта : УГТУ, 2010. - 184 с.
5. Дейнеко С. В. Обеспечение надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа. — М.: Издательство «Техника», ТУМА ГРУПП, 2011. — 176 с.
6. Насосное оборудование для трубопроводного транспорта нефти нефтепродуктов, ОАО «Группа ГМС»
7. Айрапетов Э.Л., Биргер И.А., Вейц В.Л., Колебания машин, конструкций и их элементов. Том 3. Справочник в 6 томах. Вибрации в технике
8. А.Г. Гумеров, Виброизолирующая компенсирующая система насосно – энергетических агрегатов. – Уфа, 2008. – 328 с.
9. Рудаченко А.В., Рудаченко В.А., Техническая диагностика оборудования нефтегазопроводов. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Проектирование, сооружение и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ» - Томск: Изд-во. ТПУ, 2007 – 104 с.
10. Официальный сайт ОАО «ВИНИИАЭН» [Электронный ресурс]
<http://www.vniiaen.sumy.ua>

- 11.Официальный сайт ГУП «ИПТЭР», [Электронный ресурс]
www.ipter.bashedu.ru
- 12.Балыгин В.В., Крыжановский А.Н. НАСОСЫ: Каталог-справочник. - Новосибирск: НГАСУ, 1999. – 97 с.
- 13.Насос магистральный НМ. [<http://www.hms.ru/pumps>].
- 14.Каталог электродвигателей, ОАО «Электротехническая корпорация»
- 15.ГОСТ 2688-80 Канат двойной свивки типа ЛК-Р конструкции 6x19(1+6+6/6)+1 о.с.
- 16.Бутенин Н.В., Лунц Я.Л., Меркин Д.Р. Курс теоретической механики. Том 2. Динамика (2-е издание). М.: Наука, 1979.
- 17.Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
18. Безопасность жизнедеятельности: учебно-методическое пособие / Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, Е.В.Ларионова, А.М. Плахов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 9 с.