

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
 продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор»

УДК 622.692.4.053-216.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Абсалямов Ривкат Маратович		22.11.2021

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Зиякаев Г. Р.	к.т.н., доцент		22.11.2021

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОСГН	Клемашева Е.И.	к.э.н.		22.11.2021

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Фех А.И.	—		24.11.2021

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

По основной образовательной программе подготовки бакалавров

По направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело»

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК (У)-1, УК(У)-2, УК(У)-3, УК(У)-6, УК(У)-7, ОПК(У)-1, ОПК(У)-2)</i>
Р2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-4, УК(У)-5, УК(У)-8, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6)</i>
Р3	Осуществлять и корректировать технологические процессы при эксплуатации и обслуживании оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-1, ПК(У)-2, ПК(У)-3, ПК(У)-6, ПК(У)-7, ПК(У)-8, ПК(У)-10, ПК(У)-11)</i>
Р4	Выполнять работы по контролю промышленной безопасности при проведении технологических процессов нефтегазового производства и применять принципы рационального использования природных ресурсов а также защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ПК(У)-4, ПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-12, ПК(У)-13, ПК(У)-14, ПК(У)-15)</i>
Р5	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ПК (У)-23, ПК (У)-24)</i>
Р6	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК(У)-2, ОПК(У)-3, ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-25, ПК(У)-26)</i>
Р7	Применять диагностическое оборудование для проведения технического	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-4, ОПК(У)-5, ПК(У)-9, ПК(У)-14), требования профессионального стандарта</i>

Код	Результат освоения ООП	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
	диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>
Р8	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-5, ОПК(У)-6, ПК(У)-9, ПК(У)-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".</i>
Р9	Владеть методами и средствами для выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, диагностическому обследованию оборудования, установок и систем НППС.	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК(У)-6, ОПК(У)-7, ПК(У)-4, ПК(У)-7, ПК(У)-13), требования профессионального стандарта 19.055" Специалист по эксплуатации нефтепродуктоперекачивающей станции магистрального трубопровода нефти и нефтепродуктов".</i>

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и  
 продуктов переработки»  
 Отделение нефтегазового дела

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

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б7Б	Абсалямов Ривкату Маратовичу

Тема работы:

«Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	05.02.2021 г. № 36-80с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

25.11.2021

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования – центробежный насосный агрегат НМ-125-550, установленный на трубопроводе диаметром 530x16 Режим работы – непрерывный; Требования к особенностям эксплуатации объекта – уменьшение вибрации оборудования и трубопровода.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Изучение параметров вибрации; Аналитический обзор технологий снижения вибрации трубопроводов и оборудования Анализ методик расчета вибрационных опор; Подбор вибрационной опоры для действующего оборудования; Обсуждение результатов выполненной работы; Заключение и выводы по работе.

<b>Перечень графического материала</b>	1. Схемы основных видов вибрационных опор 2. Схемы форм колебаний трубопровода; 3. Зависимость продольной динамической жесткости гибких вставок от их внутреннего диаметра; 4. График допустимых частот колебаний оборудования.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Клемашева Е.И., доцент ОСГН
«Социальная ответственность»	Фех А.И., старший преподаватель ООД

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	25.01.2021
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД	Зиякаев Григорий Ракитович	к.т.н, доцент		25.01.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Абсалямов Ривкат Маратович		25.01.2021

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б7Б	Абсалямову Ривкату Маратовичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материально-технических ресурсов на основе среднего уровня цен для г. Томска на 2020-2021 г.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 1,3. Накладные расходы – 16%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Страховые взносы 30,2%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
4. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Проведение оценки сравнительной эффективности исследования

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. <i>Матрица SWOT</i>
2. <i>График проведения и НИ</i>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	25.01.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
доцент ОСГН	Клемашева Елена Игоревна	К.Э.Н.		25.01.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2Б7Б	Абсалямов Ривкат Маратович		25.01.2021

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2Б7Б	Абсаямову Ривкату Маратовичу

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

Тема ВКР:

<b>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	<p><u>Объект:</u> НМ-125-550 Горизонтальный электронасосный агрегат с центробежным секционным многоступенчатым насосом</p> <p><u>Область применения:</u> предназначен для перекачивания нефти и нефтепродуктов</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <p>1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>	<p>1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 05.04.2021)</p> <p>2. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08- 624-03</p> <p>3. ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»</p> <p>4. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам;</p> <p>5. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования производственных помещений;</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2 Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p><u>Анализ выявленных вредных факторов:</u></p> <p>1. Климатические условия</p> <p>2. Недостаточная освещенность рабочей зоны;</p> <p>3. Контакт с животным, насекомыми, пресмыкающимися.</p> <p><u>Анализ выявленных опасных факторов в процессе эксплуатации:</u></p> <p>1. Движущиеся машины и механизмы производственного оборудования;</p> <p>2. Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением;</p> <p>3. Взрывоопасность и пожароопасность;</p> <p>4. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочей зоны;</p> <p>5. Превышение уровней шума и вибрации;</p> <p>6. Повышенная запыленность и загазованность.</p>

<b>3.Экологическая безопасность:</b>	<u>Предотвращение опасности утечек и разливов нефти, при которых возможно:</u> – Загрязнение нефтепродуктами земли, плодородных почв – Испарение углеводородов нефти в атмосферу (загрязнение воздуха) – Загрязнение гидросферы при попадании нефти в воду (возможно массовое отравление фауны) или грунтовые воды – Нарушение безопасности здоровья и жизнедеятельности местного населения при загрязнении окружающей среды
<b>4.Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	<u>Анализ возможных чрезвычайных ситуаций:</u> 1. Метеорологические (буря, шквал); 2. гидрометеорологические (сильный дождь (ливень), сильный снегопад, сильный гололед, сильный мороз, метель, туман); 3. гидрологические (повышение уровня грунтовых вод (подтопление)); 4. Природные пожары (горение тундры); <u>Техногенного характера:</u> 1. Пожары, взрывы, угрозы взрывов; 2. Авария с разливом нефтепродуктов из-за террористического акта.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.01.2021
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Фех Алина Ильдаровна	—		25.01.2021

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б7Б	Абсалямов Ривкат Маратович		25.01.2021

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

Инженерная школа природных ресурсов (ИШПР)  
 Направление подготовки (специальность) 21.03.01 «Нефтегазовое дело»  
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение нефтегазового дела  
 Период выполнения (весенний семестр 2020/2021 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.01.2021	<i>Введение</i>	5
26.02.2021	<i>Обзор литературы</i>	20
08.03.2021	<i>Характеристика объекта исследования</i>	5
24.03.2021	<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	15
29.04.2021	<i>Подбор вибрационной защиты</i>	20
14.05.2021	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
31.05.2021	<i>Социальная ответственность</i>	10
04.06.2021	<i>Заключение</i>	5
10.06.2021	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Зиякаев Г.Р.	к.т.н., доцент		10.06.2021

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент ОНД	Брусник О.В.	к.п.н.		10.06.2021

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы текстового материала, 14 рисунков, 18 таблиц, 33 источника, 0 приложений.

Ключевые слова: виброзащита, вибрация, магистральный трубопровод, виброопора, высоковязкий демпфер.

Объектом исследования является явление вибрации, а также методы борьбы с ним.

Цель исследования – анализ предаварийных ситуаций и аварий, возникших из-за чрезмерного действия вибрации (отсутствие виброзащиты или неверно выбранная виброзащита), разработка мероприятий по предотвращению подобных аварий в будущем.

Методы исследования – анализ и обработка литературных источников, специализированных материалов и данных исследуемых объектов, построение модели и её дальнейший расчет.

В процессе исследования представлен литературный обзор теоретических данных касательно вибрационной защиты, рассмотрены методы вибрационной защиты и соответствующее оборудование, последствия пренебрежения виброзащитой.

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Абсалямов Р.М.</i>			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зиякаев Г.Р.</i>						93
<i>Консульт.</i>						<i>ТПУ гр. 257Б</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брисник О.В.</i>						

Оглавление	
Введение.....	14
1. Теоретические основы вибрационной защиты .....	16
1.1. Общие сведения о вибрации. Параметры вибрации. Типы устройств защиты от вибраций.....	16
1.2. Причины вибрации трубопроводов .....	20
1.3. Классификация методов защиты от вибрации .....	22
1.4. Виды виброопор.....	25
1.5. Конструкция высоковязкого демпфера.....	35
2. Подбор вибрационной защиты .....	41
3. Социальная ответственность.....	48
3.1. Введение .....	48
3.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	49
3.3. Микроклимат.....	52
3.4. Превышение уровней шума.....	53
3.5. Превышение уровней вибрации .....	54
3.6. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	54
3.7. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны ..	54
3.8. Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением	55
3.9. Пожарная и взрывная безопасность.....	56
3.10. Экологическая безопасность .....	57

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Абсалямов Р.М.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зиякаев Г.Р.</i>					93
<i>Консульт.</i>					<i>Оглавление</i>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брицник О.В.</i>			<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		



4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	84
4.3.6. Накладные расходы .....	85
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта.....	85
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	86
4.4.1. Оценка сравнительной эффективности проекта.....	86
4.5. Вывод по разделу .....	88
Заключение .....	89
Список использованных источников .....	91

## ВВЕДЕНИЕ

Обеспечение надлежащей вибрационной надежности объектов трубопроводного транспорта является весьма важной задачей любого предприятия отрасли. Для выполнения этой задачи в разных странах используются при необходимости средства вибрационной защиты с эластичными элементами при закреплении трубопроводов на трассе. Обычно, местами, требующими успокоения колебаний трубопровода, оказываются участки находящиеся над землей. В таких ситуациях участки трубопровода могут закрепляться с использованием специальных хомутов с упругодемпфирующими прокладками из специального спрессованного сетчатого материала.

Актуальность: Опыт эксплуатации различных объектов трубопроводного транспорта показывает, что колебания трубопроводов могут достигать значительных величин, вплоть до сотен мм/с. Это зачастую сильно влияет на надежность и долговечность работы технологических объектов, а также может служить первопричиной отказа или аварии. Сильная вибрация может привести ко многим дефектам и неисправностям, основными из которых являются: появление трещин в основном металле и сварных швах, разрушение элементов трубопровода, обрыв подвесок и усталостное разрушение опор, ослабление болтовых и иных соединений, ложное срабатывание предохранительной арматуры, отказ концевых выключателей.

Тем не менее, при всей важности, значимости проблемы и тяжести возможных последствий внимание на параметры вибрации трубопроводов обращают обычно после случившихся аварийно опасных и аварийных ситуаций, или при жалобах обслуживающего персонала на некомфортную и

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Абсалямов Р.М.</i>			<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зиякаев Г.Р.</i>						93
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брицник О.В.</i>						<b><i>ТПУ гр. 257Б</i></b>

потенциально опасную работу на объекте.

Целью бакалаврской работы является увеличение долговечности и надежности работы вибрирующего трубопровода путем применения виброзащиты и уменьшения параметров вибрации объекта.

Указанная цель достигается путем решения следующих задач:

анализ теоретических сведений о вибрации и виброгашении;

выявление факторов, оказывающих влияние на вибрационную активность трубопровода;

выявление целесообразности применения различных способов вибрационной защиты при разных обстоятельствах;

подбор вибрационной защиты для трубопровода.

					<i>Введение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

# 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВИБРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

## 1.1. Общие сведения о вибрации. Параметры вибрации. Типы устройств защиты от вибраций

Вибрация – это механические колебания, характеризующиеся многократно повторяющимся отклонением тела от положения его равновесия. Ввиду схожести понятий вибрации и колебательного процесса для трубопровода, далее в тексте оба термина будут использованы для изложения информации. Трубопровод, сооружения и их отдельные части являются элементами колебательной системы, а самый важный показатель, характеризующий колебательную систему, – число степеней свободы. Это количество независимых числовых параметров, которые однозначно определяют положение системы в пространстве в определенный момент времени  $t$ . Различают системы дискретные, имеющие определенное конечное число степеней свободы, и системы с бесконечным числом степеней свободы.

Вибрация характеризуется абсолютными или относительными параметрами. Абсолютными параметрами вибрации являются вибросмещение, виброскорость и виброускорение. Основной относительный параметр вибрации - уровень виброскорости (дБ), который определяется по формуле 1:

$$L_V = 10 \lg \frac{V^2}{V_0^2} = 20 \lg \frac{V}{V_0} \quad (1)$$

где  $V$  – амплитуда виброскорости, м/с;

$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  м/с – пороговое значение виброскорости.

Виброгашение напрямую связано с увеличением реактивной, то есть

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Абсалямов Р.М.</i>			<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зиякаев Г.Р.</i>						93
<i>Консульт.</i>						<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брисник О.В.</i>						

комплексной, части импеданса колебательной системы. Применительно к трубопроводам это реализуется посредством закрепления их в единую замкнутую систему для увеличения эффективной жесткости. Такой способ приведет к снижению вибрационной активности системы, следовательно, ослаблению колебаний.

Вибрационное состояние трубопроводов характеризуется следующими параметрами:

- размах (для гармонического процесса - двойная амплитуда),
- частота (спектр),
- фаза виброперемещений оболочки.

Параметры выше характеризуют форму колебаний трубопровода;

- величина (размах) пульсаций давления в трубопроводе;
- скорость пробега ударной волны (м/с), которая приближенно определяется по формуле 2:

$$C = \frac{1425}{\sqrt{1 + \frac{0,1AD}{\delta}}} \quad (2)$$

где D – диаметр трубопровода, мм;

$\delta$  – толщина стенки трубы, мм;

A – коэффициент, равный 1,0 для трубопровода без колец жесткости, 0,3 – 0,4 для трубопровода с кольцами жесткости.

Более точно скорость пробега ударной волны можно узнать экспериментально путем осциллографирования процессов гидроудара в трубопроводе. В таком случае собственные частоты поперечных колебаний, определяются для каждого трубопровода при гидравлических испытаниях или с применением формулы 3:

$$F_n = \frac{m^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EJg}{q}} \quad (3)$$

где m - коэффициент для многопролетного свободнолежащего на опорах трубопровода с одним компенсатором на конце, равный 1,62; 3,49;

					Теоретические основы вибрационной защиты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		





Рисунок 2 – Балочные формы колебаний трубопровода: 1 – третья форма; 2 – четвертая форма

При измерении собственных частот колебаний разных балочных форм используется специальное нагрузочно-разгрузочное устройство. Оно используется для возбуждения колебаний трубы в поперечном направлении, а его простейшая схема представлена на рисунке 3.

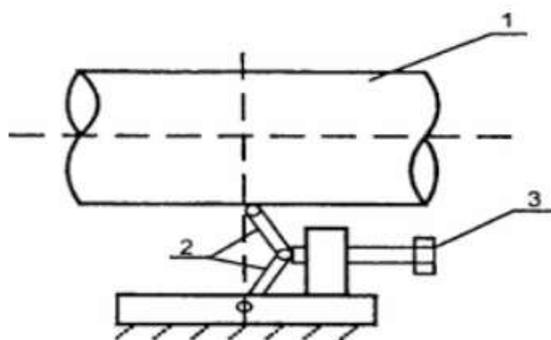


Рисунок 3 – Схема нагрузочно-разгрузочного устройства: 1 – трубопровод; 2 – толкатель; 3 – болт

Устройство применяется в различных местах по длине пролета между опорами трубопровода, чтобы возбудить колебания различных балочных форм. Также собственные частоты колебаний трубопровода могут быть

					Теоретические основы вибрационной защиты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

определены при помощи осцилографа, который применяется для исследования вибраций, возникающих при сбросе нагрузки перекачивающего устройства. В таком случае возникает гидроудар, что приводит к возникновению затухающих колебаний трубопровода.

Собственные частоты таких колебаний соответствуют радиальной деформации сечения и могут быть приближенно найдены по формуле 7:

$$F_V = 6,18 \cdot \frac{\delta i^2}{D^2} \cdot 10^5 \quad (7)$$

где  $D$  и  $\delta$  – диаметр и толщина трубопровода, см;

$i = 2, 3, 4, \dots$  – число форм колебаний.

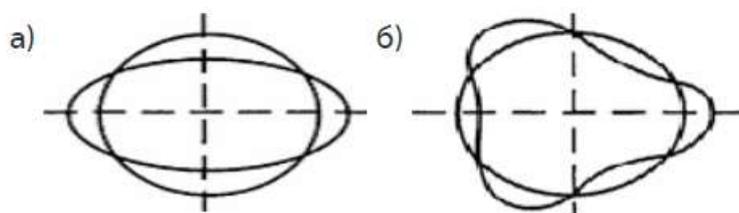


Рисунок 4 – Оболочечные формы колебаний а – первая форма (овализация),  $i = 2$ ;

б – вторая форма,  $i = 3$

## 1.2. Причины вибрации трубопроводов

Основной причиной колебаний трубопроводов и машин нефтегазовых сооружений оказываются силы, которые возникают из-за пульсаций давления и температуры газа. Поэтому, проводя мероприятия по борьбе с вибрациями нагнетательных машин и присоединенных к ним трубопроводов, стоит помнить, что применение различных методов вибрационной защиты может сильно уменьшить колебания самого трубопровода, но пульсации параметров газа останутся прежними. Пульсирующий поток рабочей среды все еще будет оказывать разрушительное действие на элементы перекачивающего оборудования и измерительную аппаратуру, а также будет вызывать потерю мощности агрегатов ввиду высоких мгновенных давлений и температур. В остальном борьба с вибрацией трубопроводов и перекачивающих агрегатов осуществляется теми же способами, что применяются для машин, устройств

					Теоретические основы вибрационной защиты	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

и сооружений всех областей, например увеличение массы фундамента или установка упругих прокладок.

При возникновении ситуаций, когда частоты возмущающих сил кратны частоте собственных колебаний трубопровода, наблюдается механический резонанс. Если частоты возмущающих сил кратны частоте пробега волны давления, наблюдается гидравлический резонанс. Оба события увеличивают амплитуду колебаний и являются неблагоприятными факторами при рассмотрении борьбы с вибрацией.

Повышение вибрации трубопровода может быть вызвано следующими возмущающими силами:

- гидравлическими ударами и большой пульсацией хаотической частоты из-за попадания в трубопровод газа (воздуха) при сильных колебаниях уровня в емкостях, если имеет место работа с большими расходами или работа ведется на пониженном напоре;
- пульсацией давления создаваемой при сходе вихревого следа с диска дроссельного затвора;
- неустойчивостью регулирования расхода или периодическими колебаниями отдельных элементов перекачивающего аппарата (из-за наличия люфтов);
- пульсацией давления, возникающей при неудачном выборе оборудования;
- неравномерностью потока в зоне рабочего колеса из-за таких дефектов, как, например, неконцентричность уплотнений или их износ. При этом могут возникать резонансные явления;

Наиболее интенсивные пульсации наблюдаются при частичных нагрузках перекачивающего агрегата, из-за чего может возникнуть смещение спектра пульсаций давления в сторону более высоких частот. Частота колебаний трубопровода в этом случае может быть кратна частоте пульсации давления. Повышенная вибрация в трубопроводе также может быть вызвана

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

дефектами опор, возникающими в процессе эксплуатации (подвижка опор, нарушения в работе промежуточных опор) и приводящими к изменению собственных частот колебаний трубопровода и возникновению нерасчетных нагрузок.

Причинами возникновения гидроударов, пульсаций давления и повышенных уровней вибраций являются:

К возникновению повышенных вибраций, гидроударов, различных пульсаций давления приводят такие факторы как:

- короткие замыкания и провалы энергоснабжения, аварийные отключения электропитания работающих насосных агрегатов;
- срабатывание обратных клапанов, быстрое закрытие или открытие предохранительной или запорно-регулирующей арматуры;
- сбои автоматизированных систем управления технологическими процессами, ложные срабатывания технологических защит;
- периодические остановки, повторные пуски а также переключения насосов;
- ошибки в работе обслуживающего персонала и т.п.

### **1.3.Классификация методов защиты от вибрации**

Основным источником вибраций трубопроводов нагнетательных установок в большинстве случаев является пульсирующий поток газа. При одновременной асинхронной работе нескольких машин часто возникают мгновенные высокие давления на выходе цилиндров. Высокие давления наблюдаются при крутых углах поворота трубопроводов с пульсирующим потоком. Пульсация давления газа снижает пропускную способность трубопровода, что уменьшает производительность установок. Пульсации газа в ряде случаев приводят к возникновению недопустимых вибрации надземных трубопроводов. Вибрации трубопроводов достигают значительных величин, являются серьезной помехой в работе компрессорных

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

станций и служат причиной разрушения коммуникации. Частота вибрации трубопроводов зависит от величины давления газа и частоты пульсирующего потока, типа опор и расстояния между ними, жесткости трубопровода, его веса и пр. Для ослабления вибраций существенное значение имеет исключение резонансных режимов, т. е. отстройки собственных частот агрегата и его отдельных узлов и деталей от частоты вынуждающей силы.

Снижение вибрации в источнике ее возникновения достигается путем уменьшения силы, которая вызывает колебание. Поэтому еще на стадии проектирования следует выбирать кинематические схемы, в которых динамические процессы, вызванные ударами и ускорением, были бы исключены или снижены. Снижение вибрации может быть достигнуто уравниванием массы, изменением массы или жесткости, уменьшением технологических допусков при изготовлении и сборке, применением материалов с большим внутренним трением. Большое значение имеет повышение точности обработки и снижение шероховатости трущихся поверхностей.

Для ослабления вибраций существенное значение имеет предотвращение резонансных режимов работы с целью исключения резонанса с частотой принуждающей силы. Собственные частоты отдельных конструктивных элементов определяются расчетным методом по известным значениям массы и жесткости или же экспериментально на стендах.

Резонансные режимы при работе технологического оборудования устраняются двумя путями: изменением характеристик системы (массы или жесткости) или установлением другого режима работы (наладка резонансного значения угловой частоты принуждающей силы).

Вибродемпферование, один из методов борьбы с вибрацией, реализуется путем превращения энергии механических колебаний колебательной системы в тепловую энергию. Увеличение расхода энергии в системе осуществляется за счет использования конструктивных материалов с большим внутренним трением: пластмасс, металлогезины, сплавов марганца

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

и меди, никелетитановых сплавов, нанесения на вибрирующие поверхности слоя упруговязких материалов, которые имеют большие потери на внутреннее трение. Наибольший эффект при использовании вибродемпферных покрытий достигается в области резонансных частот, поскольку при резонансе значение влияния сил трения на уменьшение амплитуды возрастает.

Наибольший эффект вибродемпферные покрытия обеспечивают при условии, что протяженность вибродемпферного слоя соразмерна с длиной волны изгиба в материале конструкции. Покрытие необходимо наносить в местах, где генерируется вибрация максимального уровня. Толщина вибродемпферных покрытий принимается равной 2-3 толщинам элемента конструкции, на которую оно наносится.

Тип виброизолятора выбирается в зависимости от массы, частоты колебаний, предполагаемого числа изоляторов и требуемого снижения уровня вибраций.

Вибродемпфирующие свойства материалов определяются величиной коэффициента потерь. Чем выше коэффициент потерь, тем большего эффекта вибродемпфирования можно достичь:

- путем изготовления колеблющихся объектов из материалов с высоким коэффициентом потерь, т.е. из сплавов на основе систем Cu-Ni, Ni-Co, а также из пластмасс, дерева, резины, капрона, текстолита;
- нанесением на колеблющиеся объекты материалов с высоким коэффициентом потерь.

Действие таких покрытий основано на ослаблении вибраций путем перевода колебательной энергии в тепловую при деформациях покрытия. Вибропоглощающие покрытия по своим упругим свойствам делятся на жесткие и мягкие. К жестким покрытиям ( $E = 108 \dots 10^9$  Па) относятся твердые пластмассы, рубероид, изол, битумизированный войлок, фольга, гидроизол, стеклоизол, фольгоизол, и другие материалы. К мягким вибродемпфирующим покрытиям ( $E < 10^8$  Па) относятся мягкие пластмассы,

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

материалы типа резины (пеноэласт, технический винипор), отдельные виды пластиков и пенопластмасс.

Для вибрирующих объектов сложной конфигурации, где невозможно использовать листовые вибродемпфирующие покрытия, применяют мастики (коэффициент потерь от 0,3 до 0,45). Их применяют для снижения вибрации в вентиляционных системах, трубопроводах, насосах, центробежных компрессорах. Оптимальная толщина покрытия должна быть равна двум-трем толщинам демпфируемого элемента конструкции.

Хорошо демпфируют колебания смазочные материалы. Слой смазки между двумя сопряженными элементами устраняет возможность их непосредственного контакта.

Динамического гашения колебаний используются динамические виброгасители: пружинные, маятниковые, эксцентриковые, гидравлические. Недостатком динамического гасителя является то, что он действует только при определенной частоте, которая отвечает его резонансному режиму колебаний.

#### **1.4. Виды виброопор**

Трубопроводные опоры выступают обязательными конструктивными элементами всей инженерной системы, которая может использоваться в различных целях, в зависимости от сферы деятельности. Трубопроводные системы находят свое применение в судостроении. Но для гарантии безопасности монтажа и будущей эксплуатации трубопроводных систем не обойтись без специальных крепежных и фиксирующих элементов, благодаря чему удастся обеспечить целостность, прочность и надежность инженерных коммуникаций.

Опоры трубопроводов как раз призваны выполнять данную функцию, выступая в роли крепежа для трубных линий, тем самым облегчая все монтажные процедуры и гарантируя точный и эффективный результат.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Использование высококачественной углеродистой стали позволяет создать действительно прочные и стойкие крепежные конструкции, а благодаря тому, что сырьем может выступать низколегированная сталь, опоры трубопроводов допустимо эксплуатировать в экстремальных условиях, в частности при низком температурном показателе.

Опоры трубопроводов могут также выполнять дополнительную функцию, принимая на себя все нагрузки, которые испытывает трубопроводная система, а это повышает надежность самих коммуникаций и гарантирует их долговечную эксплуатацию.

Место установки трубопроводных опор – это участки рядом с запорной арматурой или возле соединительных деталей трубопровода. Конструкция и габариты крепежных агрегатов позволяют полностью охватить диаметр трубы, оказывая поддержку нижней, верхней и боковым частям линии. Кроме того, следует учитывать соответствие трубопровода и его опоры, что подразумевает использование одинакового типа и сорта материала для их изготовления.

Стальные опоры трубопроводов выдерживают режим эксплуатации от - 50 до +50 градусов, демонстрируя стойкость и прочность конструкции. Если необходимы неподвижные опоры, которые можно использовать в более экстремальных и жестких условиях, тогда для производства изделий применяется низколегированная сталь различных марок.

При строительстве любых наземных трубопроводов необходимо закрепить трубопровод посредством опоры к фундаменту. На опору трубопроводов как и на сам трубопровод воздействуют различные напряжения и силы и важно, чтобы опоры трубопроводов были прочными и технологичными.

Виброопоры предназначены для защиты от вибрации и ее последствий. У виброопор много названий: виброизоляторы, амортизаторы, демпферы, демпферные подушки, виброгасители, виброизолирующие или виброгасящие опоры, эластомерные пружины.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Виброопоры ОВ - это специальные опорные конструкции, которые устанавливаются под оборудование с целью:

- Изолировать вибрации различного происхождения;
- Снизить уровень шума;
- Поглотить возникшие колебания и др.

Понять принцип действия виброопор поможет знание их конструкции. Они состоят из круглого корпуса, основанием которого является металлическая подушка чуть меньшего диаметра с противоскользящей поверхностью. В верхнюю часть корпуса вкручивается металлическая шпилька с гайкой. Выкручивая её, увеличиваем высоту опоры; закручивая – уменьшаем. Используя это свойство можно установить или выровнять по горизонтали станки и другие производственные механизмы.

Виброизоляция устройств выполняется путем их монтажа на виброизоляторы (упругие элементы, обладающие малой жесткостью) и установки гибких вставок между вибрирующим оборудованием и системой трубопроводов и коммуникаций, а также мягких прокладок для трубопроводов и коммуникаций в точках прохождения их через различные конструкции и в местах закрепления к конструкциям.

С целью снижения вибрации и шума, желательно монтировать на виброизоляторах пружинных, при этом следует учитывать, что пружинные виброизоляторы надежны в работе и долговечны, но неэффективно уменьшают вибрации на высоких частотах, а резиновые виброизоляторы успешно борются с вибрациями высоких частот, но имеют низкую степень виброизоляции на низких частотах, к тому же они недолговечны. Для обеспечения эффективной виброизоляции можно рекомендовать устанавливать пружинные виброизоляторы на резиновых или пробковых прокладках, имеющих толщину 10-20 мм, и прилегающих к опорной поверхности.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

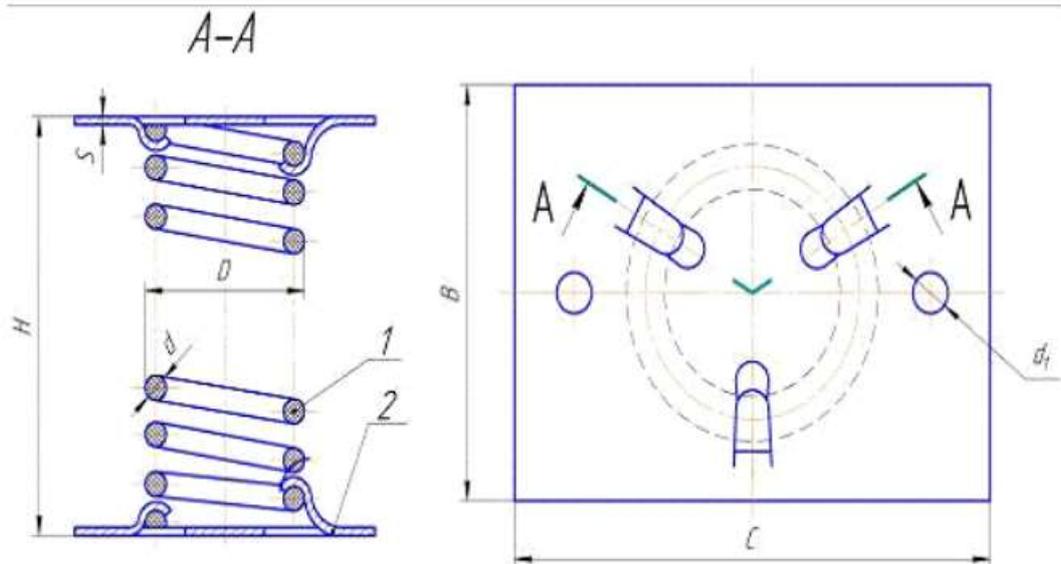


Рисунок 5 – Виброизолятор пружинный: 1 – пружина, 2 – основание

Виброизолятор - виброизолирующее устройство для отражения и поглощения волн колебательной энергии, распространяющихся от работающего механизма или электрооборудования, за счет использования эффекта виброизоляции.

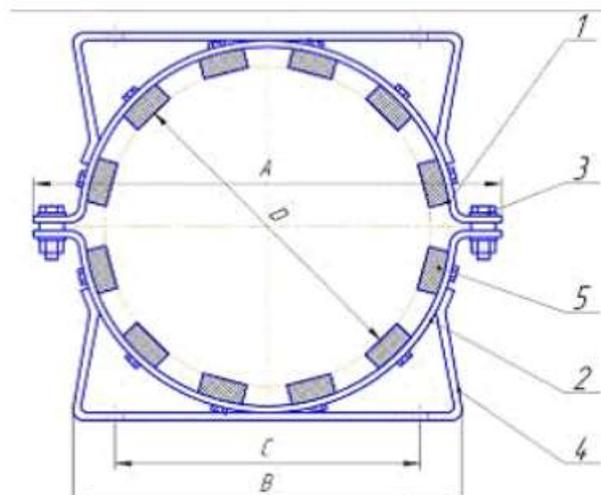


Рисунок 6 – Виброизоляционный хомут для труб: 1 – верхняя половина, 2 – нижняя половина, 3 – узел укрепления, 4 – основание, 5 – металлическая подушка

Виброизоляция осуществляется путем установки источника вибрации на виброизоляторы. В коммуникациях воздухопроводов располагают гибкие

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

вставки. Применяются упругие прокладки в узлах крепления воздухопроводов, в перекрытиях, в несущих конструкциях зданий, в ручном механизированном инструменте. Виброизоляция - искусственно создающееся препятствие для распространения колебаний в разные стороны.

Они способны нейтрализовать случайно возникшие колебания и стационарные вибрации. Количество использования виброопор на единицу оборудования зависит от характеристик каждой модели. Например, виброопора ОВ-31 способна выдержать нагрузку массой от 200 до 4000 кг. Чаще всего её используют для работы станков с жёсткими станинами. Преимущество её применения в том, что для установки не обязательно предварительное устройство фундамента и проведение подготовки оборудования. Но лучше всё-таки использовать относительно ровную и твёрдую или достаточно плотную поверхность.

Для снижения вибрации применяются также ударные виброгасители маятникового, пружинного и плавающего типов. В них осуществляется переход кинетической энергии относительного движения элементов, которые контактируют, в энергию деформации с распространением напряжений из зоны контакта по элементам, которые взаимодействуют. Вследствие этого энергия распределяется по объёму элементов виброгашения, которые претерпевают взаимные удары, вызывая их колебание. Одновременно происходит рассеивание энергии вследствие действия сил внешнего и внутреннего трения. Маятниковые ударные виброгасители используются для гашения колебаний частотой 0,4-2 Гц, пружинные - 2-10 Гц, плавающие - более 10 Гц.

Виброгасители камерного типа предназначены для превращения пульсирующего потока газа в равномерный. Такие виброгасители устанавливаются на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессоров, на гидроприводах. Они обеспечивают значительное снижение уровня вибрации трубопроводов.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Динамическое виброгашение достигается также установлением агрегата на массивном фундаменте. Масса фундамента подбирается таким образом, чтобы амплитуда колебаний подошвы фундамента не превышала 0,1-0,2 мм.

Виброизоляция состоит в снижении передачи колебаний от источника возбуждения к объекту, который защищается, путем введения в колебательную систему дополнительной упругой связи. Эта связь предотвращает передачу энергии от колеблющегося агрегата к основе или от колебательной основы к человеку или к конструкциям, которые защищаются.

Основное предназначение антивибрационных вставок предотвратить передачу вибрации, шума механических напряжений по трубопроводным системам, применяются также как компенсаторы при различных деформациях (температурных, линейных и угловых). Используются в системах отопления и кондиционирования для компенсации тепловых удлинений и сжатий трубопроводов, в системах водоснабжения для предотвращения передачи механических колебаний от установок повышения давления по трубопроводам системы, а также для защиты насосного оборудования и насосных станций от механического воздействия присоединенных к ним трубопроводов. Компенсаторы предназначены также для снижения или предотвращения гидравлических ударов. Их применение значительно увеличивает срок службы системы в целом. По способу подсоединения к системе вибровставки или компенсаторы подразделяются на муфтовые и фланцевые. В качестве рабочей среды в трубопроводах, где используются муфтовые и фланцевые вибрационные вставки, может быть вода, пар, воздух, газ, нефтепродукты, пищевые продукты. Устройство и конструкция компенсаторов представленная на рисунке 7.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

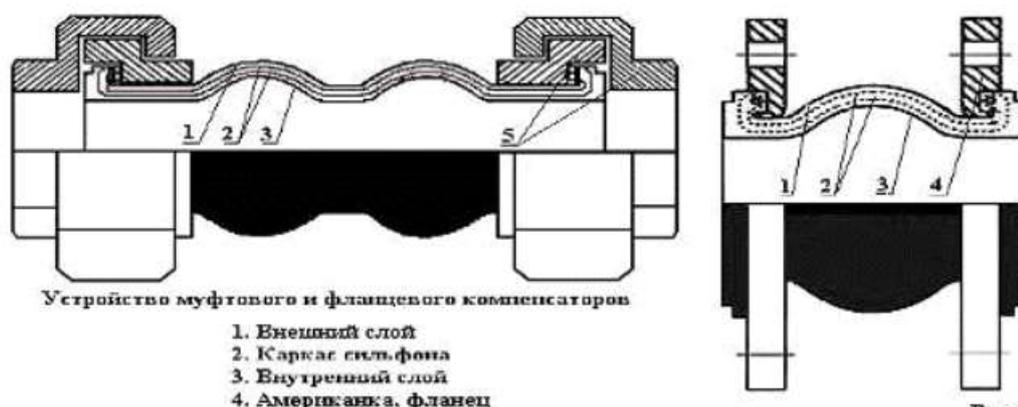


Рисунок 7 – Устройство и конструкция компенсаторов

Для продления срока эксплуатации трубопроводов необходимо применять эластичные вибрационные вставки или компенсаторы. Они компенсируют изменение длины труб, при их расширениях или сжатиях, а также возможные разрывы трубопроводов, как следствие перепадов температур, изменений давлений, наличие различных вибраций в трубопроводах. Для оптимальной работы насосного оборудования, а также чтобы свести к минимуму шум и вибрацию, необходимо предусмотреть способы гашения вибрации от насоса. Эти способы необходимо использовать в обязательном порядке, если эксплуатируется насосное оборудование с электрическими асинхронными двигателями переменного тока мощностью свыше 11 кВт. Хотя вероятность того, что двигатели с меньшей мощности тоже могут создать нежелательные шумы и вибрацию. Для снижения этих последствий и применяются вибрационные вставки и вибрационные опоры. Вибровставки имеют хорошие звукоизолирующие свойства, они поглощают и уменьшают шумы, неизбежные при работе насосного оборудования, а также устойчивы к гидравлическим ударам, возникающим при работе насосов. Вибрационные опоры предназначены для пассивной и активной виброизоляции насосного оборудования, а также для регулировки высоты при монтаже насосов по уровню. Чтобы компенсировать движения трубопроводов при сдвигах используются сдвиговые компенсаторы. Они имеют ограничительные тяги, предназначенные для защиты вибрационных

вставок от повреждения. Можно устанавливать ограничительные тяги и на сжатие и на растяжение. Эти компенсаторы могут эксплуатироваться очень длительное время, так как за счет такой конструкции не передается распорное усилие на оборудование.

При соблюдении условий эксплуатации вибровставки не требуют постоянного технического ухода или ремонта. Периодически необходимо проводить технические осмотры на предмет отсутствия утечек, а при необходимости провести подтяжку крепежных болтов или муфтовых соединений.

В зависимости от конструкции и назначения опоры такого типа применяют на токарных станках, промышленном оборудовании, холодильных установках и других видах производственных механизмах, способных вызывать негативные колебания. Они не только снижают уровень шума и блокируют вибрацию. По сути, опоры защищают конструкции производственных зданий от медленного и длительного разрушения.

Технические характеристики виброопор позволяют использовать их в различных отраслях экономики: в пищевой промышленности, химической, металлургической, деревоперерабатывающей и др. Виброопоры имеют массу преимуществ в использовании:

- Возможность выбора резьбовой шпильки;
- Не требуют специального ухода;
- Возможность фиксации к полу;
- Устойчивы к агрессивной среде;
- Долговечны при правильной эксплуатации (важно исключить максимальные нагрузки или использовать их минимально);
- Возможность выбора собственных частот;
- Возможность эксплуатации в широком диапазоне статической нагрузки;
- Наличие противоскользящей подошвы или основания и др.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Виброопоры, в зависимости от модели используют для виброизоляции оборудования, находящегося в активном и пассивном состоянии.

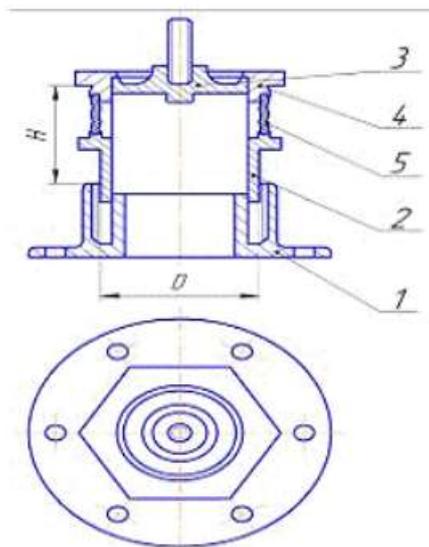


Рисунок 8 – Виброизолирующая опора: 1 – опора, 2 – нижняя чашка, 3 – регулировочная гайка, 4 – верхняя чашка, 5 – гофра

В энергетической и нефтехимической промышленности широко распространены несколько типов устройств защиты трубопроводов от вибрации: механические и гидравлические амортизаторы, аксиальные высоковязкие демпферы, упруго-пластичные амортизаторы, демпферы трения, ограничители перемещений, магнитно-жидкостные амортизаторы, динамические виброгасители, высоковязкие демпферы.



Амортизаторы, аксиальные высоковязкие демпферы, ограничители перемещений и высоковязкие демпферы наиболее широко применяются по сравнению с другими устройствами. Одной из перспективных конструкций для динамической защиты трубопроводов является высоковязкий демпфер, в конструкции которого удалось совместить многие преимущества и удачно избежать некоторых основных недостатков других устройств.

### **1.5. Конструкция высоковязкого демпфера**

В случае виброзащиты методом демпфирования происходит диссипация энергии колебательной системы с помощью демпфирующего элемента. В отличие от метода виброизоляции, здесь система сама является источником возбуждающей силы, и энергия передается от неё. Демпфирующий элемент превращает некоторую часть кинетической энергии колебаний в другую форму энергии, например, тепловую, тем самым снижая амплитуду колебаний.

Демпфирование вибрации является эффективным методом виброзащиты от колебаний в диапазоне собственных частот, т.е. резонансных значений. Увеличивая коэффициент демпфирования, можно в значительной степени уменьшить амплитуду системы в этом диапазоне частот.

Конструкция высоковязкого демпфера типа ВД приведена на рисунке 10. Демпфер состоит из корпуса 1, заполненного рабочей вязкой жидкостью 2, поршня 3 и сердечника 4, погруженных в жидкость. Между корпусом и поршнем установлены тонкостенные цилиндры 5, которые свободно опираются на днище корпуса и не связаны между собой. Сердечник помещен внутри поршня с зазором относительно поршня и свободно опирается на днище корпуса. Как правило, фланец корпуса крепится к неподвижному основанию, а фланец поршня – к оборудованию, которое необходимо защитить от динамических нагрузок. Возможно крепление корпуса демпфера к оборудованию, а поршня – к неподвижному основанию, либо раскрепление

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

демпфером двух вибрирующих объектов без связи с основанием. Для крепления демпферов во фланцах поршня и корпуса выполнено по 4 отверстия. Зазор между поршнем и корпусом закрывается защитным чехлом 6, который закрепляется на корпусе и на поршне хомутами 7. Демпферы всех типоразмеров одинаковы по конструкции. Высоковязкая рабочая жидкость нетоксична, огнеупорна, устойчива к радиоактивным веществам, биологически инертна, не способствует коррозии и может использоваться в диапазоне температур от -500С до +2000С. Тонкостенные цилиндры (5) между корпусом и поршнем предназначены для возможности регулирования демпфирующей способности демпфера. Демпфер не воспринимает статических нагрузок и не препятствует тепловым расширениям. В тоже время демпфер сопротивляется динамическим смещениям, эффективно рассеивая энергию колебаний по 6-ти степеням свободы, в отличие от большинства других аналогичных конструкций. Разработаны технические условия для ряда типоразмеров и рекомендации по использованию демпферов.

Вибродемпфирующая опора содержит хомут с элементами крепления, расположенный между ним и трубопроводом вязкоупругий слой - набор уложенных по периметру трубопровода виброгасителей из металлорезины. Усилие затяжки хомута зависит от диаметра трубопровода, оптимальной нагрузки на виброгаситель из металлорезины и длины вязкоупругого слоя вдоль оси трубопровода.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

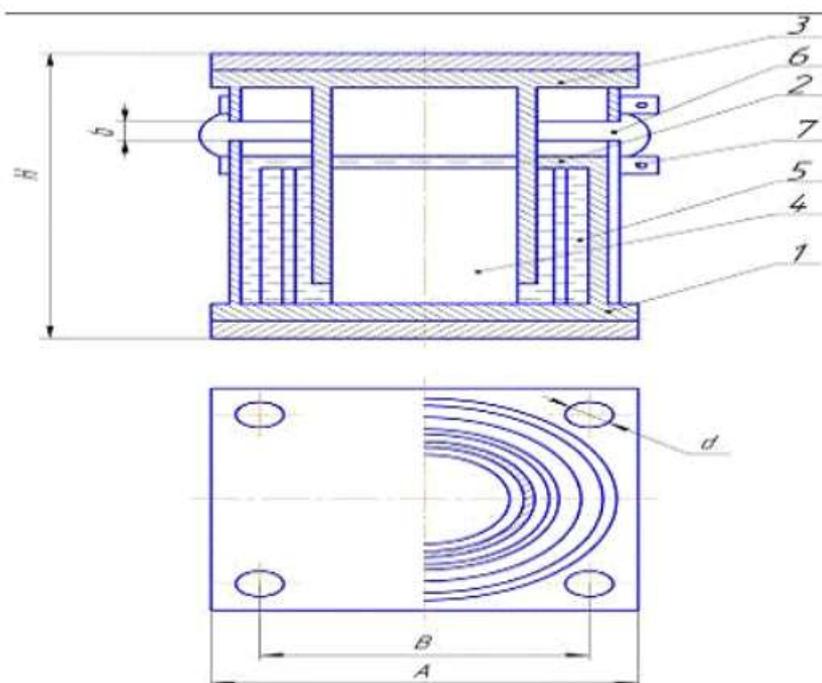


Рисунок 10 – Высоковязкий демпфер: 1 – корпус, 2 – вязкая жидкость, 3 – поршень, 4 – сердечник, 5 – тонкостенный цилиндр, 6 – уплотнение, 7 – хомут

Вибродемпфирующие устройства состоят из наружного замкнутого хомута, жестко закрепленного на основании опоры. Внутри хомута располагается объект, являющийся источником вибрации, между объектом и хомутом располагаются вибродемпфирующие элементы.

Устройство содержит резиновые кольца, в которых происходит диссипация колебаний. Использование резины снижает ресурс устройства, при эксплуатации остается открытым вопрос об эффективности устройства в широком диапазоне частот.

Вибродемпфирующая опора работает следующим образом. При возникновении вибраций трубопровода происходит перемещение последнего относительно хомута 2, жестко скрепленного с ложементом опоры, сопровождающееся деформацией вязкоупругого слоя 4, составленного из металлорезиновых виброгасителей. Деформация металлорезиновых виброгасителей сопровождается интенсивной диссипацией механических колебаний в тепло трения в материале металлорезины, для структуры которой характерна развитая поверхность контакта составляющих ее

элементов в единице объема. На этой поверхности совершается работа сил трения при относительном движении элементов металлорезины, сопровождающем ее деформацию, с высоким коэффициентом демпфирования. Применение не менее чем трехсекционного хомута 2 помимо упрощения монтажа вибродемпфирующей опоры на трубопроводе в сочетании с элементом фиксации 3 вязкоупругого слоя 4 обеспечивает дополнительную жесткость изгибу хомута 2 в радиальном направлении к оси трубопровода и способствует равномерности затяжки вязкоупругого слоя 4. Элементы фиксации 3 вязкоупругого слоя 4 препятствуют также нарушению целостности системы хомут 2 вязкоупругий слой 4 при тепловой деформации трубопровода 5 вдоль его оси. При вибрации трубопровода элементы фиксации 3 вязкоупругого слоя 4 обеспечивают жесткость, целостность, равномерность деформации и высокий ресурс работы вязкоупругого слоя. Для максимального демпфирования вибраций существует оптимальное усилие затяжки хомута 2, поскольку при очень большом усилии затяжки при вибрациях отсутствует деформация вязкоупругого слоя 4, а при нулевом усилии затяжки сила упругости и трения вязкоупругого слоя 4 практически отсутствуют.

Условия для оптимального усилия затяжки хомута, которому соответствует максимальное снижение уровня вибраций, можно представить в виде:

$$\frac{N_{\text{опт}}}{l \cdot D \cdot P_{\text{опт}}} = 1$$

где  $N_{\text{опт}}$  – оптимальное усилие затяжки хомута, кг;

$L$  – ширина вязкоупругого слоя, см (вдоль оси трубопровода);

$D$  – диаметр трубопровода, см;

$P_{\text{опт}}$  оптимальная удельная нагрузка виброгасителя, кг/см<sup>2</sup>

Для параметров виброгасителей, использованных на вибродемпфирующих опорах, оптимальная удельная нагрузка имеет значение  $P_{\text{опт}} = 2,9$  кг/см<sup>2</sup>

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Основные технические характеристики колебательной системы определяются вибрирующей массой, а также демпфирующими и упругими свойствами. Если частота вынуждающей силы близка к собственной частоте системы, т.е. к частоте резонанса, то результирующая амплитуда колебаний становится особенно высокой. Изменения вибрирующей массы или упругих свойств системы приводит к изменению частоты собственных колебаний системы.

Путем изменения этих характеристик можно достичь необходимой разницы частоты собственных колебаний системы и частоты возбуждающей силы, в результате чего система перестает функционировать в режиме резонанса и амплитуда колебаний снижается. Фактически амплитудно-частотная характеристика сдвигается относительно исходной собственной частоты.

Уход от резонанса (или отстройка от резонанса) выполняется изменением массы или же повышением коэффициента жесткости  $k$  системы, в качестве типового решения.

Измерение вибрации трубопровода при периодическом контроле следует производить в следующих режимах:

- пуск гидроагрегата;
- холостой ход;
- параллельная работа с сетью при нагрузках от нуля до номинала ступенями по 20 % номинальной;
- останов агрегата.

Оценка вибрации трубопровода производится по размаху виброперемещения.

При вибрации напорного трубопровода возникают два вида циклических деформаций: поперечная деформация оси секции трубопровода, лежащей на двух опорах (балочная форма колебаний), и радиальная деформация круглой формы сечения оболочки. В реальных условиях могут возникать оба вида деформаций трубопровода одновременно.

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Формы колебаний трубопроводов определяются при одновременном осциллографировании вибрации в разных точках оболочки трубопровода. Для выделения балочных форм колебаний датчики располагают в вертикальном направлении сверху и снизу трубопровода в сечениях оболочки, расположенных по трассе трубопровода. Для определения оболочечных форм датчики располагают по окружности выбранного сечения оболочки (рисунок 11). Количество датчиков должно быть достаточным для определения формы колебаний.

Рекомендуется произвести предварительно определение собственных частот соответствующих балочным и оболочечным формам колебаний. Сравнение полученного ряда собственных частот с измеренными значениями частот трубопровода позволит оценить возможные формы колебаний и оптимально разместить датчики вибрации для определения имеющихся форм колебаний трубопровода.



Рисунок 11 – Установка вибродатчиков для определения форм колебаний трубопровода

Для каждого напорного трубопровода специализированной организацией должны быть разработаны индивидуальные критерии безопасного состояния с указанием предельно допустимых значений вибрации и пульсаций давления в контролируемых точках.

## 2. ПОДБОР ВИБРАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

Расчет производится согласно пособию к МГСН 2.04-97 «Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях». Расчет производится для магистрального насоса, установленного на нефтепроводе, чтобы путем снижения вибраций, создаваемых насосом, уменьшить колебания трубопровода, на котором установлен данный насос.

Условия для оптимального усилия затяжки хомута, которому соответствует максимальное снижение уровня вибраций, можно представить в виде:

$$\frac{2 \cdot N_{\text{опт}}}{L \cdot D \cdot P_{\text{опт}}} = 1$$

где  $N_{\text{опт}}$  – оптимальное усилие затяжки хомута, кг;

$L$  – ширина вязкоупругого слоя, см (вдоль оси трубопровода);

$D$  – диаметр трубопровода, см;

$P_{\text{опт}}$  – оптимальная удельная нагрузка виброгасителя, кг/см<sup>2</sup>.

Для виброгасителей, используемых на вибродемпфирующих опорах, значение оптимальной удельной нагрузки составляет  $P_{\text{опт}} = 2,9$  кг/см<sup>2</sup>

Соответствующее оптимальное усилие затяжки для  $L = 15$  см,  $D = 50$  см, по формуле составляет:

$$N_{\text{опт}} = \frac{L \cdot D \cdot P_{\text{опт}}}{2} = \frac{15 \cdot 50 \cdot 2,9}{2} = 1087,5 \text{ кг}$$

Произведем расчет для гашения колебаний трубопроводов среднего диаметра – 500 мм.

Рассчитаем акустическую виброизоляцию центробежного насосного агрегата НМ-125-550, установленного на трубопроводе при следующих условиях:

					Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Абсалямов Р.М.				Лит.	Лист	Листов	
Руковод.	Зиякаев Г.Р.						93	
Консульт.					Подбор вибрационной защиты			
Рук-ль ООП	Брисник О.В.				<b>ТПУ гр. 2Б7Б</b>			

Частота вращения насоса –  $N = 2950 \text{ мин}^{-1}$  (49,17 Гц)

Масса насосного агрегата –  $M = 4785 \text{ кг}$

Диаметр гибких вставок:

на всасывании –  $d_1 = 150 \text{ мм}$

на нагнетании –  $d_2 = 125 \text{ мм}$

Принимаем эксцентриситет вращающихся частей агрегата  $\varepsilon = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .  
(при динамической балансировке агрегата допустимо приближенно принять от  $0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$  до  $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ ).

Исходя из частоты вращения ( $2950 \text{ мин}^{-1}$ ), приближенно находим по таблице максимально допустимую амплитуду смещения центра масс агрегата методом интерполяции  $a_{\text{доп}} = 0,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ .

Таблица 1 – Значения максимально допустимой амплитуды

Частота вращения агрегата, $\text{мин}^{-1}$ .	200	300	400	500	600	700	900	1200	1500	2000	3000
Максимально допустимая амплитуда смещения центра масс агрегата, $a_{\text{доп}} \cdot 10^{-3}, \text{ м}$	0,22	0,2	0,18	0,16	0,145	0,13	0,11	0,09	0,07	0,06	0,04

По таблице 2 находим требуемую эффективность виброизоляции насосного агрегата  $\Delta L_{\text{тр}} = 26 \text{ дБ}$ .

Таблица 2 – Значения максимально допустимой амплитуды смещения центра масс

Вид инженерного оборудования	Требуемая эффективность акустической виброизоляции $\Delta L_{\text{тр}}, \text{ дБ}$
Центробежные компрессоры	30
Поршневые компрессоры мощностью, кВт	

Вид инженерного оборудования	Требуемая эффективность акустической виброизоляции $\Delta L_{тр.}, \text{дБ}$
до 11	17
от 15 до 44	20
от 55 до 110	26
Встроенные трансформаторы	28
Автономные кондиционеры*	20
Центробежные насосы	26
Лифтовые лебедки	24
Крышные котельные*	23
Центробежные вентиляторы с частотой вращения, $N, \text{мин}^{-1}$	
более 800	26
от 500 до 800	20-26
от 350 до 500	17-20
от 200 до 350	11-17

По графику (рисунок 12) определяем допустимую частоту собственных колебаний в вертикальном направлении виброизолируемого агрегата при размещении его на железобетонном перекрытии:

$$f_{\text{доп.}} = 6,8 \text{ Гц.}$$

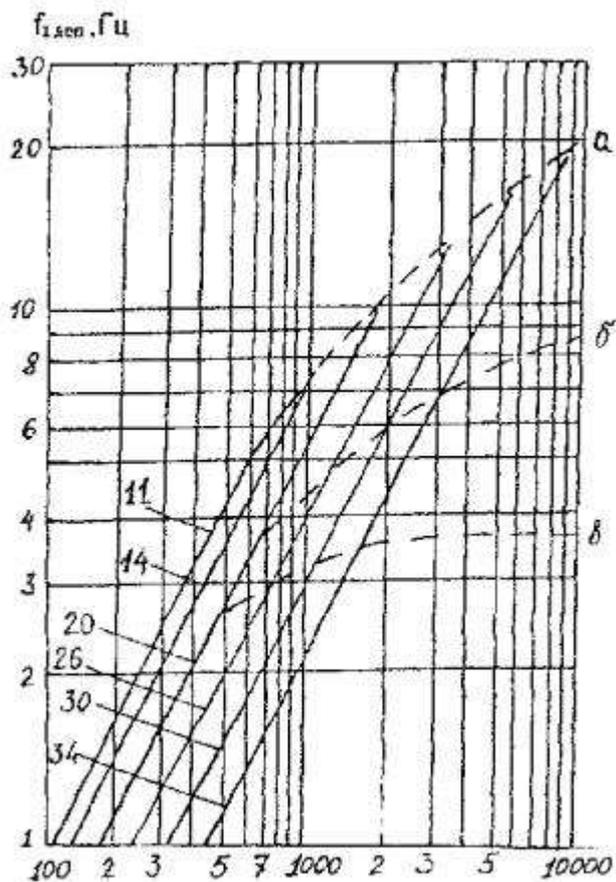


Рисунок 12 – Допустимая частота собственных вертикальных колебаний виброизолированного агрегата  
 а – подвальные этажи, б – железобетонные перекрытия, в – бетонные перекрытия

По графику (рисунок 13) определяем продольную динамическую жесткость гибких вставок:

$$K_{зв1} = 940000 \text{ Н/м}$$

$$K_{зв2} = 560000 \text{ Н/м}$$

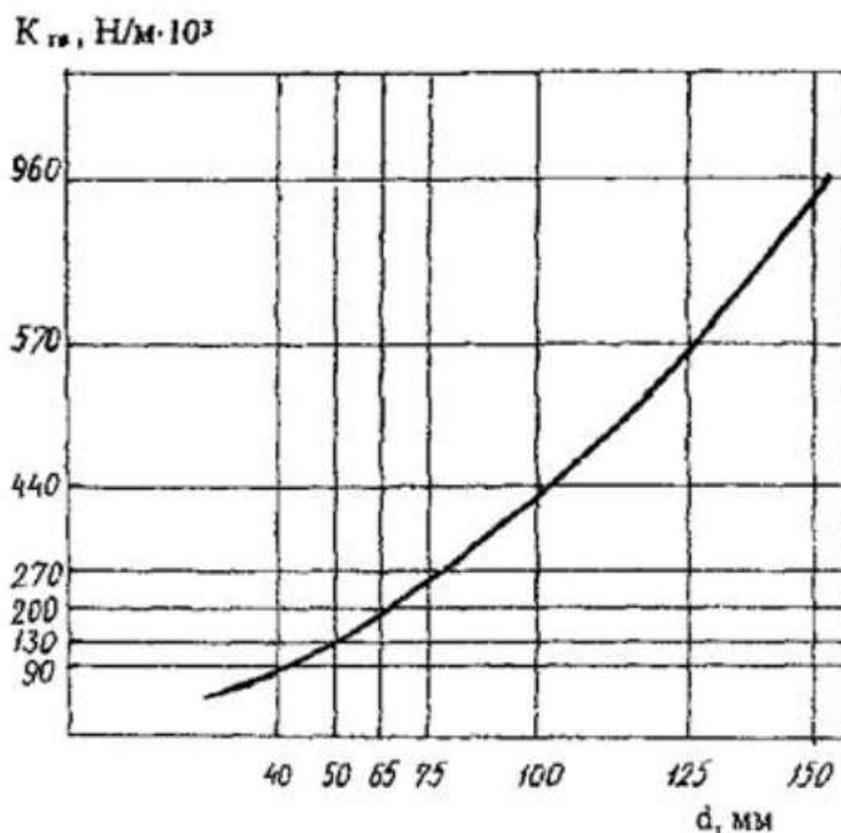


Рисунок 13 – Зависимость продольной динамической жесткости гибких вставок от их внутреннего диаметра

Определяем требуемую условную массу виброизолируемого агрегата  $M_{тр.усл.}$ , учитывая только продольную динамическую жесткость гибких вставок:

$$M_{тр.усл.} = 0,00084 \cdot K_{ГВ} = 0,00084 \cdot (940000 + 560000) = 1260 \text{ кг}$$

где  $K_{ГВ}$  – продольная динамическая жесткость гибких вставок, Н/м (при расположении гибких вставок горизонтально учитывается их суммарная продольная жесткость; при расположении одной гибкой вставки вертикально, а второй горизонтально учитывается только продольная жесткость вертикальной гибкой вставки).

Согласно п. 6.1 пособия выбираем резиновые виброизоляторы, их количество примем равным  $n = 4$  шт. ( $1260 \text{ кг} \cdot 4 > 4785 \text{ кг}$ ). Теперь определим статическую нагрузку на один виброизолятор:

$$P_{ст.} = \frac{M_{тр} \cdot g}{n} = \frac{1260 \cdot 9,81}{4} = 3090 \text{ Н}$$

Определяем расчетную максимальную нагрузку на один виброизолятор:

$$P_{\max \text{ рас.}} = P_{ст.} + 1,5 \cdot \frac{4\pi^2 \cdot f^2 \cdot a_{доп}}{10g} \cdot P_{ст.} =$$

$$= 3090 + 1,5 \cdot \frac{4\pi^2 \cdot 49,17^2 \cdot 0,04 \cdot 10^{-3}}{98,1} \cdot 3090 = 3270,4 \text{ Н}$$

$f$  – частота вращения насоса, Гц;

Определяем требуемую суммарную жесткость виброизоляторов в вертикальном направлении  $K_{зтр.}$ :

$$K_{зтр} = 4\pi^2 \cdot f_{здоп}^2 \cdot M_{тр} = 4\pi^2 \cdot 6,8^2 \cdot 1260 = 2300107 \text{ Н/м}$$

И требуемую жесткость одного виброизолятора  $k_{зтр}$  в вертикальном направлении по формуле 12:

$$k_{зтр} = \frac{K_{зтр}}{n} = 575027 \text{ Н/м}$$

По  $P_{\max \text{ рас}}$  и  $k_{зтр}$ , пользуясь таблицей (рисунок 14) выбираем виброизолятор типа ВР-302. Для него  $P_{\max} = 3600 \text{ Н}$ ,  $k_z = 160000 \text{ Н/м}$ .

Обозначение	Рабочая нагрузка $P_{\text{раб}}$ , Н	Вертикальная жесткость, $\text{Н/м} \times 10^2$	Высота в свободном состоянии $H$ , мм
ВР-201	375	250	100
ВР-202	750	500	
ВР-203	1500	1000	
ВР-301	2820	1250	150
ВР-302	3600	1600	
ВР-303	4500	2000	

Рисунок 14 – Параметры резиновых виброизоляторов ВР

Выбранный тип виброизолятора удовлетворяет условиям:

$$P_{\max} \geq P_{\max \text{ расч}} \quad (3600 \text{ Н} > 3270,4 \text{ Н})$$

$$k_z \leq k_{зтр} \quad (160000 \text{ Н/м} \leq 575027 \text{ Н/м})$$

Необходимые условия при выборе виброизоляторов ВР-302 выполнены.

Определяем собственную частоту колебаний виброизолированного агрегата в вертикальном направлении, (Гц):

$$f_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k_z \cdot g}{P_{ст}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{160000 \cdot 9,81}{3090}} = 3,59 \text{ Гц}$$

Определяем эффективность акустической виброизоляции  $\Delta L$ :

$$\Delta L = 20lg \left| \frac{f^2}{f_z^2} - 1 \right| = 20lg \left| \frac{49,17^2}{3,59^2} - 1 \right| = 45,42 \text{ дБ}$$

Проверяем условие эффективности:

$$\Delta L > \Delta L_{тр} \quad (45,42 \text{ дБ} > 26 \text{ дБ})$$

Из выполнения данного неравенства можем заключить, что виброизоляция обеспечивает необходимую эффективность и может быть применена для обеспечения хорошей вибрационной защиты для насосного агрегата, чтобы снизить влияние его уровня вибрации на трубопровод

					<i>Теоретические основы вибрационной защиты</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 3. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

#### 3.1. Введение

В данном разделе рассматривается возможное влияние используемого оборудования, сырья, энергии, продукции и условий работы человека на окружающую среду, а так же техника безопасности при работе с оборудованием и действия при чрезвычайных ситуациях.

В процессе эксплуатации магистральные трубопроводы подвергаются множеству различных силовых воздействий: давление перекачиваемого продукта, температурные воздействия, сейсмическая активность, повышенная влажность и др. Этим же нагрузкам подвергается и используемое оборудование, в том числе нефтеперекачивающее. Все эти факторы оказывают негативное действие на надежность и долговечность работы оборудования, приводя к неравномерным переменным нагрузкам и различным вибрациям. Поэтому применение современных технологичных систем вибрационной защиты для борьбы с различными возникающими в трубопроводе и применяемом на нем технологическом оборудовании вибрациями необходимо для повышения надежности и длительности работы технологических трубопроводов и оборудования.

В данной работе рассматриваются возможные методы вибрационной защиты, способы устранения вибраций трубопроводов и оборудования, делается вывод о целесообразности их использования. В разделе «социальная ответственность» рассматривается магистральный трубопровод, как опасный производственный объект, анализируются причины возникновения опасных и вредных факторов.

					Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Абсалямов Р.М.			Социальная ответственность	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Зиякаев Г.Р.						93
Консульт.		Фех А.И.				ТПУ гр. 257Б		
Рук-ль ООП		Брисник О.В.						

### 3.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В области охраны труда и безопасности жизнедеятельности трудовую деятельность регламентируют следующие правовые, нормативные акты, инструктивные акты в области охраны труда и отраслевые документы:

- Закон об основах охраны труда в РФ №181-ФЗ от 17.07.1999 г (с изменениями от 20 мая 2002 г., 10 января 2003 г., 9 мая, 26 декабря 2005 г.).
- Федеральный закон о промышленной безопасности опасных производственных объектов 116-ФЗ от 21.07.1997 г. с изменениями от 7.08.2000 г.
- Трудовой кодекс №197-ФЗ (с изм. и доп., вступ. в силу с 13.04.2014)
- Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08- 624-03
- Инструкции по технике безопасности предприятия.
- Порядок разработки деклараций безопасности промышленного объекта РФ. МЧС, Госгортехнадзор №222/59 от 4.04.1996 г.
- ГОСТ 12.0001-82 ССБТ «Система стандартов безопасности труда»
- Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
- СНиП .21/2.11.567-96 от 31.10.1996 г.
- Закон о пожарной безопасности №69-ФЗ, принят 21.12.1994 г (с дополнениями и изменениями от 22.08.1995 г, от 18.04.1996г, от 2.01.1998 г, от 11.2000 г. от 27.12.2000 г.)
- Пожарная охрана предприятий. Общие требования. НБТ - 201-96, утв. 01.03.1992г.
- Правила пожарной безопасности РФ ППБ-01-93. МВД РФ 14.12.1993 г., дополнения к ним от 25.07.1995 г.

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

Из вышеупомянутых документов можно сделать вывод: эксплуатационно-монтажные работы проводятся лицами, работающими вахтовым методом. Данный вид работ регулируется Трудовым Кодексом РФ. К работам, выполняемым вахтовым методом, не могут привлекаться работники в возрасте до восемнадцати лет, беременные женщины и женщины, имеющие детей в возрасте до трех лет, а также лица, имеющие противопоказания к выполнению работ вахтовым методом в соответствии с медицинским заключением, выданным в порядке, установленном федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междусменного отдыха. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Рабочее время и время отдыха в пределах учетного периода регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается работодателем. Работникам, выполняющим работы вахтовым методом, предоставляются надбавки и коэффициенты к заработной плате, а также социальные пакеты (пенсионный фонд, медицинская страховка, оплата санаторного лечения, оплата путевок в детские лагеря и др.). Рациональная организация рабочей зоны обеспечивает удобную рабочую позу, возможность применения передовых приемов и методов труда, минимальные траектории движений рабочего и движений предметов труда, соблюдение строгой последовательности, при которой один элемент работы плавно переходит в другой. При этом размещение средств оснащения и предметов труда должно подчиняться основным требованиям, нарушение которых ведет к непроизводительным затратам рабочего времени и энергии работника, преждевременному утомлению и снижению производительности труда, нерациональному использованию производственных площадей.

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

Рассмотрим вредные и опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при обслуживании магистрального трубопровода. Нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов можно увидеть в таблице 1.

Таблица 3 – Факторы, действующие на работника при проведении работ на объекте

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Проектир	Ремонт	Эксплуат	
1.Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением		+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ [1] ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ [2]
2.Отклонение показателей микроклимата		+	+	СанПиН 2.2.4.548-96 [3] ГОСТ 12.0.003-2015 [4] СНиП 2.04.14-88*[5]
3.Превышение уровней шума	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 [6]
4.Превышение уровней вибрации		+	+	ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ [7] ГОСТ ISO 2954-2014 [8]
5.Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [9]
6.Повышенная запыленность и загазованность	+	+	+	СанПиН 2.2.4.1294-03 [10] ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ [11]
7.Контакт с животными, пресмыкающимися		+	+	ГОСТ 3.5.2.2487-09 [12]
8.Движущиеся машины и механизмы		+	+	ГОСТ 12.1.003-14* [13]
9.Поражение электрическим током	+	+	+	ГОСТ ИЕС 61140-2012 [14] ГОСТ Р 12.4.234-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) [15]

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.3.Микроклимат

В настоящее время для оценки допустимости проведения работ и их нормирования на открытом воздухе в условиях крайнего севера (а также районах приравненных к районам крайнего Севера) используется понятие предельной жесткости погоды, устанавливаемая для каждого района решением местных региональных органов управления.

Предельная жесткость погоды, ниже которой не могут выполняться работы на открытом воздухе, колеблется в пределах от -40 до -45 °С.

При эквивалентной температуре наружного воздуха ниже -25 °С работающим на открытом воздухе или в закрытых необогреваемых помещениях, а также грузчикам, занятым на погрузочно-разгрузочных работах, и другим работникам, ежечасно должен быть обеспечен обогрев в помещении, где необходимо поддерживать температуру около +25 °С.

Работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены в зимнее время спецодеждой и спецобувью с повышенным суммарным тепловым сопротивлением, а также защитными масками для лица. При работах, связанных с ограниченностью движения, следует применять спецодежду и спецобувь со специальными видами обогрева. Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°С (301 К).

Для поддержания микроклимата предусматриваются приточная и вытяжная вентиляции, нагреватели и кондиционеры. Профилактика перегревания работников осуществляется организацией рационального режима труда и отдыха путем сокращения рабочего времени для введения перерывов для отдыха, использования средств индивидуальной защиты.

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

В рабочих зонах помещения и площадки обслуживания температура воздуха различна в теплый и холодный периоды года.

Интенсивность теплового облучения от работающих агрегатов и от нагретых поверхностей не должна превышать 35 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 50% поверхности тела, 70 Вт/м<sup>2</sup> при облучении 25-50% поверхности тела и 100 Вт/м<sup>2</sup> при облучении менее 25%. Максимальная температура при этом 28°C (301 К).

### **3.4. Превышение уровней шума.**

Уровни шума на рабочих местах не должны превышать значений, установленных СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96 и составляют не более 50 дБА. На рабочих местах в помещениях для размещения шумных агрегатов уровень шума не должен превышать 75 дБА, а уровень вибрации в помещениях допустимых значений по СН 2.2.4/2.1.8.566-96 категория 3, тип «в». Запрещается даже кратковременное пребывание в зоне с уровнями звукового давления, превышающими 135 дБА.

Снизить уровень шума в помещениях можно с использованием средств звукоизоляции (звукоизолирующие кожухи) с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

В качестве СИЗ Государственным стандартом предусмотрены заглушки- вкладыши (многократного или однократного пользования, вкладыши "Беруши" и др.), заглушающая способность которых составляет 6- В случаях более высокого превышения уровней шума следует использовать наушники, надеваемые на ушную раковину. Наушники могут быть

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

независимыми либо встроенными в головной убор или в другое защитное устройство.

### **3.5.Превышение уровней вибрации**

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

Вибробезопасные условия труда должны быть обеспечены:

- применением вибробезопасного оборудования и инструмента;
- применением средств виброзащиты, снижающих воздействие на работающих вибрации на путях ее распространения от источника возбуждения;
- организационно-техническими мероприятиями.

### **3.6.Недостаточная освещенность рабочей зоны**

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

### **3.7.Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны**

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или

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

рудничной лампы. Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК). Предельно допустимая концентрация пыли, как вещества умеренно опасного, в воздухе рабочей зоны составляет 1,1-10 мг/м<sup>3</sup>, для природного газа ПДК 300 мг/м<sup>3</sup>.

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

Уменьшение неблагоприятного воздействия запыленности и загазованности воздуха достигается за счет регулярной вентиляции рабочей зоны. Работающие в условиях пылеобразования должны быть в противопыльных респираторах, защитных очках и комбинезонах. При загазованности траншеи или котлована в результате утечки газа необходимо прекратить работу и вывести людей, запретив курить, зажигать спички или пользоваться открытым огнем.

### **3.8.Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением**

При несоблюдении правил безопасности при изготовлении, монтаже и эксплуатации оборудование, работающее под высоким давлением, обладает повышенной опасностью.

Причинами разрушения или разгерметизации систем повышенного давления могут быть: внешние механические воздействия, старение систем (снижение механической прочности); нарушение технологического режима; конструкторские ошибки; изменение состояния герметизируемой среды; неисправности в контрольно-измерительных, регулирующих и предохранительных устройствах; ошибки обслуживающего персонала и т. д.

Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования, работающего под давлением, распространяются:

- работающие под давлением пара или газа свыше 0,07 МПа;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- на баллоны, предназначенные для транспортирования и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа;
- на цистерны и бочки для транспортирования и хранения сжиженных газов, давление паров которых при температуре до 50 °С превышает давление 0,07 МПа;
- на цистерны и сосуды для транспортирования или хранения сжатых, сжиженных газов, жидкостей и сыпучих тел, в которых давление выше 0,07 МПа создается периодически.

Основным требованием к конструкции оборудования работающего под высоким давлением является надежность обеспечения безопасности при и возможности осмотра и ремонта. Специальные требования предъявляются к сварным швам. Они должны быть доступны для контроля при изготовлении, монтаже и эксплуатации, располагаться вне опор сосудов. Сварные швы делаются только стыковыми. Ответственность за исправное состояние и безопасную эксплуатацию сосудов должна быть возложена на специалиста, которому подчинен персонал, обслуживающий сосуды.

### **3.9. Пожарная и взрывная безопасность**

В процессе хранения нефти в резервуаре, углеводороды, входящие в состав нефтяных паров при взаимодействии с воздухом, образуют взрывоопасную смесь. Одна из причин образования паровоздушных смесей это утечки через фланцевые соединения приемо-раздаточных патрубков резервуара. Нефть относится к категории и группе взрывоопасных смесей - ПА–ТЗ, где ПА – категория смеси, соответствующая промышленным парам нефти, ТЗ – группа, соответствующая температуре самовоспламенения свыше 200°С до 300°С.

Резервуарный парк относится:

- к категории «А» по взрыво- и пожароопасности;
- к классу взрывоопасности «В-1а»;

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

- к категории молниезащиты «II».

С целью обеспечения взрыво- и пожаробезопасности в резервуарных парках для паров углеводородов установлена предельно-допустимая взрывобезопасная концентрация ПДВК = 2100мг/м<sup>3</sup> .

Все работники должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа.

Вся передвижная техника в охранной зоне МГ должна быть обеспечена искрогасителями заводского изготовления. Самоходная техника, сварочные агрегаты, компрессоры, задействованные в производстве подготовительных и огневых работ, должны быть обеспечены не менее чем двумя огнетушителями ОУ-10, ОП-10. В помещениях на видных местах должны быть вывешены таблички с указанием порядка вызова пожарной охраны. Объект необходимо обеспечить прямой связью с ближайшим подразделением пожарной охраны или оператором КС. При работе категорически запрещается курить на рабочем месте. На рабочих местах должны быть вывешены предупредительные надписи: “Не курить”, “Огнеопасно”, “Взрывоопасно”.

В случае возникновения пожара использовать пенные, порошковые, углекислотные огнетушители или приспособления для распыления воды.

### **3.10. Экологическая безопасность**

При эксплуатации необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоёмы и атмосферу.

Перед началом производства работ следует выполнить следующие работы:

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

- оформить в природоохранных органах все разрешения, согласования и лицензии, необходимые для производства работ по данному объекту;
- заключить договора со специализированными организациями на сдачу отходов, грунта, сточных вод образующихся в процессе производства работ;
- оборудовать места временного размещения отходов в соответствии с нормативными требованиями.

При организации ремонта необходимо осуществлять мероприятия и работы по охране окружающей среды, которые должны включать предотвращение потерь природных ресурсов, предотвращение попадания загрязняющих веществ в почву, водоемы и атмосферу.

### **3.11. Защита атмосферы**

При хранении нефтепродуктов в резервуаре образовывается газозвдушная смесь, которая через дыхательные клапаны выходит в атмосферу, это называется «большие дыхания» резервуара.

Уменьшение газового пространства, это один из наиболее эффективных методов борьбы с потерями от испарения и выбросом в окружающую среду. Также поддержание всего транспортного парка в исправном состоянии, осуществление постоянного контроля на соответствие требованиям нормативов уровня выбросов в атмосферу оксидов азота и окиси углерода в составе выхлопных газов и регулировка двигателей [16].

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям и выбросам. Резервуары и прилежащую территорию содержат в чистоте, и оборудуют средствами пожаротушения и молниеотводами.

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

### 3.12. Защита гидросферы

Производственно-дождевые сточные воды нефтеперекачивающих станций и нефтебаз перед сбросом их в водоемы и водотоки должны быть очищены. Необходимая степень очистки должна быть обоснована с учетом места сброса сточных вод и установленного норматива предельно допустимого сброса загрязняющего вещества.

Нормы предельно допустимого сброса загрязняющих веществ со сточными водами устанавливаются в разрешениях на специальное водопользование в соответствии с «Инструкцией о порядке согласования и выдачи разрешений на спецводопользование» [17].

При попадании нефти в водоемы, необходимо ликвидировать ее дальнейшее распространение с помощью боновых заграждений и удалить нефтесборщиками. Собранную нефть размещают в специальных сборных резервуарах для последующей утилизации, исключаяющей вторичное загрязнение производственных объектов и объектов окружающей среды. Тонкие слои нефти, оставшиеся на поверхности воды после сбора нефтесборщиками, нефть, оставшаяся в лагунах, рукавах, заливах, убирается сорбентами. Остаточные нефтяные загрязнения, нефть, оставшаяся на плесах, берегах, между растительностью, смываются водой, собираются на поверхности воды между берегом и боновыми заграждениями, затем убирается с помощью сорбентов, которые наносятся на водную поверхность и после пропитывания остаточной нефтью собираются и вывозятся на специальные полигоны, где утилизируются или сжигаются.

### 3.13. Защита литосферы

Литосфера – твердая оболочка Земли, включающая земную кору и мантию. Почва, наряду с Мировым океаном оказывает решающее значение на всю биосферу. Активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы Земли.

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

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

Загрязнение почв нефтешламом приводит к значительному экологическому и экономическому ущербу: понижается продуктивность лесных ресурсов, ухудшается санитарное состояние окружающей среды.

Приказом по предприятию назначается лицо, ответственное за сбор, временное хранение и организацию своевременного вывоза нефтешлама, образующихся в результате проведения работ. На участке должен проводиться постоянный контроль за состоянием рабочих емкостей и контейнеров с отходами. Места временного хранения и накопления отходов должны соответствовать требованиям техники безопасности, санитарногигиеническим нормам и выше перечисленным инструкциям. Места сбора и накопления отходов должны быть оборудованы углекислотными огнетушителями, ящиками с песком, лопатой, войлоком, кошмой или асбестом.

Земельные участки, отведенные в постоянное пользование, благоустраиваются с использованием предварительно снятого почвеннорастительного слоя. Земли, передаваемые во временное пользование, подлежат восстановлению (рекультивации). Земельные участки приводятся в пригодное для использования по назначению состояние в ходе работ, а при невозможности этого не позднее, чем в течение года после завершения работ.

Немаловажным фактором является в целом состояние резервуара. Наличие коррозии и различных видов дефектов также приводит к большим потерям выбросам.

Резервуары и прилегающую территорию содержат в чистоте, и оборудуют средствами пожаротушения и молниеотводами.

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

### 3.14. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, катастрофы, опасного природного процесса, стихийного бедствия, которая приводит к человеческим жертвам, наносит ущерб здоровью населения и природной среде, а также вызывает значительные материальные потери и нарушение условий жизни людей [18].

На объектах для хранения нефти могут произойти различного рода аварии, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям. Это и пожары и взрывы при проведении ремонтных работ с несоблюдением требований безопасности по ремонту и эксплуатации.

Чрезвычайные ситуации в резервуарном парке могут возникнуть по различным причинам, например:

- паводковые наводнения;
- лесные пожары;
- по причинам техногенного характера (аварии) и др.

Аварии могут привести к чрезвычайным ситуациям. Возможными причинами аварий могут быть:

- ошибочные действия персонала при производстве работ;
- отказ приборов контроля и сигнализации;
- отказ электрооборудования и отключение электроэнергии;
- производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;
- старение оборудования (моральный или физический износ);
- факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молнией и др.).

Одними из примеров чрезвычайных ситуаций могут быть пожары или взрывы при проведении работ в газоопасных местах при очистке резервуара.

Данные пожары и взрывы относятся к чрезвычайным ситуациям техногенного характера. С целью предотвращения чрезвычайных ситуаций,

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

связанных с возникновением взрывов или пожаров необходимо применить следующие меры безопасности:

- перед началом работ переносным газоанализатором проверяется уровень загазованности воздушной среды, при этом содержание паров нефти и газов не должно превышать предельно –допустимой концентрации по санитарным нормам;

- в процессе работы следует периодически контролировать загазованность, а в случае необходимости обеспечить принудительную вентиляцию;

- для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности работники должны быть оснащены спецодеждой, спецобувью и другие средства индивидуальной защиты (очки, перчатки, каски), которые предусмотрены типовыми и отраслевыми нормами.

#### Порядок оповещения в ЧС:

Первичная информация о чрезвычайной ситуации поступает на пульт старшему сотруднику охраны.

Дежурный сотрудник с получением сообщения о чрезвычайной ситуации обязан:

- уточнить метеоданные, оценить обстановку; включить кнопку запуска электросирены

- доложить Управляющему (генеральному директору) и главному инженеру о масштабах аварии и с их разрешения задействовать Схему оповещения и сбора руководящего состава;

- доложить оперативному дежурному ГУ МЧС;

- по громкоговорящей связи объявить информацию по территории нефтебазы и для населения, проживающего вблизи объекта;

- по техническим средствам связи объявить сигнал «Объявлен сбор» и сообщить информацию городской пожарной части;

- оповестить и организовать сбор комиссии по ЧС ПБ;

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

- сделать запись в оперативном журнале о чрезвычайной ситуации и принятых мерах;
- подготовить информацию для донесений в ГУ МЧС;
- по прибытии руководителя – Управляющего (генерального директора), главного инженера доложить о выполненных мероприятиях;
- Организация оповещения об обстановке органов управления привлекаемых сил, рабочих и служащих объекта осуществляется по радиотрансляционной сети, поисковой, телефонной связи или посыльными;

### 3.15. Вывод по разделу

Магистральные трубопроводы входят в число опасных производственных объектов, которые являются источниками множества вредных и опасных факторов, а также могут стать причиной инцидентов и аварий. Всевозможные последствия, связанные с безопасностью труда работников, необходимо максимально снизить. В разделе были рассмотрены опасные и вредные факторы, оказываемые на людей при строительстве, монтаже, эксплуатации магистральных трубопроводов, а также способы защиты и предупреждения. Необходимо ответственно подходить к данному вопросу, так как это напрямую влияет на здоровье и жизнь работника в целом. Хотелось бы отметить необходимость соблюдения выше указанных нормативов, ГОСТов.

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

## 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ. РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

В целевой рынок входят организации отраслей добычи, транспортировки и хранения нефти и газа, а также отрасли в которых наблюдается широкое применение трубопроводов.

Для данных коммерческих организаций критерием сегментирования является повышение вибрационной защиты. Сегментируем технологию защиты от вибраций трубопроводов по критерию эффективности виброзащиты.

Основными сегментами данного рынка являются нефтяная и газовая промышленность на территории Российской Федерации, на них и будет направлена ориентация разработки.

#### 4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Абсалямов Р.М.</i>			<i>Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		<i>Зиякаев Г.Р.</i>						93
<i>Консульт.</i>		<i>Клемашева Е.И.</i>				<b>ТПУ гр. 257Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		<i>Брисник О.В.</i>						

В ходе исследования проанализированы конкурентные технические решения, используемые на сегодняшний день в промышленности России и стран зарубежья. На сегодняшний день применяют разные техники для повышения вибрационной защиты трубопроводов.

Используемые техники уменьшения вибрации:

- 1) А – увеличение массы основания или смещение центра масс основания
- 2) В – установка вибродемпфера;
- 3) С – выбор иного режима работы оборудования.

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i \quad (1)$$

где К-конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$ – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$ – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 4 – Оценка эффективности

Критерии	Вес критерия	Баллы			Конкурентность		
		Б <sub>А</sub>	Б <sub>В</sub>	Б <sub>С</sub>	К <sub>А</sub>	К <sub>В</sub>	К <sub>С</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение Производительности труда пользователя	0,08	3	5	5	0,24	0,4	0,4

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

2. Удобство в эксплуатации	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
3. Уровень эффективности виброзащиты	0,08	3	5	5	0,24	0,4	0,4
4. Повышение безопасности труда	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
5. Надежность	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
6. Уровень производимого Шума	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
7. Необходимость в высококвалифицированных специалистах	0,06	5	4	2	0,3	0,24	0,12
8. Простота эксплуатации	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
9. Влияние на эффективность работы основного оборудования	0,1	5	5	2	0,5	0,5	0,2
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	2	5	4	0,1	0,25	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
3. Цена	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	4	5	0,15	0,2	0,25
5. Срок окупаемости	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
Итого					3,65	4,62	4,11

Исходя из проведенного выше анализа, можно сделать вывод, что технология "В" имеет ряд преимуществ над своими аналогами. При использовании данной технологии значительно снижается уровень шума и вибраций, а также повышается производительность работы, кроме того вибродемпферы просты и удобны в эксплуатации. Также вариант "В" положительно сказывается на эффективности работы оборудования, в отличие от остальных вариантов.

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 4.1.3. SWOT–анализ

SWOT–анализ – это определение сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз по его осуществлению. Этот анализ проводят для выявления внешней и внутренней среды проекта. Проводится этот анализ в три этапа.

#### Первый этап

Данный этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны проекта – это его факторы, которые характеризуют конкурентоспособную сторону научно–исследовательского проекта. Сильные стороны свидетельствуют о том, что у проекта есть отличительное преимущество или особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

К сильным сторонам проекта относятся:

- Длительный срок службы виброизоляторов (не менее 10 лет) – С1;
- возможность применения как к трубопроводам, так и к используемому на них оборудованию – С2;
- содержащаяся высоковязкая рабочая жидкость нетоксична, огнеупорна, устойчива к радиоактивным веществам, биологически инертна, не способствует коррозии и может использоваться в диапазоне температур от -500С до +2000С – С3;
- позволяет эффективно бороться с резонансными частотами колебаний – С4;

К слабым сторонам проекта относятся:

- дополнительные финансовые и временные затраты при монтаже – Сл.1;

К возможностям проекта относятся:

- финансовая поддержка спонсора – В1;
- возможность распространения разработки для стран зарубежья – В2.

К угрозам относятся:

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- недостаток финансов на реализацию проекта – У1;
- отсутствие спроса на новые технологии производства – У2.

### Второй этап

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

Таблица 5 – Интерактивные матрицы сильных и слабых сторон проекта и его возможностей

<b>Сильные стороны проекта</b>					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	0	0
	B2	+	+	0	0
<b>Слабые стороны проекта</b>					
Возможности проекта		Сл1			
	B1	+			
	B2	0			
<b>Сильные стороны проекта</b>					
Угрозы для проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	0	0	0
	У2	+	+	+	+
<b>Слабые стороны проекта</b>					
Угрозы для проекта		Сл1			
	У1	+			
	У2	0			

При анализе данных таблицы можно выделить следующие совпадения: B1B2C1C2; B1Сл1; У2С1С2С3С4; У1Сл1

### Третий этап

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа.

Таблица 6 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно – исследовательского проекта: Длительный срок службы виброизоляторов (не менее 10 лет) – С1; возможность применения как к трубопроводам, так и к используемому на них оборудованию – С2; содержащая высоковязкая рабочая жидкость нетоксична, огнеупорна, устойчива к радиоактивным веществам, биологически инертна, не способствует коррозии и может использоваться в диапазоне температур от - 500С до +2000С – С3; позволяет эффективно бороться с резонансными частотами колебаний – С4.</p>	<p>Слабые стороны научно исследовательского проекта: дополнительные финансовые и временные затраты при монтаже – Сл.1;</p>
<p>Возможности: финансовая поддержка спонсора – В1; возможность распространения разработки для стран зарубежья – В2.</p>	<p>В1В2С1С2 – надежность и универсальность решения наверняка окажутся привлекательными для спонсоров и различных компаний, в том числе зарубежных</p>	<p>В1Сл.1 – ввиду необходимости дополнительных затрат при таком решении, вероятно, будет необходима дополнительная денежная сумма, привлеченная</p>

			посредством спонсирования или кредитования
Угрозы: Недостаток финансов На реализацию проекта – У1. Отсутствие спроса на Новые технологии производства – У2.	У2С1С2С3С4 – Хотя спрос может быть невелик ввиду высокой конкуренции, решение обладает рядом преимуществ в виде высокой надежности, долговечности и безопасности работы, что позволит в той или иной мере привлечь покупателей и инвесторов	У1Сл.1 – Решение потребует дополнительных расчетов при проектировании и увеличения денежных затрат при монтаже, что может оттолкнуть потенциальных клиентов	

В результате проведения SWOT анализа определили сильные и слабые стороны проекта, выявили возможные и угрозы по его осуществлению. Выявили, что проект имеет отличительное преимущество и особые ресурсы, являющиеся особенными с точки зрения конкуренции.

#### 4.1.4. Оценка готовности проекта к коммерциализации

Коммерциализация инновационного продукта – процесс совпадения форматов поведения покупателя и продавца инновационного продукта относительно возможности использования, стоимости, перехода прав собственности на инновационный продукт (или рыночное освоение инновационного продукта).

На данном этапе производится оценка степени готовности проекта к коммерциализации и определение уровня собственных знаний для ее проведения или завершения.

При проведении анализа по таблице, приведенной ниже, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. Так, при

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает не проработанность проекта, 2 балла – слабую проработанность, 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен, 4 балла – выполнено качественно, 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид: 1 означает не знаком или мало знаю, 2 – в объеме теоретических знаний, 3 – знаю теорию и практические примеры применения, 4

–знаю теорию и самостоятельно выполняю, 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Таблица 7 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний разработчиками
1	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	5	5
3	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	5
4	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4

5	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	3
6	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
7	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
8	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	0	3
9	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	5
10	Разработана стратегия реализации научной разработки	3	5
11	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	0	1
12	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	3
13	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации	5	5

	научной разработки		
14	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
15	Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
ИТОГО БАЛЛОВ		42	50

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i \quad (1)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;  $B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Анализируя выше приведенную таблицу, значение  $B_{\text{сум}}$  получилось от 40 до 55, то такая разработка считается средней, а знания разработчика достаточными для ее коммерциализации.

При коммерциализации научно–технических разработок владелец интеллектуальной собственности преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. Это может быть получение средств для продолжения своих научных исследований и разработок (получение финансирования, оборудования, уникальных материалов, других научно-технических разработок и т.д.), одноразовое получение финансовых ресурсов для каких–либо целей или для накопления, обеспечение постоянного притока финансовых средств, а также их различные сочетания.

При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации. Задача данного раздела – это выбор метода коммерциализации объекта исследования и обоснование его целесообразности. Для того чтобы это сделать необходимо ориентироваться в возможных вариантах.

В данной ВКР выбран метод инжиниринга и передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия. При выборе данных методов коммерциализации возможно предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием. Также строительством и вводом объекта в эксплуатацию с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции. Так же планируется писать коммерческое предложение потенциальным покупателям, это предприятия строительства и ремонта трубопроводов в России и странах зарубежья.

#### 4.2. Планирование научно-исследовательских работ

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

##### 4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	Научный руководитель, исполнитель
Выбор направления	3	Поиск и изучение материала по теме	Исполнитель, научный

			руководитель
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Исполнитель
	7	Подбор нормативных документов	Исполнитель, научный руководитель
	8	Проведение расчетов по теме	Исполнитель
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Исполнитель, научный руководитель
	10	Вывод по цели	Исполнитель

#### 4.2.2. Разработка графика проведения научного исследования

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

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}$$

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

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

Все рассчитанные значения вносим в таблицу, после заполнения таблицы строим календарный план-график.

График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

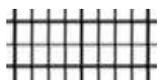
					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнитель и	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$			Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни			$t_{max}$ , чел-дни			$t_{ожи}$ , чел-дни				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							
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	5	5	5
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-испол.	1	1	1	4	4	4
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Испол.-рук.	1	1	1	4	4	4
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	4	5	5
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	5	5	5
Изучение Литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Исполнитель	10	10	10	17	17	17



5	Календарное планирование работ	Руководитель	5											
6	Изучение литературы по теме	Исполнитель	17											
7	Подбор нормативных документов	Испол.-рук.	7											
8	Проведение расчетов по теме	Исполнитель	12											
9	Анализ результатов	Испол.-рук.	5											
10	Вывод по цели	Исполнитель	6											



-

исполнитель;



-

руководитель

После составления календарного плана-графика проведения ВКР определили последовательность и сроки выполнения отдельных работ.

### 4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

#### 4.3.1. Расчет материальных затрат

Таблица – расчет материальных затрат

Наименование	Количество			Цена за единицу, руб.	Затраты на оборудование, руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Виброизолятор ВР-302	4	4	4	~1500	6000	6000	6000
Болт	16	16	16	14	224	224	224
Гайка	16	16	16	8	128	128	128
Итого:					6352	6352	6352

#### 4.3.2. Затраты на специальное оборудование для научных работ

Кроме того, понадобится компьютер и специальное программное обеспечение для более быстрых и детальных расчетов при проектировании эффективной вибрационной защиты. Положим, что стоимость компьютера около 35 тыс. руб., стоимость программного обеспечения 5 тыс. руб. с предположением о том, что специализированные программы имеются в распоряжении организации.

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 4.3.3. Основная заработная плата исполнителей системы

Заработная плата зависит от трудоемкости работы, величины оклада, тарифных ставок. Учитывается и премия (20 – 30% от тарифа, оклада).

Таблица 11 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категории	Трудоемкость, чел – дн.			Заработанная плата, приходящаяся на один чел. – дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Календарное планирование работ по теме	Рук., Исп.	2	2	2	1,16	2,32	2,32	2,32
2	Составление и утверждение тех. Задания	Рук.	6	8	7	0,93	5,58	7,44	6,51
3	Подбор и изучение материалов	Рук.	2	2	2	0,93	1,86	1,86	1,86
4	Согласование материалов по теме	Исп.	10	10	10	0,23	2,3	2,3	2,3
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Рук.	8	9	9	0,23	1,84	2,07	2,07
6	Выполнение монтажных работ	Исп.	1	1	2	0,23	0,23	0,23	0,46

7	Оценка результатов исследования	Рук., Исп	4	5	6	1,16	4,64	5,8	6,96
Итого:							18,7	22,0	22,4
							7	2	8

Таблица 12 – Баланс годового рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные дни/ праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени: - отпуск/невыходы по болезни	66	52
Действительное число рабочих дней	233	247

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_M = Z_{TC} * (1 + k_{пр} + k_d) * k_p$$

$Z_{TC}$  – з/п по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,3;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 30%;

$Z_M$  – месячный оклад работника, руб.;

$Z_{дн}$  – среднедневная з/п работника, руб.;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн.;

$Z_{осн}$  – основная з/п одного работника.

Таблица 13 – Расчет заработной платы

	З <sub>тс</sub> , руб.	к <sub>пр</sub>	к <sub>д</sub>	к <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , руб.	З <sub>дн</sub> , руб.	Т <sub>р</sub> раб. дн.	З <sub>осн</sub> , руб.
Исполнитель 1								
Руководитель	32000	0,3	0,2	1,3	62400	3212,73	22	70680,06
Исполнитель	21000	0,3	0,2	1,3	40950	1989,48	17	33821,06
Итого:								104501,12
Исполнитель 2								
Руководитель	32000	0,3	0,2	1,3	62400	3213,73	26	83556,98
Исполнитель	21000	0,3	0,2	1,3	40950	1989,48	18	35810,64
Итого:								119367,62
Исполнитель 3								
Руководитель	32000	0,3	0,2	1,3	62400	3213,73	26	83556,98
Исполнитель	21000	0,3	0,2	1,3	40950	1989,48	20	39789,6
Итого:								123346,58

#### 4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей системы

ТК РФ предусматривает гарантированные выплаты для работников за работу условия которой отклоняются от нормальных условий труда.

Рассчитаем их по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной з/п (принимаем = 0,12 – 0,15).

Таблица 14 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель 1			
	к <sub>доп</sub>	З <sub>осн</sub> , руб	З <sub>доп</sub> , руб
Руководитель	0,15	70680,06	10602,01
Исполнитель	0,15	33821,06	5073,16
Итого:		<b>104501,12</b>	<b>15675,17</b>
Исполнитель 2			
	к <sub>доп</sub>	З <sub>осн</sub> , руб	З <sub>доп</sub> , руб
Руководитель	0,15	83556,98	12533,55
Исполнитель	0,15	35810,64	5371,60

Итого:		<b>119367,62</b>	<b>17905,15</b>
Исполнитель 3			
	<b>к<sub>доп</sub></b>	<b>З<sub>осн.</sub>, руб</b>	<b>З<sub>доп.</sub>, руб</b>
Руководитель	0,15	83556,98	12533,55
Исполнитель	0,15	39789,6	5968,44
Итого:		<b>123346,58</b>	<b>18501,99</b>

#### 4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Законодательство РФ предписывает отчисления в пенсионный фонд, по обязательному медицинскому страхованию, государственному социальному страхованию.

Рассчитаем размер отчислений по формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды ( $k_{внеб} = 0,302$  (30,2%)).

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель 1	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З <sub>осн.</sub> , руб	З <sub>доп.</sub> , руб	З <sub>внеб.</sub> , руб
Руководитель	30,2	70680,06	10602,01	24547,19
Исполнитель	30,2	33821,06	5073,16	11746,05
Итого:				36293,24
Исполнитель 2	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З <sub>осн.</sub> , руб	З <sub>доп.</sub> , руб	З <sub>внеб.</sub> , руб
Руководитель	30,2	83556,98	12533,55	29019,34
Исполнитель	30,2	35810,64	5371,60	12437,04
Итого:				41456,38
Исполнитель 3	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	З <sub>осн.</sub> , руб	З <sub>доп.</sub> , руб	З <sub>внеб.</sub> , руб
Руководитель	30,2	83556,98	12533,55	29019,34
Исполнитель	30,2	39789,6	5968,44	13818,93
Итого:				42838,27

#### 4.3.6. Накладные расходы

Прочие расходы относим к накладным расходам (коммунальные услуги, техничеcко-организационные затраты, услуги связи).

Рассчитаем их по формуле:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Для исполнителя 1:

$$Z_{\text{накл}} = (6352+40000+104501,12+15675,17+36293,24) \cdot 0,16 = 32451,44 \text{ руб.}$$

Для исполнителя 2:

$$Z_{\text{накл}} = (6352+40000+119367,62+17905,15+41456,38) \cdot 0,16 = 36012,98 \text{ руб.}$$

Для исполнителя 3:

$$Z_{\text{накл}} = (6352+40000+123346,58+18501,99+42838,27) \cdot 0,16 = 36966,21 \text{ руб.}$$

#### 4.3.7. Формирование бюджета затрат научно–исследовательского проекта

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	6352	6352	6352	Пункт
2. Затраты на специальное оборудование для научных работ	40000	40000	40000	Пункт
3. Затраты по основной заработной плате	104501,12	119367,62	123346,58	Пункт

исполнителей темы				
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15675,17	17905,15	18501,99	Пункт
5. Отчисления во внебюджетные фонды	36293,24	41456,38	42838,27	Пункт
6. Накладные расходы	32451,44	36012,98	36966,21	16% от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	235272,97	261094,13	268005,05	Сумма ст. 1-6

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

##### 4.4.1. Оценка сравнительной эффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I\phi = \frac{\Phi_{pj}}{\Phi_{max}}$$

где  $\Phi_{pi}$  – стоимость i-ого варианта исполнения;

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения научно исследовательского проекта.

$$I_1 = \frac{235272,97}{268005,05} = 0,878;$$

$$I_2 = \frac{261094,13}{268005,05} = 0,974;$$

$$I_3 = \frac{268005,05}{268005,05} = 1.$$

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

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_m = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;  
 $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;  $b_i$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы, которая приведена ниже.

Таблица 17 – Определение интегрального показателя ресурсоэффективности

Объект исследования, критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	4
4. Энергосбережение	0,20	3	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1	3,9	3,75	3,75

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 = 3,9;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,75;$$

$$I_{p-исп3} = 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,05 = 3,75.$$

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

					Финансовый менеджмент. Ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{p-\text{исп1}}}{I_1} = \frac{3,9}{0,878} = 4,44;$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{I_{p-\text{исп2}}}{I_2} = \frac{3,75}{0,974} = 3,85;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{p-\text{исп3}}}{I_3} = \frac{3,75}{1} = 3,75.$$

Выбираем наиболее целесообразный вариант из предложенных.

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}$$

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,878	0,974	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,9	3,75	3,75
3	Интегральный показатель эффективности	4,44	3,85	3,75
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,184	1,027	1

#### 4.5. Вывод по разделу

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

В ходе выполнения представленной части ВКР была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT – анализ. Также был посчитан бюджет НТИ, основная часть которого приходится на материальные затраты, связанные с приобретением спецоборудования. Все, вышперечисленные технико-экономические показатели проекта, позволяют сделать вывод о том, что данная конструкция экономически выгодна.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно сказать, что наиболее радикальным способом предупреждения вибрации трубопровода является устранение ее причин, т.е. ликвидация источника образования пульсаций давления в какой-либо части проточного тракта.

Устранить вибрацию возможно путем изменения собственной частоты колебаний трубопровода. При этом возможна установка ребер жесткости на оболочке, установка дополнительных опор, обетонирование части оболочки трубопровода и прочих методов.

Повышенную вибрацию трубопровода может вызвать наличие зазоров между катками и опорными плитами промежуточных опор. При этом снижение вибрации достигается регулировкой опор. В некоторых случаях целесообразно, помимо конструктивных мер, вводить режимные ограничения, позволяющие избежать длительной работы трубопровода при повышенных вибрациях.

Общие методы борьбы с вибрацией классифицируются следующим образом:

- снижение вибраций в источнике возникновения путем снижения или устранения возбуждающих сил;
- регулировка резонансных режимов путем рационального выбора приведенной массы или жесткости системы, которая колеблется;
- вибродемпфирование - снижение вибрации за счет силы трения демпферного устройства, то есть перевод колебательной энергии в тепловую;

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		Абсалямов Р.М,			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Зиякаев Г.Р.					93
<i>Консульт.</i>					<b>ТПУ гр. 257Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брисник О.В.			<b>Заключение</b>		

- динамическое гашение - введение в колебательную систему дополнительной массы или увеличение жесткости системы;
- виброизоляция - введение в колебательную систему дополнительной упругой связи с целью ослабления передачи вибраций смежному элементу, конструкции или рабочему месту.

Повышенная вибрация трубопроводов может привести к их преждевременному износу и технологическим авариям. Для предотвращения повреждения трубопроводов необходимо проводить замеры уровня вибрации в процессе пусконаладочных работ, при сдаче в эксплуатацию и в процессе самой эксплуатации для выявления причин повышения вибраций и проведения мероприятий по ее устранению.

Причинами повышенной вибрации трубопроводов могут быть недопустимые пульсации давления перекачиваемого вещества и его вихреобразования, совпадение частот пульсаций потока вещества и участка трубопровода, повреждение опорных конструкций, изменение гидродинамических характеристик трубопровода из-за ошибок при выполнении ремонтных работ.

Таким образом, была проанализирована информация из многих источников с работами, посвященными вибрации, теории виброзащиты и применению виброзащиты. Были выявлены различные факторы, оказывающие влияние на вибрационную активность трубопровода и методы борьбы с ними, а также была проанализирована целесообразность применения различных типов виброзащиты в разных ситуациях. На основе тщательного анализа был выбран высоковязкий демпфер для эффективной защиты трубопровода от вибраций, передаваемых магистральным насосом МН-125-550.

					<i>Заключение</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Типовые расчеты при сооружении трубопроводов. Бабин Л.А. [и др.] – М.: Недра. 2013 – 255 с.
2. Васильев А.В. Моделирование и снижение шума и вибрации энергетических установок и присоединенных механических систем. Монография. Самара, 2011.
3. Золотницкий Н.Д., Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве. Учеб. для вузов. - М.: Высшая школа, 2008. – 408 с.
4. Повышение динамической надежности и продление службы трубопроводов при использовании технологии высоковязкого демпфера. Костарев В.В. [и др.] – «Тяжелое машиностроение» №8, 2010.
5. Анализ прочности технологических трубопроводов АЭС. Малов М.Ю., Берковский А.М. [и др.] – М.: Машиностроение, 2012.
6. Строительство магистральных трубопроводов. Сварка. – М.: Миннефтегазстрой, 2010. – 96 с.
7. В. Н. Алексеев, А.М. Берковский, П.С. Васильев. Высоковязкие демпферы для защиты трубопроводов от вибрации, – М.: Машиностроение, 2013.
8. В.В. Костарев, Д. Ю. Павлов, А.Ю. Щукин, Анализ прочности технологических трубопроводов, – М.: Машиностроение, 2014
9. Исследование и расчет виброопор трубопроводов [Электронный ресурс]: Режим доступа:  
<https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=897547>, свободный.

					<i>Повышение безопасности эксплуатации магистральных трубопроводов посредством применения вибрационных опор</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Абсалямов Р.М.</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	<i>Зиякаев Г.Р.</i>						93
<i>Консульт.</i>					<b>ТПУ гр. 257Б</b>		
<i>Рук-ль ООП</i>	<i>Брисник О.В.</i>						

*Список использованных источников*

10. Бикинин А. И. Повышение долговечности вертикального стального резервуара совершенствованием конструкции уторного сварного соединения, – Уфа, 2020.
11. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях
12. Акуленко Л.Д. и другие. Основные свойства собственных колебаний протяженного участка трубопровода [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/317587636\\_OSNOVNYE\\_SVOJSTVA\\_SOBSRVENNYH\\_KOLEBANIJ\\_PROTAZENNOGO\\_UCASTKA\\_TRUBOPROVODA](https://www.researchgate.net/publication/317587636_OSNOVNYE_SVOJSTVA_SOBSRVENNYH_KOLEBANIJ_PROTAZENNOGO_UCASTKA_TRUBOPROVODA), свободный (дата обращения 19.05.2021).
13. Крайнова Л.Н. Муницын А.И. Пространственные нелинейные колебания трубопровода при гармоническом возбуждении [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://old.mospolytech.ru/mio/iblock/2a7/mun.pdf>, свободный (дата обращения 16.05.2021).
14. Насос НМ-125-550 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nasos.info/catalog.php?mode=view&id=5324>, свободный (дата обращения 29.05.2021).
15. Комкин А.И. Вибрация. Воздействие, нормирование, защита МГТУ им. Н.Э. Баумана [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mhts.ru/data/ckfiles/files/vibr.pdf>, свободный (дата обращения 03.06.2021).
16. Принцип работы центробежных насосов [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9583786/page:40/>, свободный (дата обращения 03.06.2021).
17. ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- 18.ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
- 19.СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
- 20.ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (ИУС 12-2016).
- 21.СНиП 2.04.14-88\* Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов.
- 22.ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности (Переиздание).
- 23.ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.
- 24.ГОСТ ISO 2954-2014 Вибрация.
- 25.СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
- 26.СанПиН 2.2.4.1294-03 Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений.
- 27.ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2).
- 28.ГОСТ 12.1.003 -14\* Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.
- 29.ГОСТ IЕС 61140-2012 Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования.
- 30.ГОСТ Р 12.4.234-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Одежда специальная для защиты от термических рисков электрической дуги. Общие технические требования и методы испытаний.

					Список использованных источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

31.ГОСТ 12.1.010–76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

32.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.

33.ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

					<i>Список использованных источников</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		