

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
«Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов»

УДК 621.887:621.791.053:622.692.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Карецкий Н.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Чухарева Н. В.	к.х.н, доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД	Брусник О.В.			

Планируемые результаты обучения

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
<i>В соответствии с универсальными, общепрофессиональными и профессиональными компетенциями</i>		
Общие по направлению подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»		
P1	Применять базовые естественнонаучные, социально-экономические, правовые и специальные знания в области нефтегазового дела, самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, УК-6, УК-7, ОПК-1,ОПК-2), (ЕАС-4.2, АВЕТ-3А, АВЕТ-3i).</i>
P2	Решать профессиональные инженерные задачи на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, УК-3,УК-4, УК-5,УК-8, ОПК-2, ОПК-6, ОПК-7).</i>
<i>в области производственно-технологической деятельности</i>		
P3	Применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику при эксплуатации и обслуживании технологического оборудования нефтегазовых объектов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-2, ОПК-3,ОПК-5, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-7,ПК-8,ПК-9, ПК-10, ПК-11).</i>
P4	Оценивать риски и определять меры по обеспечению безопасности технологических процессов в практической деятельности и применять принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды в нефтегазовом производстве	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-6, ПК-12, ПК-13, ПК-14, ПК-15).</i>
<i>в области организационно-управленческой деятельности</i>		
P5	Эффективно работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, организовывать работу первичных производственных подразделений, используя принципы менеджмента и управления персоналом и обеспечивая корпоративные интересы	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-3, УК-8, ОПК-3, ОПК-7, ПК-16,ПК-17, ПК-18), (ЕАС-4.2-h), (АВЕТ-3d).</i>
P6	Участвовать в разработке организационно-технической документации и выполнять задания в области сертификации нефтегазопромышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, , ПК-19, ПК20, ПК-21, ПК-22).</i>
<i>в области экспериментально-исследовательской деятельности</i>		
P7	Получать, систематизировать необходимые данные и проводить эксперименты с использованием современных методов моделирования и компьютерных технологий для решения расчетно-аналитических задач в области нефтегазового дела	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-1, УК-2, ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-23, ПК-24, ПК-25, ПК-26).</i>
<i>в области проектной деятельности</i>		
P8	Использовать стандартные программные средства для составления проектной и рабочей и технологической документации объектов бурения нефтяных и газовых скважин, добычи, сбора, подготовки, транспорта и хранения углеводородов	<i>Требования ФГОС ВО,СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-3, ОПК-5, ОПК-6, ПК-27, ПК-28, ПК-29, ПК-30), (АВЕТ-3с),(ЕАС-4.2-e).</i>
Профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»		
P9	Применять диагностическое оборудование для проведения технического диагностирования объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-4, ОПК-5, ПК-9,ПК-14),требования профессионального стандарта 19.016 "Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов".</i>

<i>Код результата</i>	<i>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</i>	<i>Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон</i>
P10	Выявлять неисправности трубопроводной арматуры, камер пуска и приема внутритрубных устройств, другого оборудования, установленного на ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-5, ОПК-6, ПК-9, ПК-11), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".
P11	Оценивать результаты диагностических обследований, мониторингов, технических данных, показателей эксплуатации объектов ЛЧМГ и ЛЧМН	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-6, ОПК-7, ПК-4, ПК-7, ПК-13), требования профессионального стандарта 19.010 "Специалист по транспортировке по трубопроводам газа".

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) Брусник О.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Карецкому Н.В.

Тема работы:

«Организация работ по защите внутренней полости промышленного нефтепровода от коррозии»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Трубопровод СПГ, номинальным диаметром 1020 мм и рабочим давлением 5,5 МПа • Трубопровод КПГ, номинальным диаметром 1020 мм и рабочим давлением 10 МПа
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Аналитический обзор современных технологий хранения СПГ и КПП • Обзор нормативно технической документации для хранения и транспортировки СПГ и КПП • Аналитический обзор свойств СПГ и КПП • Расчет минимальной толщины стенки трубопровода, обеспечивающей безопасную эксплуатацию, для СПГ и КПП
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Таблицы, схемы, рисунки.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Рыжакина Т.Г., доцент</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина М.С., ассистент</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>12.12.2019</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Чухарева Н.В.</p>	<p>к.х.н., доцент</p>		<p>12.12.2019</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2Б6Б</p>	<p>Карецкий Николай Владиславович</p>		<p>12.12.2019</p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Карецкому Николаю Владиславовичу

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Литературные источники. 2. Методические указания по разработке раздела. 3. Нормативные справочники. 4. Налоговый кодекс РФ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Планирование процесса управления НИ: структура и график проведения, бюджет и риски	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	Проведение оценки ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

31.01.2020

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Карецкий Н.В.		31.01.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б6Б	Карецкому Николаю Владиславовичу

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

Тема ВКР:

«Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<u>Объект исследования:</u> объекты хранения сжиженного природного газа (изотермический резервуар) <u>Область применения:</u> транспорт и хранение сжиженного природного газа
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> • Основные нормативные документы: • 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
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Были выявлены следующие виды вредных и опасных факторов: <ul style="list-style-type: none"> • Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением • Пожаровзрывоопасность • Пониженная температура поверхностей оборудования • Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе • Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны • Утечки газа в атмосферу • Электрический ток • Повреждения в результате контакта с животными, насекомым, пресмыкающимися
3. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> • Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу • Попадание в гидросферу загрязняющих веществ

	<ul style="list-style-type: none"> • Термическое воздействие на грунты • Загрязнение почвы
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Перечень возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС):</p> <ul style="list-style-type: none"> • образование пролива; • пожар пролива; • выброс паров СПГ без последующего воспламенения; • выброс паров СПГ с последующим воспламенением; • взрыв паров СПГ в ограниченном пространстве <p>Наиболее типичной и опасной является ЧС с выбросом паров (отпарного газа).</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.04.2020
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Черемискина Мария Сергеевна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б6Б	Карецкий Николай Владиславович		

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Отделение нефтегазового дела
 Направление подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело»
 Профиль подготовки «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи слушателем выполненной работы:	22.06.2020
---	------------

Дата Контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.01.2020	<i>Введение</i>	5
17.02.2020	<i>Обзор литературы</i>	15
17.02.2020	<i>Характеристика объекта исследования</i>	10
15.03.2020	<i>Расчет толщины стенки трубопровода СПГ</i>	20
25.03.2020	<i>Расчет толщины стенки трубопровода СПГ</i>	20
20.04.2020	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	7
01.05.2020	<i>Социальная ответственность</i>	7
7.05.2020	<i>Заключение</i>	6
01.06.2020	<i>Презентация</i>	10
	<i>Итого</i>	100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Чухарева Н.В.	К.Х.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОНД	Брусник О.В.			

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Газотранспортная система: Совокупность взаимосвязанных газопроводов и сопутствующих им сооружений, предназначенных для обеспечения газом потребителей.

Компрессорная станция: Комплекс сооружений газопровода (магистрального), предназначенный для компримирования газа.

Газоперекачивающий агрегат: Технологическое устройство, включающее привод и нагнетатель, предназначенный для повышения давления в магистральном газопроводе.

Осадка грунта: Понижение поверхности грунта в основании сооружения.

Авария: Разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Надежность: Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания.

Нагрузка: силовое воздействие, вызывающее изменение напряженно-деформированного состояния трубопровода.

Отпарной газ: образующийся в результате испарения сжиженного природного газа.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Разраб.		Чудинов В.В.		06.06.2020	Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		06.06.2020		ДР	1	90
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		06.06.2020				

Предел прочности (временное сопротивление): нормативное минимальное значение напряжения, при котором происходит разрушение материала при растяжении.

Предел текучести: нормативное минимальное значение напряжения, с которого начинается интенсивный рост пластических деформаций при растяжении материала.

Риск менеджмент: процесс принятия и выполнения управленческих решений, направленных на снижение вероятности возникновения неблагоприятного результата и минимизацию возможных потерь, вызванных его реализацией.

Регазификация: процесс преобразования фазы сжиженного газа из жидкой в паровую.

Авария: Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде.

Риск: это возможность возникновения неблагоприятной ситуации или неудачного исхода производственно-хозяйственной или какой-либо другой деятельности.

Сокращения:

LNG(СПГ) – сжиженный природный газ;

КПГ – компримированный природный газ;

АГНС – автомобильная заправочная станция сжиженных газов;

КПГ – компримированный природный газ

ГНС – газонаполнительные станции;

ГПЗ – газоперерабатывающий завод;

ИР – изотермический резервуар;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		2

КС – компрессорная станция;

ПБС – пропан-бутановая смесь;

СУГ – сжиженные углеводородные газы;

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

ОПО – опасный производственный объект;

КАР – количественный анализ рисков;

					Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		3

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа XX страниц, XX рисунков, XX таблиц, XX источников цитируемой литературы.

Ключевые слова: сжиженный природный газ, компримированный природный газ, транспорт природного газа, хранение природного газа, оценка рисков

Объектом исследования является: технология хранения сжиженного и компримированного природных газов

Цель работы: определение основной группы факторов влияющих на безопасную эксплуатацию стандартных и криогенных хранилищ и трубопроводов.

В процессе исследования были проведены: аналитический обзор нормативно-технической документации в сфере транспорта и хранения сжиженных и компримированных природных газов, описаны свойства, влияющие на условия транспорта и хранения, приведена методика оценки рисков при транспорте и хранении СПГ и КПГ, рассчитаны минимальные значения толщины стенки, обеспечивающей безопасную эксплуатацию трубопроводов СПГ и КПГ.

Область применения: хранение сжиженного и компримированного природных газов

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов		
Разраб.		Карецкий Н.В.		22.06.2020	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020	ДР	4	81
Консульт.					ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020			

ABSTRACT

Final qualifying work of XX pages with XX figures, XX tables, XX sources.

Keywords: liquefied natural gas, compressed natural gas, natural gas transport, natural gas storage, risk assessment

Object of the study: storage technology for liquefied and compressed natural gases

Purpose – determination of the main group of factors affecting the safe operation of standard and cryogenic storage facilities and pipelines.

The study included: an analytical review of regulatory and technical documentation in the field of transport and storage of liquefied and compressed natural gases, description of the properties that affect the conditions of transport and storage, a methodology for assessing risks in the transport and storage of LNG and CNG, calculation of the minimum wall thickness values that ensure the safe operation of LNG pipelines and CNG.

As a result of research: was made an analytical review of regulatory and technical documentation in the field of transport and storage of liquefied and compressed natural gases, described the properties that affect the conditions of transport and storage, provided a methodology for assessing risks in the transport and storage of LNG and CNG, calculated the minimum wall thickness values that ensure the safe operation of LNG and CNG pipelines.

Application field: storage of liquefied and compressed natural gases

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов		
Разраб.		Карещкий Н.В.		22.06.2020	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020	ДР	6	81
Консульт.					ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020			

Оглавление

Стр.	
Введение.....	8
1. Компримированный и сжиженный природный газ как фактор опасного производства.....	10
1.1. Обзор нормативно технической документации, определяющей условия транспорта и хранения СПГ	11
1.2. Свойства СПГ, обуславливающие условия его транспорта и хранения	12
1.3. Обзор нормативно технической документации, определяющей условия транспорта и хранения КПП	14
1.4. Свойства КПП, обуславливающие условия его транспорта и хранения	15
1.5. Способы транспорта и хранения СПГ и КПП	16
2. Риски при эксплуатации объектов транспорта и хранения СПГ и КПП	22
2.1. Риск менеджмент	25
3. Характеристика объекта исследования.....	30
4. Расчет толщины стенки трубопровода	31
4.1. Расчет для трубопровода СПГ	31
4.2. Расчет для трубопровода КПП	34
5. Социальная ответственность	38
5.1. Введение.....	38
5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ..	38
5.2.1. Социальные правовые нормы трудового законодательства	38
5.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	40
5.3. Производственная безопасность	41
5.3.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровня их воздействия	42
5.4. Экологическая безопасность.....	46
5.4.1. Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду.....	46
5.4.2. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	47
5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	48
5.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	48
5.5.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	49
5.6. Заключение	50

					Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Карещкий Н.В.		22.06.2020	ТПУ гр. 2Б6Б	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ДР	8	81
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	51
6.1. Введение.....	51
6.2. Потенциальные потребители результатов исследования	51
6.3. Анализ конкурентных технических решений.....	52
6.4. SWOT-анализ.....	54
6.5. Планирование научно-исследовательских работ	55
6.5.1. Структура работ в рамках научного исследования	55
6.5.2. Разработка графика проведения научного исследования.....	57
6.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	60
6.6. Определение ресурсоэффективности проекта	63
6.7. Заключение	65
Список использованных источников	66

					Оглавление	Лист
						9
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Введение

Актуальность. Природный газ является одним из важнейших энергоносителей в современном мире. Существует два способа транспортировки – в газообразном и в жидком виде. Процесс сжижения позволяет транспортировать природный газ в места, где трубопроводы строить не выгодно. Объекты его транспорта и хранения являются опасными производственными объектами. СПГ и КПГ относятся к веществам 4 класса опасности (вещества малоопасные). В случае с компримированным природным газом опасные факторы это высокое давление и взрывоопасность, для сжиженного природного газа высокое давление, взрывоопасность и низкая температура.

Правильная эксплуатация опасных производственных объектов заключается не только в выборе компонентов при проектировании, но и в оценке и анализе всех возможных рисков, поэтому тема выпускной квалификационной работы «Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов **является актуальной.**

Цель работы. Оценка рисков при транспорте и хранении СПГ и КПГ
Для реализации поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- ✓ Аналитический обзор современных технологий хранения СПГ и КПГ
- ✓ Обзор нормативно технической документации для хранения и транспортировки СПГ и КПГ
- ✓ Аналитический обзор свойств СПГ и КПГ

					Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Карещкий Н.В.		22.06.2020	Введение	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ДР	10	81
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

✓ Расчет минимальной толщины стенки трубопровода, обеспечивающей безопасную эксплуатацию, для СПГ и КПГ

Объект исследования – Безопасные технологии хранения и транспортировки компримированного природного газа и сжиженного природного газа.

Предмет исследования – Риски, возникающие при эксплуатации объектов хранения и транспортировки компримированного природного газа и сжиженного природного газа.

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		9

газом. Китай удвоит добычу традиционного газа в период с 2018 по 2035 год. Добыча газа в Европе будет быстро снижаться.

1.1. Обзор нормативно технической документации, определяющей условия транспорта и хранения СПГ

Таблица 1. Свод документов для СПГ

	Международный стандарт	Российский стандарт	Описание
1	ISO/TS 16901:2015		Руководство по оценке риска при проектировании береговых установок для производства сжиженного природного газа, включая порядок взаимодействия судно/берег
2	ISO 31000:2009	СТО Газпром 2-2.3-569-2011	Менеджмент рисков. Принципы и руководящие указания (Risk management. Principles and guidelines)
3	ISO 16903:2015	ГОСТ Р 57431-2017	СПГ Общие характеристики LNG General characteristics
4		ВНТП 51-1-88	Устанавливает требования к проектированию объектов по производству СПГ, его хранению в изотермических резервуарах и отгрузке потребителям. Устанавливает требования к проектированию станций для заправки автомобилей сжиженным природным газом.
5		ГОСТ 20448-90	Устанавливает технические условия СУГ для коммунально-бытового потребления
6	ГОСТ 21443-75		Устанавливает технические условия СУГ для поставок на экспорт
7		ГОСТ Р 51104-97	Устанавливает технические условия СУГ для поставок на экспорт
8		ГОСТ Р 56352-2015	Общие требования безопасности для транспорта и хранения СПГ

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		11

9		ОСТ 26-02-2080-84	Определяет технические условия для сосудов цилиндрических горизонтальных для СУГ
10		ФНП «Правила безопасности объектов сжиженного природного газа»	Устанавливает правила проектирования и эксплуатации ОПО СПГ, определяет порядок оценки рисков при проектировании ОПО СПГ

1.2. Свойства СПГ, обуславливающие условия его транспорта и хранения

Согласно ГОСТ Р 57431-2017 – потенциальная опасность при обращении с СПГ главным образом обусловлена тремя его важными свойствами:

а) СПГ - криогенная жидкость. При атмосферном давлении, в зависимости от состава, СПГ кипит при температуре приблизительно минус 160 °С. При этой температуре пары СПГ имеют большую плотность, чем окружающий воздух;

б) очень небольшие объемы жидкости превращаются в большие объемы газа. Из одного объема СПГ образуется примерно 600 объемов газа;

в) природный газ, как и другие газообразные углеводороды, является легковоспламеняющимся веществом. В условиях окружающей среды концентрационные пределы воспламенения смеси паров СПГ с воздухом составляют приблизительно от 5 % до 15 % по объему газа. При накоплении газа в замкнутом пространстве воспламенение может привести к детонации и ударной волне вследствие избыточного давления.

Свойства, определяющие условия транспорта и хранения СПГ

1. Температура

В зависимости от компонентного состава СПГ имеет температуру кипения в диапазоне от минус 166 °С до минус 157 °С при атмосферном давлении. Изменение температуры кипения СПГ в зависимости от давления составляет примерно $1,25 \cdot 10^{-4}$ °С/Па.

2. Плотность

					Литературный обзор	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Плотность СПГ зависит от его компонентного состава и обычно колеблется в диапазоне от 430 до 470 кг/м³, но в отдельных случаях может достигать 520 кг/м³. Плотность СПГ зависит от температуры жидкости с градиентом температуры примерно 1,4 кг/(м³·К).

3. Вязкость

Вязкость СПГ зависит от состава и обычно находится в диапазоне от $1,0 \cdot 10^{-4}$ до $2,0 \cdot 10^{-4}$ П при температуре минус 160 °С, что составляет от 1/10 до 1/5 вязкости воды. Вязкость СПГ также зависит от температуры жидкости.

4. Мгновенное испарение

Как в случае любого находящегося под давлением флюида, при снижении давления СПГ ниже значения, при котором происходит его кипение, например при прохождении через клапан, некоторое количество СПГ испаряется, и его температура падает до новой точки кипения при данном давлении. Такой процесс известен как мгновенное испарение.

Например, при падении давления на 10^3 Па мгновенное испарение 1 м³ СПГ при температуре кипения, соответствующей давлению в диапазоне от $1 \cdot 10^5$ Па до $2 \cdot 10^5$ Па, приводит к выбросу примерно 0,4 кг газа. Более точное вычисление количества и состава жидких и газообразных продуктов мгновенного испарения многокомпонентных жидких сред, таких как СПГ, является сложной задачей. Для таких вычислений следует использовать надежные компьютерные программы термодинамических вычислений или программные комплексы технологического моделирования, содержащие соответствующую базу данных.

5. Разлив сжиженного природного газа

При попадании СПГ на землю (при аварийном разливе) сначала происходит интенсивное кипение, затем скорость испарения СПГ быстро падает до постоянного значения, которое определяется тепловыми свойствами грунта и притоком тепла, получаемого от окружающего воздуха. Скорость испарения

					Литературный обзор	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

СПГ может быть снижена за счет использования теплоизолированных поверхностей в местах возможных утечек. Скорость испарения СПГ с поверхностей разных материалов приведена в таблице 2. Значения приведены в качестве примера и должны быть проверены при их использовании для количественного анализа рисков (КАР) или проектирования.

Таблица 2. Скорость испарения СПГ с различных материалов

Материал	Скорость испарения СПГ с единицы поверхности через 60 с, кг/(м ² ·ч)
Щебень	480
Мокрый песок	240
Сухой песок	195
Вода	600
Обычный бетон	130

Влияние на экологию:

- Отходящие газы
- Факельное сжигание газа
- Отпарной газ
- Воздействие на почву
- Дноуглубление

1.3. Обзор нормативно технической документации, определяющей условия транспорта и хранения КПП

Таблица 3. Свод документов для КПП

	Международный стандарт	Российский Стандарт	Описание
1	ГОСТ 5542-2014		Описывает свойства природного газа и операции, проводимые при транспорте и хранении природного газа

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		14

Продолжение таблицы 3			
2		ГОСТ Р 57413-2017	Документ, содержащий технические условия, которые необходимо соблюдать для КПП
3		ВНТП 3-85	Свод норм и правил при проектировании объектов транспорта и хранения, в том числе для КПП
4		ВРД 39-1.8-055-200	Описывает технические требования при проектировании объектов транспортировки природного газа
5		СТО Газпром 2-3.5-051-2006	Свод норм и правил для технологического проектирования магистральных газопроводов

1.4. Свойства КПП, обуславливающие условия его транспорта и хранения

1. Токсичность. Чистые метан и этан в концентрациях выше нормы способны вызывать удушье.

2. Взрываемость. При соединении с воздухом образует взрывоопасные смеси, которые воспламеняются даже от небольшой искры. (пламени, искры, раскаленных предметов), может взрываться с большой силой. Температура воспламенения природных газов имеет обратную зависимость от молекулярной массы. Сила взрыва имеет прямую зависимость от давления.

Граничные пределы взрываемости называются высшим (при увеличении газа в смеси делает ее невзрываемой) и низший (при уменьшении газа в смеси делает ее невзрываемой)

Низший предел характеризуется количеством газа, достаточным для нормального протекания реакции горения.

Высший предел характеризуется содержанием воздуха (кислорода), недостаточным для нормального протекания реакции горения. С повышением

					Литературный обзор	Лист
						15
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

давления смеси значительно возрастают пределы ее взрываемости. При взрыве реакция в замкнутом пространстве (без доступа воздуха к очагу воспламенения взрывоопасной газовой смеси) происходит очень быстро.

3. Скорость распространения детонационной волны горения. При концентрации газа в воздухе в пределах воспламенения и при наличии источника воспламенения произойдет взрыв; если же газа в воздухе меньше нижнего предела или больше верхнего предела воспламенения, то смесь не способна взорваться. [5]

Влияние на экологию:

- Загрязнение природных сред
- Преобразование исходных геохимических процессов
- Изменение структуры традиционного природопользования
- Деграляция микрорельефа
- Активизация различных мерзлотных процессов
- Техногенные аварии

1.5. Способы транспорта и хранения СПГ и КПГ

Компримированный природный газ. хранится под высоким давлением, обычно более 20 МПа. Легче производить, резервуар для хранения должен выдерживать более высокое давление и не очень экономичен для перевозки на большие расстояния

Сжиженный природный газ. хранится в виде переохлажденной (криогенной) жидкости, обычно от -120 до -170 °С. Оно должно быть размещено в специальных криогенных хранилищах и резервуарах. Очень экономичный, отличный способ перевозки больших объемов

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		16

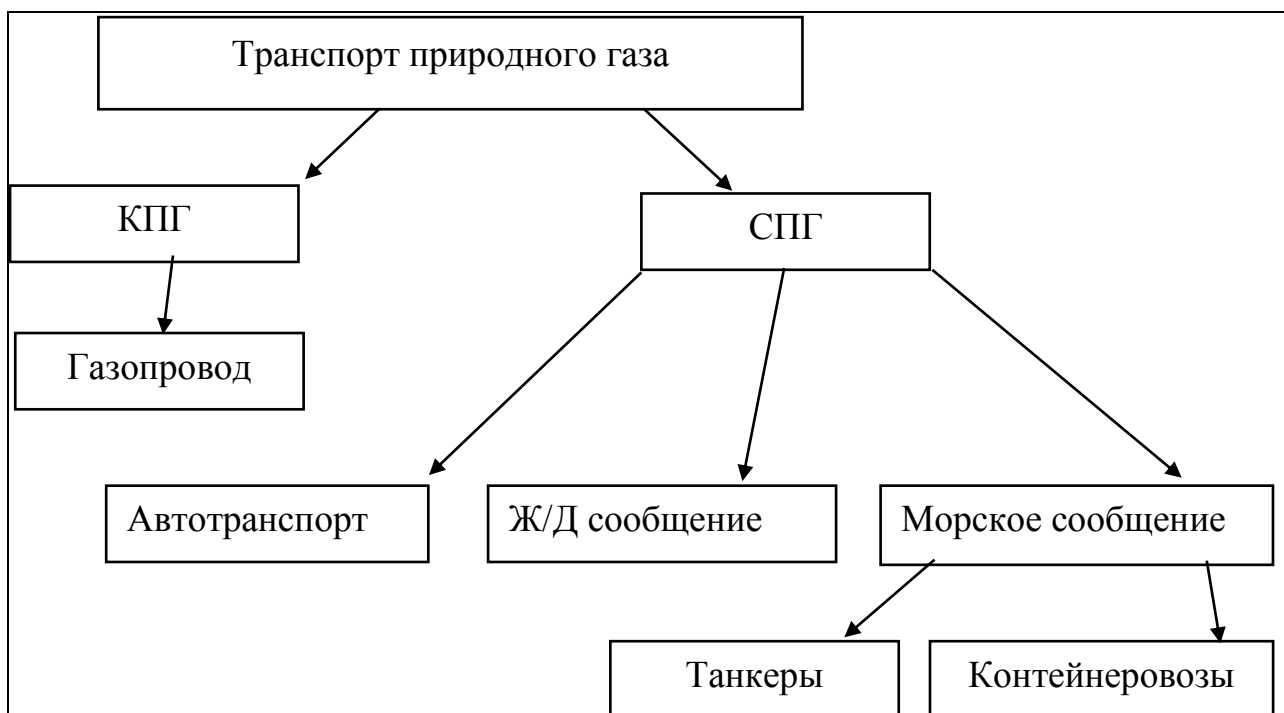


Рисунок 1. Способы транспортировки СПГ и КПГ

Таблица 4. Мировой импорт СПГ

Страны импортеры СПГ	Объем в млрд м ³ /год
Япония	113,9
Китай	52,6
Республика Корея	51,3
Индия	25,7
Тайвань	22,5
Испания	16,6
Турция	10,9

СПГ транспортируется на специальных океанских судах (танкерах) между экспортными терминалами, где сжижается природный газ, и терминалами импорта, где СПГ возвращается в газообразное состояние или регазифицируется. От импортного терминала регазифицированный СПГ транспортируется по трубопроводам к газовым электростанциям, промышленным объектам, а также жилым и коммерческим потребителям.

СПГ перекачивается по двум трубопроводам в середине судна, для этого применяют полнопогружные центробежные насосы. Вдоль судна проходит главная магистраль, через которую газ распределяется по танкерам. Также на судне присутствует линия для отвода отпарных газов: при погрузке пар доставляется на берег, а во время транспортировки он сжигается в судовых котлах. Система сжигания отпарных газов настроена таким образом, что поддерживается установленное давления в танке во время всей транспортировки.

Данный способ предполагает наличие в порту специализированного причала, хранилищ и станции регазифицирования, а также газопровод, для доставки газа из порта к потребителю.



Рисунок 2. Сферические танки типа MOSS

					Литературный обзор	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		18

Основными компонентами танкера для СПГ являются котельная и насосные, двойной корпус для дополнительной прочности, носовые подруливающие устройства и сами резервуары для хранения СПГ. Как правило, танкер СПГ состоит из 4 или 5 отдельных резервуаров СПГ, как показано на рисунке 4.



Рисунок 3. Мембранные танки типа Технигаз Mark III

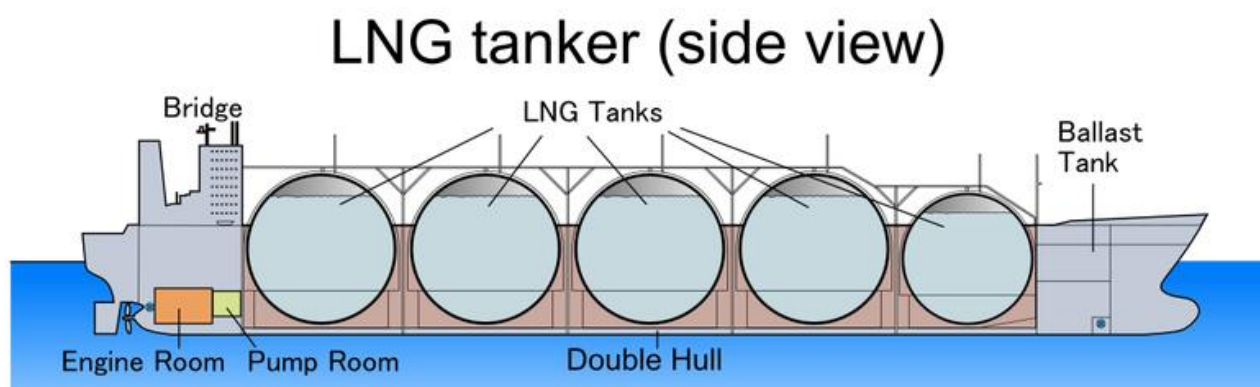


Рисунок 4. Устройство СПГ танкера

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		19

СПГ также транспортируется в относительно небольших объемах на судах с использованием контейнеров, соответствующих требованиям Международной организации по стандартизации (ISO), и на грузовых автомобилях.

Преимущества такого вида транспортировки в том, что не требуется специализированное место для разгрузки и выгрузки СПГ, можно доставлять в любой порт, в котором имеется контейнерный терминал. Ключевой аспект – стоимость, строительство терминала для танкеров обходится примерно в 800 млн. долларов, а контейнерный терминал всего в 50 млн. долларов. Стоимость строительства судна тоже отличается, контейнеровоз примерно в 2 раза дешевле, не говоря об обслуживании

На объектах импорта СПГ обычно хранится на месте в специальных криогенных резервуарах перед регазификацией и вводится в трубопроводы, которые транспортируют регазифицированный СПГ потребителям.

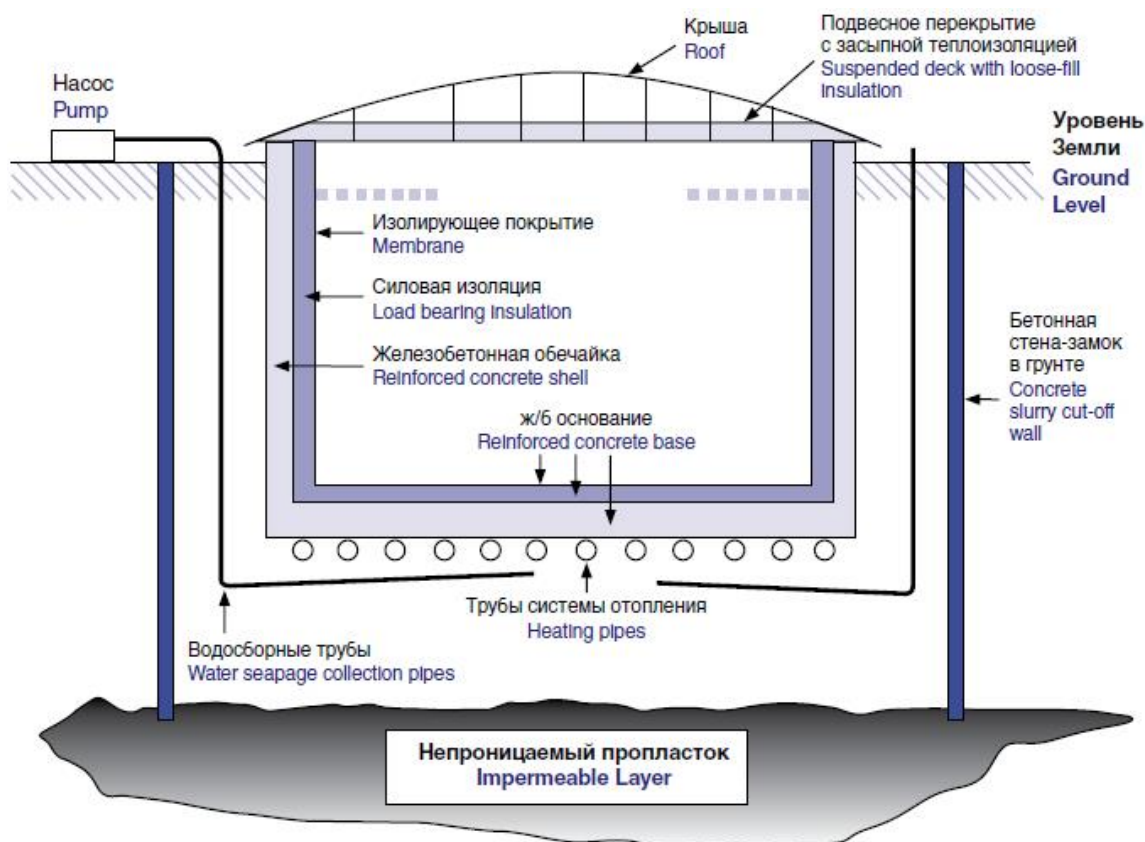


Рисунок 5. Устройство резервуара для хранения СПГ

					Литературный обзор	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		20

Сжиженный природный газ можно перекачивать по трубопроводам. Большая часть трубопроводной инфраструктуры транспортирует СПГ между установками сжижения и хранилищами, от хранилищ до танкеров и от танкеров до установок регазификации. СПГ намного плотнее, чем сжатый природный газ (КПГ). Это означает, что гораздо большее количество газа может транспортироваться для одного и того же объемного потока. Недостатком является то, что трубопроводы СПГ сложно и дорого построить.

Поскольку СПГ требует, чтобы температура -160°C оставалась в жидком виде, в трубопроводы СПГ должна быть включена значительная изоляция, чтобы поддерживать эту низкую температуру и гарантировать, что повторная газификация не происходит. Обычно это сочетание изоляции, например, пенопласта и вакуумного слоя. Эта сложная система изоляции делает трубопроводы СПГ значительно сложнее и дороже в изготовлении, чем стандартные трубопроводы природного газа.

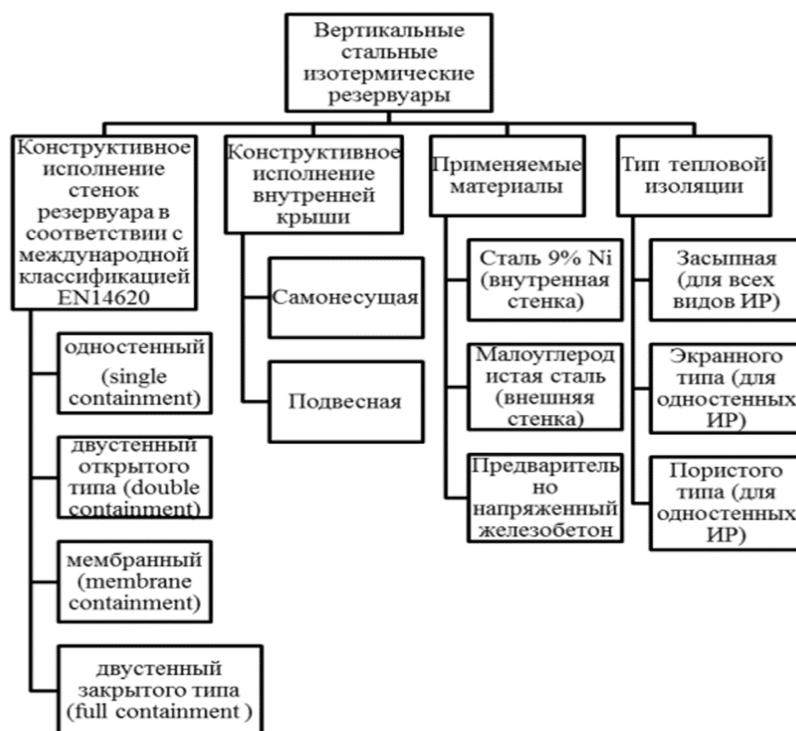


Рисунок 6. Классификация изотермических резервуаров для СПГ по конструктивному исполнению

2. Риски при эксплуатации объектов транспорта и хранения СПГ и КПП

Цель проведения оценки риска – оценить первоначальный уровень риска, определить корректирующие мероприятия для восстановления требуемого уровня, который существовал до возникновения Эксплуатационного риска, и определить временные меры по снижению негативного воздействия, с целью максимально возможного снижения остаточного риска.

Все виды рисков связаны между собой, поэтому при их анализе необходимо комплексно учитывать все составляющие.

Характерным только изотермических резервуаров видом опасности является ролл-овер (перевертывание). Это происходит из-за разделения слоев с последующим неконтролируемым перемешиванием и вскипанием. Для исключения ролл-овера существуют некоторые правила при хранении:[35]



Рисунок 7. Способы предотвращения ролл-овера

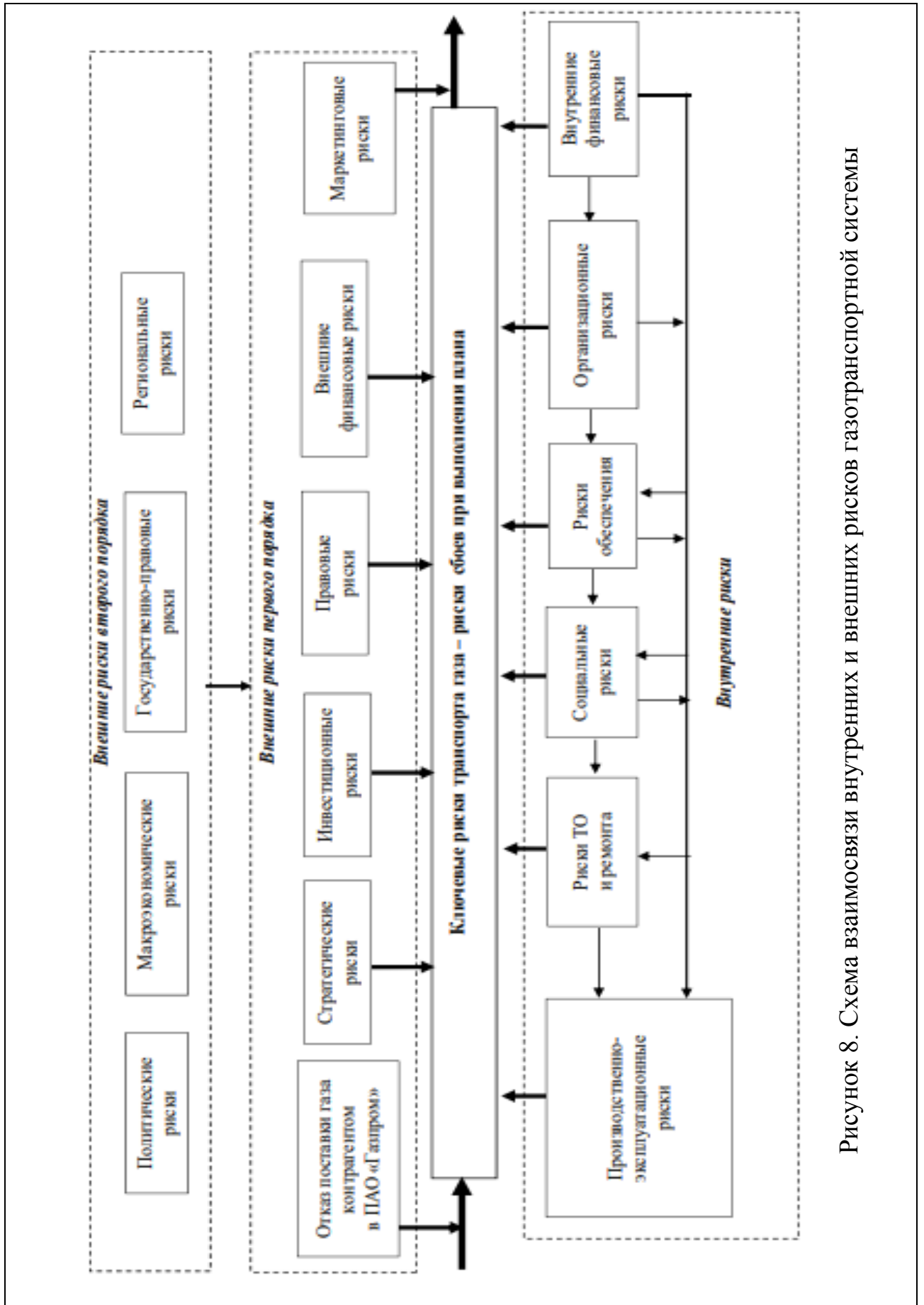


Рисунок 8. Схема взаимосвязи внутренних и внешних рисков газотранспортной системы

Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата

Ростехнадзор своим приказом от 26 ноября 2018 г. № 588 утвердил ФНП «Правила безопасности объектов сжиженного природного газа». Порядок проведения анализа рисков и правила представленные в нем применимы также для опасных производственных объектов компримированного природного газа.

При проектировании ОПО СПГ нужно применять (см. п. 6 ФНП):

1. ФНП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. Приказом РТН от 11.03.2013 № 96);

2. ФНП «Правила безопасности нефтегазоперерабатывающих производств» (утв. Приказом РТН от 29.03.2016 № 125);

3. ФНП «Правила безопасности объектов сжиженного природного газа» (утв. Приказом РТН 26.11.2018 № 588).

Для эксплуатации ОПО СПГ нужно разработать технологический регламент. В документе прописывают:

1. порядок ведения технологических процессов;
2. параметры технологического режима, которые подлежат контролю и регулированию.

Согласно п. 117 ФНП, анализ опасностей и рисков на ОПО СПГ необходимо проводить и учитывать при: подготовке проектной документации, декларировании промышленной безопасности, разработке обоснования безопасности ОПО, функционировании риск-менеджмента и системы управления промышленной безопасностью.

При выборе метода и проведении анализа оценки рисков необходимо учитывать критерии допустимого риска, так как для обоснования возможно использование нескольких моделей аварийного процесса, с разной точностью конечного результата.

На стадии проведения анализа важно брать в расчет все возможные отклонения параметров ОПО от регламентных значений; природные

					Литературный обзор	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

катаклизмы; поражающие факторы аварий, в том числе на соседних ОПО и на соседние ОПО; современные данные безопасной эксплуатации аналогичных ОПО.

Анализ реальных аварий на хранилищах СПГ выявил следующие основные опасности и возможные сценарии аварий: образование пролива; пожар в проливе; выброс паров СПГ без последующего воспламенения; выброс паров СПГ с последующим воспламенением; взрыв паров СПГ в ограниченном пространстве.

Эксплуатационным риском считается любое отклонение от проектных значений, которое характеризуется временным повышением уровня риска.

К Эксплуатационным рискам относятся:

- нестандартные ситуации, связанные барьерами безопасности, включая измерительные и защитные устройства, такое как динамическое (напр.: клапаны) и любое статическое оборудование по обеспечению герметичности (прокладки, трубки и т.д.);

- разгерметизация (напр.: в результате коррозии, и т.д.).

- Нестандартные ситуации, связанные с основными конструкционными компонентами, такие как разрушение части конструкции или выход из строя устройств по измерению целостности конструкции (зонды, датчики нормального напряжения и т.п.).

- Нестандартная работа объекта, в результате которой возникает, воздействие на окружающую среду или невозможность выполнения целевых показателей по защите окружающей среды.

- Отклонения в организационной структуре или квалификации (например, отсутствие надзора, компетентного персонала, и т.д.).

2.1. Риск менеджмент

В рамках процесса внедрения системы управления рисками используется матрица оценки рисков, объединяющая в себе инструментарий для оценки

					Литературный обзор	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

вероятности и воздействия риска, и как результат – определение уровня риска (Рисунок 9).

При проведении качественного анализа рисков и с целью изучения как новых, так и существующих рисков используется специальная матрица оценки рисков.

Матрица оценки рисков разработана в соответствии с лучшими мировыми практиками реализации проектов СПГ и на опыте успешного внедрения системы управления рисками.

Шкала вероятности

Вероятность – это возможность возникновения рискового события или случая, но не причин (хотя они и используются для оценки вероятности). Вероятность любого рискового события в процессе реализации Проекта рассчитывается в долях или процентах.

В первую очередь качественная оценка риска начинается с определения вероятности непосредственно рискового события, а затем исследуется его воздействие исходя из риск-метрик.

Для того, чтобы быстрее определить вероятность риска применяются специальные формулировки, а затем указывается выбранный параметр (от «А» до «Е»).

Таблица 5. Перечень параметров, формулировок и долей вероятности

	Формулировка	Описание	Вероятность p
A	Крайне маловероятно	Инцидент никогда не случался в отрасли	$p < 10^{-4}$
B	Маловероятно	Инцидент был зафиксирован в отрасли	$10^{-4} < p < 10^{-3}$
C	Вероятно	Инцидент случался на предприятиях	$10^{-3} < p < 10^{-2}$
D	Весьма вероятно	Случается в большинстве проектов	$10^{-2} < p < 10^{-1}$
E	Крайне вероятно	Случается практически в каждом проекте	$10^{-1} < p < 1$

Классификация рисков по вероятности позволяет ранжировать риски на карте рисков.

Карта рисков представляет собой графическое изображение рисков согласно полученной качественной (экспертной) оценке. При анализе шкалы вероятности и шкалы воздействия каждому риску присваивается уникальная характеристика.

Комплексный анализ рисков упрощает разработку мероприятий по управлению рисками и, как следствие, снижение уровня рисков. Снижение уровня рисков может осуществляться посредством двух последовательных этапов:

- Снижение уровня риска или предотвращение реализации риска. Этап подразумевает разработку предупредительных мер;
- Разработка плана мероприятий по реагированию на реализовавшийся риск с целью смягчения последствий.

Таблица 6. Меры по снижению риска

Уровень риска	Требования к мерам по снижению риска в зависимости от уровня риска
Уровень 1 (Высокий)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Необходимо <u>в обязательном порядке</u> принять меры по разработке и исполнению стратегии снижения уровня риска; ✓ Риск требует экстренного внимания Руководства Общества
Уровень 2 (Умеренный)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Следует принять меры по снижению уровня риска, если стратегия снижения рисков уровня 1 уже выполняются; ✓ Риск требует срочных действий и пристального внимания специалистов Проекта и Руководства Общества.
Уровень 3 (Низкий)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Возможна разработка стратегии по снижению уровня риска, если стратегии снижения уровня рисков с высоким и средним приоритетом уже исполняются. Следует продолжать отслеживать риски и информировать о возможных стратегиях снижения уровня рисков; ✓ Риск управляется специалистами Проекта посредством

		Вероятность риска / Частота возникновения				
		А	В	С	Д	Е
		Крайне маловероятно	Маловероятно	Вероятно	Весьма вероятно	Крайне вероятно
Серьезность воздействия / Ущерб	5	5А (18)	5В (19)	5С (22)	5D (24)	5Е (25)
	4	4А (11)	4В (14)	4С (17)	4D (21)	4Е (23)
	3	3А (5)	3В (10)	3С (13)	3D (16)	3Е (20)
	2	2А (4)	2В (8)	2С (9)	2D (12)	2Е (15)
	1	1А (1)	1В (2)	1С (3)	1D (6)	1Е (7)

Легенда

Высокий - Уровень 1	Риск требует немедленных мер по управлению и экстренного внимания Руководства Общества
Средний - Уровень 2	Риск требует срочных действий и пристального внимания специалистов Проекта и Руководства Общества
Низкий - Уровень 3	Риск управляется специалистами Проекта посредством регулярных мероприятий, приоритизации и их мониторинга выполнения.

Рисунок 9. Матрица рисков

Согласно матрице оценки рисков (рисунок 9), каждый риск попадает в одну из зон, в зависимости от этого специалисты предпринимают меры по митигации риска. Помимо уровня риска цвет зоны также определяет характер и важность мер по митигации риска (таблица 5)

					Литературный обзор	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

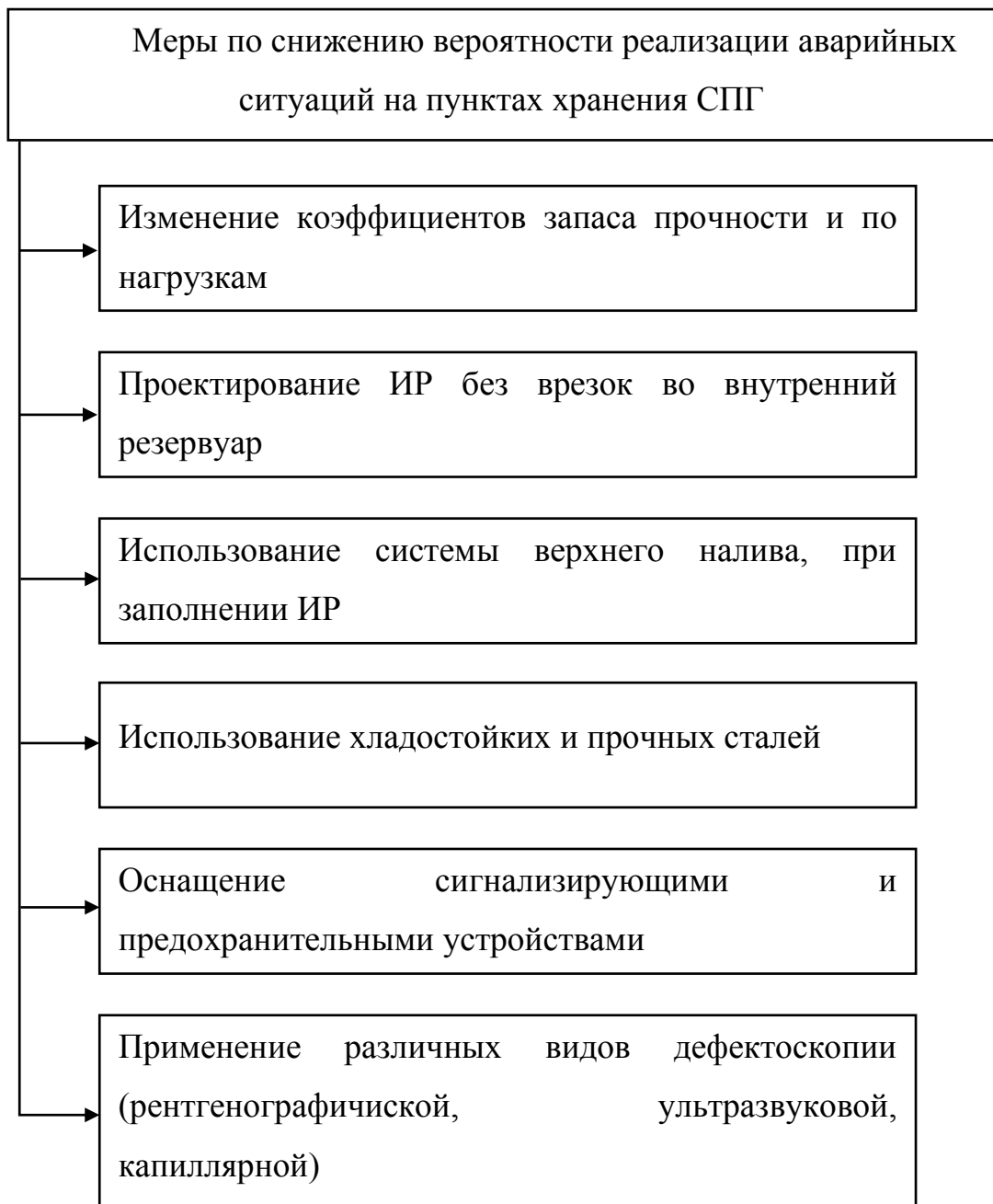


Рисунок 10. Способы снижения вероятности аварийных ситуаций

3. Характеристика объекта исследования

Для расчетной части были выбраны два газопровода:

	Условный диаметр, мм	Стали	Температура перекачиваемой среды, К
СПГ трубопровод	1020	10X14Г14Н4Т	173
КПГ трубопровод		17Г2СФ(К55)	293

Химический состав стали 10X14Г14Н4Т, в %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	~Fe
до 0,1	до 0,8	13 - 15	2,8 - 4,5	до 0,02	до 0,035	13 - 15	5	64

Химический состав стали 17Г2СФ (К55), в %

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,52- 0,60	0,17- 0,37	0,5- 0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~97

Тип прокладки в обоих случаях подземный.

					Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов Характеристика объекта исследования			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата		Литера	Лист	Листов
Разраб.		Карецкий Н.В.		22.06.2020		ДР	39	81
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ТПУ гр. 2Б6Б		
Консульт.								
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

n – коэффициент перегрузки рабочего давления в трубопроводе, принимаемый по СНиП 2.05.06-85 (принимаем $n=1$);

R_1 – расчетное сопротивление,

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{K_1 K_H}, \quad (2)$$

где, m, K_1, K_H - коэффициенты, принимаемые по СНиП II-45-75;

R_1^H - нормативное сопротивление растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений, принимаемое равным минимальным значениям временного сопротивления $\sigma_{вр}$ по государственным стандартам и техническим условиям на трубы;

f_1 - коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяют по формуле

$$f_1 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{прN}}{R_1} \right)^2 - 0,5 \frac{\sigma_{кц}}{R_1}}, \quad (3)$$

f_2 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние металла труб: при растягивающих осевых продольных напряжениях ($\sigma_{прN} \geq 0$) принимают равным единице; при сжимающих напряжениях ($\sigma_{прN} < 0$) определяют по формуле

$$f_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{\sigma_{кц}}{R_1} \right)^2 - 0,5 \frac{\sigma_{кц}}{R_1}}, \quad (4)$$

где $\sigma_{кц}$ – кольцевое напряжение от расчетного внутреннего давления находят по формуле

$$\sigma_{кц} = \frac{nPD_{вн}}{2\delta}, \quad (5)$$

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

для трубопроводов СПГ

$$\sigma_{\text{пр}}N = -\alpha E \Delta t + 0,15 \frac{nPD_{\text{вн}}}{\delta} \quad (6)$$

Проверку прочности выполняем по условию

$$\sigma_{\text{пр}}N \leq f_2 R_1, \quad (7)$$

Расчет трубопровода СПГ

$$\delta = \frac{1 \cdot 5,5 \cdot 1020}{2(1 \cdot 377,4 + 1 \cdot 5,5)} = 7,33 \text{ мм},$$

Принимаем $\delta = 9$ мм.

$$R_1 = \frac{590 \cdot 0,9}{1,34 \cdot 1,05} = 377,4 \text{ МПа},$$

принимаем $f_1 = 1$, так как растягивающие осевое напряжение ($\sigma_{\text{пр}N} \geq 0$).

$$f_2 = \sqrt{1 - 0,75 \left(\frac{345,13}{377,4} \right)^2} - 0,5 \frac{345,13}{377,4} = 0,3$$

$$\sigma_{\text{кц}} = \frac{1 \cdot 5,5 \cdot 1004}{2 \cdot 9} = 306,78 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{\text{пр}}N = -7,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 10 + 0,15 \frac{5,5 \cdot 1004}{9} = 76,83 \text{ МПа},$$

Проверку прочности выполняем по формуле 7

$$\sigma_{\text{пр}}N \leq f_2 R_1,$$

$$76,34 \leq 0,3 \cdot 306,78$$

$$76,34 \leq 92,03$$

Условие выполняется

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		33

4.2 Расчет для трубопровода КПП

Цель расчета: определить толщину стенки трубопровода, обеспечивающую безопасную эксплуатацию.

Исходные данные для расчета:

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Величина
Наружный диаметр трубы	D_H	мм	1020
Рабочее (нормативное) давление в трубопроводе	P	МПа	10
Временное сопротивление стали	$[\sigma]_в$	МПа	570
Временное сопротивление текучести	$[\sigma]_{тек}$	МПа	490
Коэффициент условий работы	m	-	0,9
Коэффициент безопасности по материалу	k_1	-	1,47
Коэффициент надежности по нагрузкам в зависимости от внутреннего давления	k_H	-	1,155
Рабочая температура	T	К	293
Перепад температур	Δt	-	
Переменный параметр упругости (модуль Юнга)	E	Па	$2 \cdot 10^5$
Переменный коэффициент поперечной деформации стали (коэффициент Пуассона)	μ		0,29
Минимально допустимый радиус упругого изгиба	ρ	м	1500
Коэффициент линейного расширения металла	α	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	$1,15 \cdot 10^{-5}$

Методика расчета:

Расчетную толщину стенки трубопровода δ , мм, следует определяем по формуле:

$$\delta = \frac{nPD_H}{2(R_1 + nP)}; \quad (8)$$

$$R_1 = \frac{R_1^H \cdot m}{k_1 \cdot k_H}; \quad (9)$$

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		34

$$R_2 = \frac{R_2^H \cdot m}{k_2 \cdot k_H}; \quad (10)$$

σ_{npN} – продольное осевое сжимающее напряжение, МПа, определяемое от расчетных нагрузок и воздействий с учетом упругопластической работы металла труб, определяется по формуле:

$$\sigma_{npN} = -\alpha \cdot E \cdot \Delta t + \mu \cdot \frac{n \cdot P \cdot D_{вн}}{\delta_H}; \quad (11)$$

В случае, если $\sigma_{npN} < 0$, то есть присутствуют продольные осевые напряжения, рассчитываем ψ_1 – коэффициент, учитывающий двухосное напряженное состояние труб, определяемый по формуле:

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|\sigma_{кц}^H|}{\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|\sigma_{кц}^H|}{\frac{m}{0,9 \cdot k_H} \cdot R_2^H}; \quad (12)$$

Кольцевые напряжения от нормативного (рабочего) давления, МПа, определяются по формуле:

$$\sigma_{кц}^H = \frac{P \cdot D_{вн}}{2 \cdot d_H}; \quad (13)$$

Абсолютное значение максимального положительного или отрицательного температурного перепада определяют по формулам:

$$\Delta t_{(+)} = \frac{\mu \cdot R_1}{\alpha \cdot E}; \quad (14)$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - \mu) \cdot R_1}{\alpha \cdot E}; \quad (15)$$

К дальнейшему расчету принимаем больший перепад температуры.

Находим величину продольных осевых сжимающих напряжений, если $\sigma_{npN} = (-)$ Мпа – отрицательное значение, это означает, что присутствуют сжимающие напряжения. При наличии продольных напряжений расчетную толщину стенки пересчитывают:

$$\delta = \frac{nPD_H}{2(R_1\psi_1 + nP)}; \quad (16)$$

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Полученное расчетное значение толщины стенки трубы округляется до ближайшего большего значения $\delta_n = 4$ мм, предусмотренного государственными стандартами и техническими условиями.

Проверку на прочность следует производить из условий:

$$|\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}| \leq \psi_1 \cdot \frac{m}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}; \quad (17)$$

$$\sigma_{\text{кц}}^{\text{H}} \leq \frac{m}{0,9 \cdot k_{\text{H}}} \cdot R_2^{\text{H}}; \quad (18)$$

где $\sigma_{\text{кц}}$ - кольцевые напряжения от расчетного внутреннего давления, МПа, определяемые по формуле:

$$\sigma_{\text{кц}} = \frac{n \cdot p \cdot D}{2\delta_n}; \quad (19)$$

$\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}$ - максимальные суммарные продольные напряжения, определяемые по формуле:

$$\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}} = \mu \cdot \sigma_{\text{кц}} - \alpha \cdot E \cdot \Delta t \pm \frac{E \cdot D_n}{2 \cdot \rho}; \quad (20)$$

К расчету принимается наибольшее абсолютное значение $\sigma_{\text{пр}}^{\text{H}}$.

Расчет:

$$\delta = \frac{1,1 \cdot 10 \cdot 1020}{2(302,15 + 1,1 \cdot 10)} = 17,9 \approx 18 \text{ мм};$$

Принимаем толщину стенки $\delta = 18$ мм.

$$R_1 = \frac{570 \cdot 0,9}{1,47 \cdot 1,155} = 302,15 \text{ МПа};$$

$$\Delta t_{(+)} = \frac{0,29 \cdot 302,15}{1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^5} = 38,1^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{(-)} = \frac{(1 - 0,29) \cdot 302,15}{1,15 \cdot 2} = 93,3^\circ\text{C};$$

Рассчитываем исходя из наибольшей $\Delta t = 93,3^\circ$:

$$\sigma_{\text{пр}N} = -1,15 \cdot 10^{-5} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 93,3 + 0,29 \cdot \frac{1,1 \cdot 10 \cdot 984}{18} = -40,2 \text{ МПа};$$

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Поскольку $\sigma_{npN} < 0$, то рассчитываем ψ_1 ,

$$\psi_1 = \sqrt{1 - 0,75 \cdot \left(\frac{|273,3|}{\frac{0,9}{0,9 \cdot 1,155} \cdot 490} \right)^2} - 0,5 \cdot \frac{|273,3|}{\frac{0,9}{0,9 \cdot 1,155} \cdot 490} = 0,51;$$

$$\sigma_{кц}^H = \frac{10 \cdot 984}{2 \cdot 18} = 273,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{пр}^H = 0,29 \cdot 273,3 - 1,15 \cdot 2 \cdot 93,3 + \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1020 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1500} = -67,33 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{пр}^H = 0,29 \cdot 273,3 - 1,15 \cdot 2 \cdot 93,3 - \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 1020 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1500} = -203,33 \text{ МПа};$$

Принимаем наибольшее абсолютное значение $\sigma_{пр}^H = 203,33 \text{ МПа}$.

Выполняем проверку по условию 17:

$$203,33 \leq 0,51 \cdot \frac{0,9}{0,9 \cdot 1,155} \cdot 490;$$

$$203,33 \leq 216,36;$$

Условие выполняется

Выполняем проверку по условию 18:

$$273,33 \leq \frac{0,9}{0,9 \cdot 1,155} \cdot 490;$$

$$273,3 \leq 424,24;$$

Условие выполняется

Таким образом принимаем минимальную толщину стенки, обеспечивающую безопасную эксплуатацию газопровода $\delta = 18 \text{ мм}$.

					Расчет толщины стенки трубопровода	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

5. Социальная ответственность

5.1 Введение

Сжиженный природный газ (СПГ) перспективный энергоноситель. В производственно-сбытовой цепи хранилище СПГ является важной составляющей. Для хранения больших объемов СПГ строятся изотермические резервуары (ИР), объем которых имеет тенденцию к увеличению с целью оптимизации затрат. Хранение больших объемов СПГ проводится при криогенных температурах в изотермических резервуарах объемом до 200 тыс. м³, поэтому соблюдение температурных параметров оказывает непосредственное влияние на промышленную безопасность. Разгерметизация резервуаров для хранения СПГ может привести к возникновению пожаров и взрывов, поэтому обеспечение безопасности на объектах его хранения является ключевой задачей. В данной работе будут рассмотрены вопросы безопасности крупнотоннажного хранения сжиженного природного газа в ИР.

5.2. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.2.1. Социальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно ВРД 39-1.10-064-2002 [35] и ГОСТ Р 56352-2015 [6] к обслуживанию стационарных резервуаров с СПГ допускаются лица достигшие восемнадцатилетнего возраста, прошедшие медкомиссию и не имеющие противопоказаний к этой работе, обученные по специальной программе и прошедшие инструктаж по технике безопасности и противопожарной безопасности.

Наиболее масштабное производство и хранение СПГ осуществляется для разработки шельфовых газовых месторождений Крайнего Севера, работа на

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Разраб.		Карещкий Н.В.		22.06.2020	Социальная ответственность	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ДР	36	81
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

которых по большей части (при значительном удалении места работы от места постоянного проживания работников) предусмотрена вахтовым методом. Регулирования труда лиц, работающих вахтовым методом, осуществляется согласно статье 147 ТК РФ [51].

Работники, привлекаемые к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ проживают в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках, либо в приспособленных для этих целей и оплачиваемых за счет работодателя общежитиях или иных жилых помещениях.

Вахтой считается общий период, включающий время выполнения работ на объекте и время междусменного отдыха и не превышающий одного месяца. В исключительных случаях на отдельных объектах продолжительность вахты может быть увеличена работодателем до трех месяцев в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ.

Работникам, выезжающим для выполнения работ вахтовым методом в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности из других районов устанавливается районный коэффициент и выплачиваются процентные надбавки к заработной плате, а также предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в районах Крайнего Севера (24 календарных дня), и в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера (16 календарных дней).

Работы, связанные с наполнением и опорожнением резервуаров, относятся к газоопасным, в соответствии с ТОО Р-112-17-95.

Рабочий персонал, в соответствии с федеральным законом от 28.12.13 № 426 – ФЗ «О специальной оценке условий труда», ст. 147 ТК РФ и ст. 117 ТК РФ [51], получает надбавку к заработной плате в размере не менее 4% от оклада и дополнительный оплачиваемый отпуск в размере 7 календарных дней, как работники занятые на работах с вредными или опасными условиями труда.

					Социальная ответственность	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Конкретные размеры повышения оплаты труда устанавливаются работодателем с учетом мнения представительного органа работников в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ.

В целях обеспечения прав и свобод человека и гражданина работодатель и его представители при обработке персональных данных работника обязаны соблюдать общие требования статьи 86 ТК РФ.

На работах с вредными условиями труда работникам выдаются бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные пищевые продукты согласно ТК РФ статье 222. Всех работающих с СПГ администрация объекта должна обеспечить спецодеждой, спецобувью и средствами защиты органов дыхания и глаз согласно [35] и [51].

5.2.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Сооружения и технологическое оборудование хранилищ СПГ должны располагаться на отдельных площадках выделенных планировочных зон, указанных в СП 240.1311500.2015 [18].

При выборе и размещении хранилищ СПГ необходимо учитывать климатические, геологические, гидрологические и сейсмические условия района их размещения. Хранилища СПГ следует располагать вне жилой, общественно-деловой и рекреационных зон населенных пунктов, с подветренной стороны для ветров преобладающего направления по отношению к жилым районам.

Минимальные расстояния от хранилищ СПГ до других производственных объектов, жилых и общественных зданий следует принимать в зависимости от типа резервуаров хранилища СПГ в соответствии с СП 240.1311500.2015 [18].

В нормальном режиме работы системы вентиляции должны обеспечивать вентиляцию на опасных участках, для предотвращения превышения предельно допустимых взрывобезопасных концентраций паров СПГ, а также поддержания избыточного давления в помещениях с нормальной средой для предотвращения

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		40

поступления горючих газов с прилегающих участков. В помещениях управления и в производственных помещениях следует предусматривать сигнализацию об исправной работе вентиляционных систем.

5.3. Производственная безопасность

Рассмотрим основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при хранении СПГ в таблице.

Таблица 7. Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ				Нормативные документы
	Проектирование	Эксплуатация	Ремонт		
Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением	-	+	+		ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности СП 240.1311500.2015. Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
Пожаровзрывоопасность	-	+	+		
Пониженная температура поверхностей оборудования	-	+	+		
Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе	-	+	+		
Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны	-	+	+		
Утечки газа в атмосферу	-	+	+		
Электрический ток	+	+	+		

Повреждения в результате контакта с животными, насекомым, пресмыкающимися	-	+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности ГОСТ 12.1.019-2019 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура
---	---	---	---	---

5.3.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по снижению уровня их воздействия

Рассмотрим вредные и опасные производственные факторы, которые действуют или могут воздействовать на организм человека при эксплуатации хранилищ СПГ, а также нормативные значения этих факторов и мероприятия, направленные на снижение или устранение этих факторов.

Оборудование и трубопроводы, работающие под давлением

Изотермический резервуар для хранения СПГ должен быть оснащён многоступенчатой системой защиты от повышения давления [52]:

- отвод паров СПГ на компримирование;
- сброс паров СПГ в факельную систему отпарного газа (низкого давления);
- сброс паров СПГ через предохранительные клапаны на свечи рассеивания в атмосферу.

Требования к поддержанию и регулированию давления в межстенном пространстве резервуара для хранения СПГ устанавливает ГОСТ Р 56352- 2015.

Пожаровзрывоопасность

К факторам пожаро- и взрывоопасности на объектах СПГ относятся наличие легковоспламеняющихся газов и жидкостей, кислорода, а также источников возгорания во время перевалки СПГ, и/или утечек и разливов легковоспламеняющихся веществ. К потенциальным источникам возгорания относятся искры, возникающие при скоплении электростатических зарядов, молниевые разряды и открытое пламя.

					Социальная ответственность	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		42

Аварийная утечка СПГ может привести к образованию слоя испаряющейся жидкости, следствием чего может стать возгорание этой жидкости либо распространение облака природного газа в результате её испарения.

Категорирование помещений, зданий и наружных технологических установок по взрывопожарной и пожарной опасности следует осуществлять в соответствии с требованиями СП 12.13130.2009.

Теплоизоляционные конструкции должны отвечать требованиям подраздела 6.5 СП 4.13130.2013. Указанные теплоизоляционные конструкции должны относиться к группе "не распространяющие пламя" по ГОСТ Р 53327-2009.

На объектах СПГ необходимо применять следующие особые меры.

Соблюдать правила безопасности при наливе СПГ для транспортировки и сливе доставленного СПГ.

Подготовка официального плана действий в пожароопасных ситуациях с обеспечением ресурсами, необходимыми для выполнения этого плана, и организацией обучения.

Организация подготовки по пожарной безопасности и ответным мерам в рамках прохождения персоналом инструктажа и подготовки по вопросам охраны труда и техники безопасности, включая обучение пользованию оборудованием пожаротушения и методам эвакуации с организацией расширенного курса обучения пожаротушению для специальной пожарной команды.

Защита от возможных источников возгорания включает надежное заземление с целью предотвращения скопления электростатических зарядов и молниевых разрядов, использование конструктивно безопасных электрических установок и искробезопасных инструментов, введение системы разрешений на производство любых огневых работ и обязательного порядка их производства во время проведения работ по техническому обслуживанию.

					Социальная ответственность	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Пониженная температура поверхностей оборудования

Во время хранения и перевалки СПГ работники могут контактировать со сверхнизкотемпературным продуктом. Установленное на объектах оборудование, которое может явиться фактором риска с точки зрения безопасности труда ввиду низкой температуры, следует своевременно выявлять и снабжать соответствующей защитой от случайного контакта работников с ним. Для работников следует организовать инструктаж по риску контакта с холодной поверхностью (например, по отморожению) и, по мере необходимости, обеспечивать их средствами индивидуальной защиты (СИЗ) (например, перчатками, изолирующей одеждой).

Перемещение фаз СПГ

Одной из серьезных проблем, которая может повлиять на повышение давления в резервуаре, является проблема стратификации СПГ, возникающая, как правило, при длительном хранении СПГ в хранилище без перемешивания либо при закачке в резервуар СПГ с характеристиками (компонентный состав, плотность, температура и др.), отличными от характеристик уже имеющейся в нем жидкости. Данное явление получила за рубежом название «ролловер», – перевёртывание.

Предотвратить ролловер можно при тщательном контроле скорости образования отпарного газа. СПГ разных изготовителей, имеющих разный состав, следует хранить в отдельных резервуарах. Плотность СПГ в резервуаре также необходимо постоянно контролировать.

Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе

В России преимущественно заводы и хранилища для СПГ устанавливаются в северных районах. Нормирование параметров климата на открытых площадках не производится, но определяются конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего. Работающие на открытой территории в зимней период года в каждом из климатических регионов

					Социальная ответственность	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами (брюки и куртка), а также защитными масками для лица. Для каждого климатического пояса и региона при определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются.

Работники должны быть обучены мерам защиты от обморожения и оказанию доврачебной помощи.

Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

Контроль воздушной среды должен проводиться в зоне дыхания при характерных производственных условиях посредством газоанализатора или 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/м³, для природного газа ПДК равно 300 мг/м³.

При работе в местах, где концентрация вредных веществ в воздухе может превышать ПДК, работников должны обеспечивать шланговым изолирующим противогазом, со страховочным поясом с крестообразными лямками и сигнальной веревкой.

Утечки газа в атмосферу, в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76, ПГ – вещество 4 класса опасности, ПДК – 300 мг/м³ в пересчете на углерод по ГОСТ 12.1.005, ПДК для жилых массивов: среднесуточная – 1,5 мг/м³; разовая – 5 мг/м³. В организме человека ПГ не накапливается.

После сжижения природного газа, во время хранения СПГ, наблюдаются выбросы паров метана, известных под названием «отпарного газа» (ОГ). ОГ следует собирать с помощью соответствующей системы рекуперации паров. На заводах СПГ пары следует возвращать в установки сжижения либо использовать на заводе как топливо; на регазификационных заводах собранные пары следует возвращать в установки регазификации с последующим использованием на

					Социальная ответственность	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

заводе в качестве топлива, либо сжатием и отправкой потребителям или в газопровод, либо факельным сжиганием.

Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися

В летнее время года работающие на открытом воздухе должны быть обеспечены за счет предприятия средствами индивидуальной защиты от гнуса и энцефалитного клеща (крема, аэрозоли, москитная сетка). В некоторых районах возможна встреча с дикими хищниками (например, медведь), ядовитыми животными (например, змеи). В этих случаях работники должны следовать инструкциям поведения при встрече с такими животными.

5.4. Экологическая безопасность

5.4.1. Анализ возможного влияния объекта исследования на окружающую среду

С экологической точки зрения природный газ имеет безусловные преимущества перед другими ископаемыми видами топлива, поскольку при его сжигании в атмосферу выбрасывается значительно меньше CO₂, SO_x, NO_x и твердых частиц. Поскольку СПГ состоит в основном из метана, то актуальным является вопрос о последствиях выбросов в атмосферу парниковых газов и влиянии производства и транспортировки СПГ на глобальное изменение климата [138].

Влияние на атмосферу

При утечке из сосудов, работающих под давлением, СПГ будет распыляться в виде струйных потоков в атмосфере с одновременным дросселированием (расширением) и испарением. Этот процесс сопровождается интенсивным перемешиванием паров СПГ с окружающим воздухом. Первоначально большая часть СПГ в паровом облаке будет содержаться в виде аэрозоля. В результате дальнейшего перемешивания СПГ с воздухом произойдет полное испарение мелких капель жидкости.

					Социальная ответственность	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Влияние на гидросферу

В ходе гидравлических испытаний емкостей для хранения СПГ образуются значительные объемы сточных вод, которые попадая в поверхностные водоемы, даже нормативно очищенные, могут оказать негативное воздействие на водную биоту и нанести вред пользователям водных ресурсов.

Влияние на литосферу

Термическое воздействие на грунты приводит к изменению криогенных режимов многолетнемерзлых пород как на поверхности, так и на глубине. В результате может повышаться температура грунтов и происходить частичное таяние вечной мерзлоты. При попадании СПГ на землю (при аварийном разливе) СПГ быстро испаряется, что, при отсутствии возгорания, практически исключает долговременные экологические воздействия.

5.4.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Защита атмосферы

Методы контроля и сокращения неорганизованных выбросов следует рассматривать и внедрять в процессе проектирования, эксплуатации и технического обслуживания сооружений. При выборе подходящих клапанов, фланцев, арматуры, уплотнений и сальников необходимо учитывать требования безопасности и соответствия наряду с их способностью снижать утечки газа и предупреждать неорганизованные выбросы в атмосферу. Кроме того, необходимо осуществлять программу выявления утечек и их устранения.

Защита гидросферы

Запрещается направление стоков СПГ в водоёмы. У подошвы защитного ограждения в месте откачки воды, должен быть устроен водосборник (приямок), оборудованный съемным насосом для откачки дождевых и талых вод. Отвод воды с помощью сливных трубопроводов, проходящих сквозь защитное ограждение, не допускается.

					Социальная ответственность	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Защита литосферы

Поверхность грунта, ограничиваемая кольцевым ограждением, а также внутренняя поверхность ограждения должны быть покрыты слоем негорючей и непроницаемой для СПГ теплоизоляции с необходимыми средствами ее гидрозащиты.

Для снижения последствий разлива СПГ из надземного резервуара в пределах защитного ограждения следует предусматривать возможность направленных стоков СПГ с мест его потенциальных утечек по открытым дренажным лоткам в специальный приямок - ловушку, расположенный у края площадки.

5.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.5.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Анализ реальных аварий на хранилищах СПГ выявил следующие основные опасности и возможные сценарии аварий:

- образование пролива;
- пожар пролива;
- выброс паров СПГ без последующего воспламенения;
- выброс паров СПГ с последующим воспламенением;
- взрыв паров СПГ в ограниченном пространстве.

Исходя из особенностей конструкции резервуара, все опасности делят на опасности, связанные с воздействием на внешний и внутренний корпус.

К внешним воздействиям, способным повлиять на прочностные характеристики внешнего корпуса, следует отнести сейсмическое воздействие, гидродинамическое воздействие (разрушительного воздействия волн цунами), аэродинамическое воздействие (поднятыми с поверхности земли штормовым ветром), механическое воздействие, воздействие ударных волн при аварии на

					Социальная ответственность	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

соседних объектах, воздействия террористического характера, термическое воздействие (в случае возникновения пожара в резервуарном парке).

Рассматривая внутренние воздействия, способные повлиять на прочностные характеристики внешнего бетонного корпуса, следует отметить только термическое. Оно связано с длительным контактом внешнего корпуса с криогенной температурой в случае разгерметизации внутреннего корпуса.

5.5.2. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

К активным способам обеспечения безопасности относятся управляющие системы обеспечения безопасности, состоящие из сенсоров (датчиков), управляющих устройств и исполнительных элементов. Защитная функция этих способов безопасности зависит от действий оператора либо управляющего устройства.

В состав систем обеспечения безопасности хранилища СПГ входят системы предотвращения уменьшения и увеличения давления во внутреннем резервуаре, система предотвращения возникновения и развития ролловера, система предотвращения перелива и система орошения резервуара.

Следует осуществлять контроль за герметичностью технологического оборудования, трубопроводов, арматуры, где возможны утечки взрывопожароопасных паров и газов. Контроль за загазованностью производственных помещений следует осуществлять посредством газоанализаторов с сигнализацией и включением аварийной вентиляции.

Технологические объекты, помещения производственного, административно-хозяйственного и бытового назначения и места постоянного или временного пребывания людей в пределах опасной зоны оснащают эффективными системами оповещения персонала об аварийной обстановке.

Планы ликвидации аварии должны предусматривать меры по выводу в безопасное место людей, не связанных непосредственно с ликвидацией аварии.

					Социальная ответственность	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Эксплуатационный персонал должен пройти подготовку и аттестацию в области промышленной безопасности в установленном порядке.

5.6. Заключение

В данном разделе ВКР был изучен вопрос социальной ответственности, в котором проанализированы правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности, опасные и вредные производственные факторы с обоснованием мероприятий по снижению уровня их воздействия. Также были рассмотрены вопросы экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях с обоснованием мероприятий по защите окружающей среды и предотвращению ЧС на объектах хранения СПГ.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		50

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1. Введение

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

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Для данной работы целью является оценка и влияние типа изоляционного материала на тепловые потери.

6.2. Потенциальные потребители результатов исследования

Исследуемые изоляционные материалы предназначены для теплоизоляции изотермических резервуаров на заводах по сжижению природного газа. Сравнение теплоизоляционных материалов, является немаловажной частью, т.к. их правильный выбор будет способствовать сохранению бюджета компании, сил и средств, а также избавит атмосферу от негативных воздействий.

Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата	Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Разраб.		Карещкий Н.В.		22.06.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ДР	51	81
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

Сегментировать рынок можно по категориям резервуаров и типам изоляционных материалов (таблица 8).

Таблица 8. Карта сегментирования рынка

		Тип изоляционных материалов		
		Перлит	Пеностекло	Пено
Вид резервуара	Цилиндрические двухоболочечные			
	Цилиндрические мембранные			

«Ямал СПГ (РФ)»

«Gorgon LNG Plant (Австралия)»

На сегодняшний день в мире существуют много проектов по сжижению природного газа и соответственно каждый проект обладает своей уникальностью по наличию типа изоляции и категории резервуаров. По карте сегментирования видно, что проект «Ямал СПГ» не использует резервуары мембранной категории, но зато преимущественно использует технологии по изоляции цилиндрических двухоболочечных резервуаров с помощью таких материалов как перлит и пеностекло, которые обладают своими особыми преимуществами.

6.3. Анализ конкурентных технических решений

Проанализируем три типа изоляционных материалов: перлит, пеностекло, пенополиуретан.

Оценочная карта, в которой отображены результаты анализа, представлена в виде **таблицы**.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i, \quad (21)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		52

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 9. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_n	$B_{п1}$	$B_{п2}$	K_n	$K_{п1}$	$K_{п2}$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Температурный интервал эксплуатации	0,12	5	3	2	0,6	0,36	0,24
2. Плотность	0,05	2	4	5	0,1	0,2	0,25
3. Теплопроводность	0,19	5	5	4	0,95	0,95	0,76
4. Водопоглощение	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
5. Прочность на сжатие	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
6. Горючесть	0,10	1	4	4	0,1	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,11	3	5	4	0,33	0,55	0,44
3. Цена	0,09	3	5	5	0,27	0,45	0,45
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
5. Послепродажное обслуживание	0,06	3	4	5	0,18	0,24	0,3
Итого	1	38	50	47	3,65	4,55	4,24

B_n – пенополиуретан;

$B_{п1}$ – пеностекло;

$B_{п2}$ – перлит.

По таблице 9 видно, что наиболее эффективным материалом является пеностекло. Это связано с тем, что данный материал наиболее доступен по цене, обладает низкой теплопроводностью, что является наиболее важным при выборе материала, также данный материал имеет высокую прочность на сжатие. Данный материал имеет и свои недостатки, но в рамках данного анализа этот материал имеет преимущество.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		53

6.4. SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. Он проводится в несколько этапов.

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

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

Результаты SWOT-анализа исследования, проведенного в рамках данной выпускной квалификационной работы, представлены в таблице 10.

Таблица 10. Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Большая перспектива развития</p> <p>С2. Востребованность материалов проектами СПГ</p> <p>С3. Низкая стоимость материала</p> <p>С4. Долгий срок службы</p> <p>С5. Высокий уровень технических параметров</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Высокая цена исследований параметров материала</p> <p>Сл2. Труднодоступность необходимых материалов</p>
--	--	--

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

Для выполнения проекта необходимо формирование рабочей группы, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, студенты, инженеры. Численность и состав группы могут варьироваться от поставленной задачи в рамках реализации исследования. Примерный порядок составления этапов и работ приведен в таблице 11.

Таблица 11. Порядок составления этапов и работ

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы исследований	1	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, исполнитель
	2	Подбор и изучение литературы по теме	Исполнитель
Разработка тех. задания	3	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Подбор методики для проведения расчетов	Исполнитель
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель
Оформление отчета по исследовательской работе	7	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость носит вероятностный характер и оценивается экспертным путем в человеко-днях по формуле:

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						56
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (22)$$

где: $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;
 t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.
 t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (23)$$

где: $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;
 T_{pi} - продолжительность одной работы, раб. дн.;
 $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.5.2. Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (24)$$

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		57

где: T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в кал.дн.;
 T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;
 $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (25)$$

где: $T_{\text{кал}}$ – продолжительность календарных дней в году;
 $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;
 $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 66 - 15} = 1,28$$

Все рассчитанные значения сведены в таблице 6.8.

Таблица 12. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}
	t_{min} , Чел-дни	t_{max} , Чел-дни	$t_{ож}$, Чел-дни			
Составление и утверждение тех. задания	1	3	1,8	Руководитель	2	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	15	12	Исполнитель	12	12
Согласование материалов по теме	5	8	6,2	Руководитель, Исполнитель	6	8
Календарное планирование работ по теме	3	6	4,2	Руководитель, Исполнитель	2	3
Проведение теоретических расчетов и обоснование	6	18	10	Исполнитель	17	22

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
						58
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

Продолжение таблицы

Оценка результатов исследования	3	5	3,8	Руководитель, Исполнитель	2	3
Составление пояснительной записки	7	16	11,4	Руководитель, Исполнитель	6	8

Линейный график представлен в таблице 13.

Таблица 13. Календарный план-график проведения НИР по теме

№	Вид работ	Испол.	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Фев.		Март			Апрель			Май					
				20	30	10	20	30	10	20	30	10	20	30			
	Составление и утверждение тех. задания	Р	2	■													
	Подбор и изучение материалов по теме	И	20	■	■												
	Согласование материалов по теме	Р, И	7			■	■										
	Календарное планирование работ по теме	Р, И	3				■	■									
	Проведение теоретических расчетов и обоснование	И	15				■	■	■	■							
	Оценка результатов исследования	Р, И	3									■	■				
	Составление пояснительной записки	Р, И	9										■	■	■		

6.6. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Для формирования бюджета НТИ используем следующую группировку затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Для проведения научного исследования необходим компьютер, с установленными специальными программами и с соответствующим программным обеспечением.

$$Z_M = (1 + k_t) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх } i} = 37000 \cdot 1 + 1500 \cdot 1 = 38500 \quad (26)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		60

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

Материальные затраты пришлись на компьютер и программное обеспечение. Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производится бесплатно. Основная заработная плата исполнителей темы Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу.

Таблица 14. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарботная плата, приходящаяся на один чел.- раб.дн., руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Руководитель	14	18	14	1450	1450	1450	20300	26100	20300
2	Дипломник	139	145	144	559,3	559,3	559,3	77743	81099	80539
								98043	107199	100839

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

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн} \quad (26)$$

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

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

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

Для руководителя: $Z_{осн} = 1450,1 \cdot 14 = 20301,4$ руб.

Для дипломника: $Z_{осн} = 559,3 \cdot 139 = 77742,7$ руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M \cdot k_p}{F_d} \quad (27)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		61

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года; кр – районный коэффициент;

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

$$\text{Для руководителя: } Z_{\text{дн}} = \frac{24600 \cdot 11,2 \cdot 1,3}{247} = 1450,1 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника: } Z_{\text{дн}} = \frac{9489 \cdot 11,2 \cdot 1,3}{247} = 559,3 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}} \quad (28)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

$$\text{Для руководителя: } Z_{\text{доп}} = 20300 \cdot 0,13 = 2639 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника: } Z_{\text{доп}} = 77743 \cdot 0,13 = 10107 \text{ руб.}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (29)$$

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

$$\text{Для руководителя: } Z_{\text{внеб}} = (20300 + 2639) \cdot 0,27 = 6194 \text{ руб.}$$

$$\text{Для дипломника: } Z_{\text{внеб}} = (77743 + 10107) \cdot 0,27 = 23720 \text{ руб.}$$

Итого: 29914 руб.

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{внеб}}) \quad (30)$$

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		62

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице.

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	38500	38500	38500
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	98043	107199	100839
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12746	13936	13109
4. Отчисления во внебюджетные фонды	30024	32828	30880
5. Накладные расходы	28690	30794	29332
6. Бюджет затрат НТИ	208003	223257	212660

Таким образом, общий бюджет НТИ составил 208003 руб.

6.6. Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности связано с нахождением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (31)$$

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

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

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

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{208003}{223257} = 0,93$$

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

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		63

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (32)$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;
 a_i - весовой коэффициент разработки;
 b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 15. Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра.	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3	4
3. Материалоемкость	0,3	5	4	3
4. Энергосбережение	0,25	5	5	5
5. Безопасность	0,2	4	4	5
Итого:	1	23	21	21

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

$$I_{испи} = \frac{I_{pi}}{I_{финр}} \quad (33)$$

$$I_{исп1} = 4,65 ; I_{исп2} = 4,2 ; I_{исп3} = 4,15.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		64

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cpi}):

$$\mathcal{E}_{cpi} = \frac{I_{испi}}{I_{испmin}} \quad (34)$$

$$\mathcal{E}_{cp1} = 1,02 ; \mathcal{E}_{cp2} = 1,3 ; \mathcal{E}_{cp3} = 1.$$

Таблица 16. Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,93	1	0,95
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,2	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,99	4,2	4,36
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,19	1	1,04

Как видно из таблицы, первый вариант исполнения научно-исследовательского проекта выгоднее остальных двух как с финансовой стороны, так и со стороны ресурсоэффективности.

6.7. Заключение

Выполнив данную работу, выявили наиболее конкурентоспособный материал, оценили его сильные и слабые стороны и подвели общий итог по исследуемым материалам. Согласно проведенным исследованиям, бюджет включает в себя учет всех ранее рассчитанных необходимых затрат, для проведения научных исследований. Согласно данным из таблицы 10 бюджетный фонд, сформированный для проведения научно-исследовательской работы, составил 208003 руб.

					Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		65

Список использованных источников

1. ВНТП 51-1-88. Ведомственные нормы на проектирование установок по производству и хранению сжиженного природного газа, изотермических хранилищ и газозаправочных станций (временные). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 15.01.2020 г.).
2. ISO/TS 16901:2015. Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the ship/shore interface. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 15.01.2020 г.).
3. ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 15.01.2020 г.).
4. СТО Газпром 2-2.3-569-2011. Методическое руководство по расчету и анализу рисков при эксплуатации объектов производства, хранения и морской транспортировки сжиженного и сжатого природного газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 15.01.2020 г.).
5. ГОСТ Р 57431-2017 (ИСО 16903:2015). Газ природный сжиженный. Общие характеристики (Переиздание). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.01.2020 г.).
6. ГОСТ Р 56352-2015. Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности (Издание с Поправкой). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.01.2020 г.).
7. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.01.2020 г.).

					Оценка рисков при эксплуатации объектов хранения и транспортировки сжиженных и компримированных природных газов			
Изм	Лист	Ф.И.О.	Подп.	Дата				
Разраб.		Карецкий Н.В.		22.06.2020	Список литературы	Литера	Лист	Листов
Руковод.		Чухарева Н. В.		22.06.2020		ДР	66	81
Консульт.						ТПУ гр. 2Б6Б		
Рук-ль ООП		Брусник О.В.		22.06.2020				

8. СНиП II-45-75. Магистральные трубопроводы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 19.01.2020 г.).
9. Р 585-85. Рекомендации по проектированию газопроводов, транспортирующих охлажденный газ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 19.01.2020 г.).
10. ОСТ 26-02-2080-84. Сосуды цилиндрические горизонтальные для сжиженных углеводородных газов пропана и бутана. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 19.01.2020 г.).
11. ПБ 03-110-96. Правила безопасности для складов сжиженных углеводородных газов и легковоспламеняющихся жидкостей под давлением. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 07.03.2020 г.).
12. ГОСТ 20448-90. Газы углеводородные сжиженные топливные для коммунально-бытового потребления. Технические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 07.03.2020 г.).
13. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 07.03.2020 г.).
14. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 07.03.2020 г.).
15. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).
16. НПБ 110-99. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и

					Список использованных источников	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

автоматической пожарной сигнализацией. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).

17. СНИП 2.11.03-93. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).
18. СП 240.1311500.2015 Хранилища сжиженного природного газа. Требования пожарной безопасности. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).
19. ГОСТ 5542-2014 Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия (Издание с Поправкой). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).
20. ВНТП 3-85 Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений (с Изменением N 1). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 23.04.2020 г.).
21. ВРД 39-1.8-055-2002. Типовые технические требования на проектирование КС, ДКС и КС ПХГ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
22. СТО Газпром 2-3.5-051-2006 Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
23. ПБ 08-342-00. Правила безопасности при производстве, хранении и выдаче сжиженного природного газа (СПГ) на газораспределительных станциях магистральных газопроводов (ГРС МГ) и автомобильных газонаполнительных компрессорных станциях (АГНКС). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).

					Список использованных источников	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		68

24. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
25. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
26. ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
27. ПБ 10-115-96. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
28. ГОСТ 29335-92. Костюмы мужские для защиты от пониженных температур. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
29. ГОСТ 12.1.011-78 ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
30. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 27.05.2020 г.).
31. ГОСТ 17.1.3.06-82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
32. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).

					Список использованных источников	Лист
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		69

33. ГОСТ Р 12.3.047–98. Пожарная безопасность технологических процессов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
34. ГОСТ Р 55892-2013. Объекты малотоннажного производства и потребления сжиженного природного газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
35. ВРД 39-1.10-064-2002. Оборудование для сжиженного природного газа. Общие технологические требования при эксплуатации систем хранения, транспортирования и газификации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
36. РД 09-364-00. Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных, взрывопожароопасных объектах. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
37. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
38. Федеральный закон "О трудовых пенсиях в Российской Федерации" от 17.12.2001 N 173-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/> (дата обращения 01.06.2020 г.).
39. Жувакин Д.Ю. Роль и перспективы Российской Федерации на мировом рынке сжиженного природного газа: дис ... канд. эконом. наук: 08.00.14 / Жувакин Дмитрий Юрьевич – М., 2014. – 185 с.
40. Майорец М.А. Сжиженный газ – будущее мировой энергетики / М.А. Майорец, К.В. Симонов. – М.: Альпина Паблишер, 2013. – 360 с.
41. Никитина А.А. ВР: Прогноз развития мировой энергетики до 2035 года // Нефтегазовая вертикаль. – 2015. – № 6 . – С. 1–13.

					Список использованных источников	Лист
						70
Изм.	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

42. Чёрный Д.С. Анализ рынка сжиженного природного газа в России // Научный журнал NovalInfo.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novainfo.ru/article/3498> (дата обращения 01.06.2020 г.).
43. Сжиженный природный газ и запорная арматура для СПГ / Региональная газовая компания «Палюр». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rgk-palur.ru/spg-szhizhennyj-prirodnyj-gaz-i-zapornaya-armatura/> (дата обращения 07.06.2017 г.).
44. Исследования опасности аварийных проливов криогенных жидкостей из оборудования и разработать рекомендации по их оценке и мерам защиты: отчет // ВНИИПО МВД СССР: Макеев В.И., Некрасов В.П., Чугуев А.П., тема С.6.1.НОО1.90, "Риф-А", 1991.
45. Рачевский Б.С. Сжиженные углеводородные газы / Б.С. Рачевский. – М.: «НЕФТЬ и ГАЗ», 2009. – 640 с.
46. Котляревский В.А. Безопасность резервуаров и трубопроводов / В.А. Котляревский, А.А. Шаталов, Х.М. Ханухов. – М.: Экономика и информатика, 2000. – 552 с.
47. Ханухов Х.М. Конструкционные мероприятия по повышению безопасности и снижению риска эксплуатации изотермических резервуаров для хранения жидкого аммиака / Х.М. Ханухов, А.В. Алипов, Н.В. Четвертухин и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2015. – № 8. – С. 74–80.
48. Саруев, Алексей Львович. Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Л. Саруев, Л. А. Саруев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд., испр.. — 1 компьютерный файл (pdf; 3.1 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2019.
49. Эксплуатация насосных и компрессорных станций : учебное пособие / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; сост. А. Л. Саруев , Л. А. Саруев. — Томск: Изд-во ТПУ, 2017.

					Список использованных источников	Лист
						71
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		

50. Саруев, Алексей Львович. Прочность оборудования газонефтепроводов и хранилищ : учебное пособие / А. Л. Саруев, Л. А. Саруев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. — 2-е изд., испр.. — Томск: Изд-во ТПУ, 2019.
51. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/ (дата обращения: 06.06.2020).
52. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности объектов сжиженного природного газа". [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rg.ru/2018/12/29/rostexnadzorprkaz-588-site-dok.html> (дата обращения: 06.06.2020).

					Список использованных источников	Лист
						72
Изм	Лист	№ докум	Подп.	Дата		