

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

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений.

622.692.4:620.197

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б71Т	Волохов И.В.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	Доцент, д.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Т.Г.	Доцент, к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева И.Л.	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

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 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 нефтегазового промышленного оборудования	<i>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ОПК-1, ОПК-2, ОПК-7, ПК-19, ПК-20, ПК-21, ПК-22).</i>

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

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

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

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б71Т	Волохов Игорь Викторович

Тема работы:

Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	36-78/с

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>	<p>Рассматриваемая нефтеперекачивающая станция «Молчаново» магистрального нефтепровода «Александровское – Анжеро-Судженск» D=1220 мм, δ=14 мм, марка стали 17ГС, рабочее давление 4,3 МПа.</p>
---	--

<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>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Проведение обзора литературных источников по данной тематике; 2. Характеристика объекта исследования; 3. Проведение технологического расчёта объекта исследования; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Технологическая схема НПС «Молчаново»</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>Доцент ОСГН ШБИП Трубоченко Татьяна Григорьевна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Ассистент ООД Мезенцева Ирина Леонидовна</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	Доцент, д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б71Т	Волохов И.В.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б71Т	Волохов Игорь Викторович

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя – 35600 руб. Оклад инженера – 13500 руб. Материальные затраты – 1200 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Накладные расходы 14%; Районный коэффициент 30% Норма амортизации 33,3 %</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений, SWOT-анализ</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Планирование работ; Разработка диаграммы Ганта; Формирование бюджета затрат на научно-исследовательскую работу.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>- структура работ в рамках научно-технического проекта; - определение трудоемкости выполнения работ; - составление графика проведения научно-технического проекта; - определение бюджета научно-технического проекта.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>-оценка эффективности проекта.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT;
2. Диаграмма Ганта.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б71Т	Волохов Игорь Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Б71Т	Волохов Игорь Викторович

Школа	Природных ресурсов	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:

«Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений»	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования магистральный нефтепровод и средства защиты коммуникаций НПС от ударных волн давления. Рабочее место расположено на трассе нефтепровода
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. 	Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием некоторых опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические и психофизиологические. СНИП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве», ПМТ №51 от 18.12.98г. «Правила обеспечения работников специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты», Постановление Правительства РФ от 11.03.1999 № 279 «Об утверждении положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	2.1 Вредные факторы При полевых работах: 1. Превышение уровня шума; 2. Повышенный уровень вибрации; 3. Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; 4. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу При камеральных работах:

	<p>1. Отклонение параметров микроклимата при камеральных работах.</p> <p>2. Недостаточная освещенность</p> <p>Опасные факторы</p> <p>При полевых работах:</p> <p>1. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования</p> <p>2. Электрический ток</p> <p>3. Взрывоопасность и пожароопасность;</p> <p>При камеральных работах</p> <p>1. Электрический ток</p> <p>2. Пожарная безопасность</p> <p>2.2. Предложить мероприятия, обеспечивающие снижение влияния выявленных опасных и вредных производственных факторов на работающего.</p>
3. Экологическая безопасность:	<p>Атмосфера; загрязнением атмосферного воздуха;</p> <p>Гидросфера: нарушением гидрогеологического режима;</p> <p>Литосфера: повреждением почвенно-растительного покрова;</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<p>Возможные ЧС: Осевое разъединение фланцевых соединений, нарушение целостности сварных швов, образование продольных трещин,</p> <p>Наиболее типичная ЧС: расцентровка насосных агрегатов, образование продольных трещин на магистральном трубопроводе</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Б71Т	Волохов Игорь Викторович		

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

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
06.02.2021	<i>Введение</i>	
09.02.2021	<i>Характеристика исследуемого участка МН</i>	
23.02.2021	<i>Переходные процессы в магистральных нефтепроводах</i>	
12.03.2021	<i>Система сглаживания волн давления</i>	
27.03.2021	<i>Расчетная часть</i>	
15.04.2021	<i>Финансовый менеджмент</i>	
25.04.2021	<i>Социальная ответственность</i>	
29.04.2021	<i>Заключение</i>	
11.05.2021	<i>Презентация</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Шадрина А.В.	Доцент, д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

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

Реферат

Выпускная квалификационная работа 104 с., 19 рис., 17 табл., 54 источника, 1 прил.

Ключевые слова: нефтеперекачивающая станция, гидравлический удар, ударная волна, фронт волны, магистральный нефтепровод, переходные процессы, система сглаживания волн давления, клапан, коэффициент расхода регулирующего дросселя.

Объектом исследования является защита коммуникации нефтеперекачивающей станции от ударных волн.

Цель работы – исследование методов и систем, защищающих трубопровод от недопустимых перегрузок, вызываемых волнами повышенного давления, зависящими от изменения режимов транспортировки нефти, исключение возникновения аварийных ситуаций на магистральном нефтепроводе, что позволит безаварийное функционирование объектов на магистральном нефтепроводе «Александровское – Анжеро – Судженск».

В процессе исследования проводились расчеты скорости распространения гидравлической ударной волны в трубопроводе и давления в нефтепроводе при гидравлическом ударе. Проведено исследование выбора параметров системы управления ССВД. Проведён сравнительный анализ известных методов защиты коммуникаций нефтеперекачивающих станций. Отражено техническое описание действующего магистрального нефтепровода, отражены технические характеристики, схемы нефтеперекачивающей станции, причины возникновения отказов магистрального нефтепровода, причины образования гидравлического удара в процессе перекачки нефти. Приведены мероприятия по охране труда и окружающей среды. В результате исследования было выявлено, что применение ССВД, в качестве защиты коммуникаций НПС, имеет ряд преимуществ и является наиболее эффективным способом защиты.

Abstract

Final qualifying work 104p., 19 Fig.17, Tab., 54 sources, 1 app.

Key words: oil pumping station, water hammer, shock wave, wave front, main oil pipeline, transient processes, pressure wave smoothing system, valve, flow rate coefficient of the control throttle.

The object of the research is the protection of the communication of an oil pumping station from shock waves. The purpose of the work is to study methods and systems that protect the pipeline from unacceptable overloads caused by high pressure waves, depending on changes in oil transportation modes, to eliminate emergencies on the main oil pipeline, which will allow the trouble-free operation of facilities on the «Aleksandrovskeye - Anzhero - Sudzhensk» oil trunk pipeline.

In the course of the study, calculations were made of the speed of propagation of a hydraulic shock wave in a pipeline and the pressure in an oil pipeline during a hydraulic shock. The study of the choice of parameters of the control system of the ATS was carried out. A comparative analysis of the known methods of protecting the communications of oil pumping stations is carried out. The technical description of the operating main oil pipeline is reflected, technical characteristics, schemes of the oil pumping station, the reasons for the failure of the main oil pipeline, the reasons for the formation of a water hammer in the process of pumping oil are reflected. The measures for the protection of labor and the environment are given. As a result of the study, it was revealed that the use of SSVD, as the protection of NPS communications, has a number of advantages and is the most effective way of protection.

Обозначения и сокращения

ССВД – система сглаживания волн давления

НПС – нефтеперекачивающая станция

ПС – перекачивающая система

САР – система автоматического регулирования

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ПЧ – частотный преобразователь

САРД – Система автоматического регулирования давления

Оглавление

Введение	14
1. Характеристика исследуемого участка МН	16
1.1 Обзор данных трассы «Александровское – Анжеро-Судженск»	16
1.2 Краткая характеристика НПС «Молчаново»	18
2. Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	20
2.1 Гидравлический удар	20
2.1.1 Последствия гидравлического удара	22
2.2 Технологические процессы в нефтепроводах, вызывающие аварийную ситуацию	23
2.2.1 Остановка насосов на перекачивающих станциях	23
2.2.2 Запуск насосных агрегатов на перекачивающей станции	25
2.2.3 Закрытие задвижки.	26
2.2.4 Сброс и подкачка нефти на магистральном трубопроводе	27
2.2.5 Заполнение самотечного участка.	27
2.2.6 Отраженные волны	28
2.3 Обзор и анализ средств защиты магистральных нефтепроводов от волн пониженного и повышения давления	29
2.3.1 Уравнительный резервуар.	29
2.3.2 Воздушный колпак	32
2.3.3 Частотные преобразователи	34
2.3.4 Обратный клапан	35
2.3.5 Мембраны предохранительные разрывные	36
2.3.6 Предохранительные клапаны пружинного типа	37
2.3.7 Предохранительные клапаны с пилотным управлением	42
2.3.8 Система автоматического регулирования давления	44
2.3.9 Быстродействующие клапаны с регулируемым приводом	46
3. Система сглаживания волн давления	48
3.1 Назначение ССВД	48
3.2 Состав ССВД	50
3.3 Принцип действия ССВД	51
3.4 Предохранительные клапаны сглаживания волн давления Danflo	53
3.5 Предохранительный клапан типа «Флекс-фло».	56
4. Расчетная часть	58
4.1 Скорость распространения гидравлической ударной волны в трубопроводе	58
4.3 Уравнение, описывающее работу ССВД	64

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Оглавление	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.	Волохов И.В.						13	104
Руковод.	Шадрина А.В.							
Консульт.								
Рук-ль ООП	Брусник О.В.							
						ТПУ гр.3-2Б71Т		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
6. Социальная ответственность	96
Заключение	97
Список используемых источников	98
Приложение А	104

Введение

В современности самым экономичным и надёжным способом транспортировки нефти является перекачка нефти с использованием магистральных трубопроводов. Нефтеперекачивающие станции выполняют роль сердца в системе магистральных трубопроводов, поддерживая давления, необходимое для транспортировки нефти.

Для функционирования всей системы необходима бесперебойная работа НПС, но, к сожалению, этому может помешать множество факторов, таких как аварии и ремонтные работы, нестационарные процессы, возникающие в магистральном нефтепроводе, изменение в объёмах добываемой нефти и т.п. Все эти факторы влекут к большим экономическим потерям. Вся система нефтепровода – это огромный и сложный механизм, который должен работать в строгом режиме работы и соблюдения правил безопасности на каждом участке нефтепровода, используя наилучшие средства защиты нефтепровода и оборудования, которое обеспечивает стабильность всей системы. При остановке одного звена системы, в данном случае НПС, или даже насосного агрегата на приёмной станции происходит резкое изменение скорости движения нефти, что влечёт за собой колоссальный скачок давления. Волна повышенного давления может привести к гидроудару, способному вывести из строя работу всей станции и в худшем случае к разрыву и разгерметизации нефтепровода.

Актуальность данной выпускной квалификационной работы заключается в том, что развитие трубопроводного транспорта нефти не стоит на месте, в связи с тем, что каждый год строятся новые участки новых ветвей нефтепроводов, вместе с тем увеличивается и объёмы перекачиваемой нефти, появляются новые системы управления и автоматизации нефтепроводной

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.			Введение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					15	104
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ гр.3-2Б71Т		

системы, так же не стоит забывать о требованиях к экологической и технической безопасности их работе и обслуживании. Прежде всего актуальность заключается в исключении возникновения аварийных ситуаций на магистральном нефтепроводе, что позволит обеспечить стабильность и гарантию работы всех участков магистрального нефтепровода.

Цель работы – Исследование систем, задача которых защитить нефтепровод от недопустимых перегрузок, возникающих из-за волн повышенного и пониженого давления, обуславливаемые изменениями режимов транспортировки нефти, обеспечение бесперебойной работы, исключая аварийных ситуаций на магистральном нефтепроводе.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие основные задачи исследования:

- изучить последствия, вызванные гидроударом и само явление гидроудара, возникающее при нестационарных процессах в процессе перекачки нефти или остановки перекачивающей системы.
- обзреть системы средств защиты магистральных нефтепроводов от гидроударов.
- рассчитать величину ударного давления и скорости распространения фронта волны в трубопроводе при гидравлическом ударе
- исследовать выбор параметров системы управления системы сглаживания волн давления

					Введение	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

1. Характеристика исследуемого участка МН

1.1 Обзор данных трассы «Александровское – Анжеро-Судженск»

Рассматриваемый участок магистрального нефтепровода изображён на рис. 1.1. Участок нефтепровода находится между двух районов, занимающихся нефтедобычей: Александровского и Нижневартовского. Данный участок введён в нефтеперекачивающую эксплуатацию в 1974 году, его протяжённость составляет 817 км. Характеристики трубопроводов: Номинальный диаметр труб составляет 1220 мм, Рабочее давление перекачиваемой среды составляет 4.3 МПа.

Климатические условия имеют характеристики резко континентального климата, с резкими перепадами температур независимо от времени года. Преобладает зимнее время года, тёплый климат в среднем проходит от 95 – 110 дней. Средняя минимальная температура в пик морозной активности достигает дл -45 - 49 °С, в то время как максимальная в летняя время достигает +33 – 37 °С.

Таблица 1.1 – Данные НПС на пути МН.

Наименование	Координата НПС, км	Геодезическая отметка, м	Максимально допустимое давление на выходе НПС, МПа
ГНПС «Парабель»	394	71,7	4,76
НПС «Молчаново»	583	113,0	4,28
НПС «Орловка»	690	78,3	4,59
ПСП «Анжеро - Судженск»	818	229,3	-

Схема магистральных нефтепроводов АО «Транснефть – Центральная Сибирь» представлена на рисунке 1.1.

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Волохов И.В.				Характеристика исследуемого участка МН	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	Шадрина А.В.						17	104
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б71Т		
<i>Рук-ль ООП</i>	Брусник О.В.							

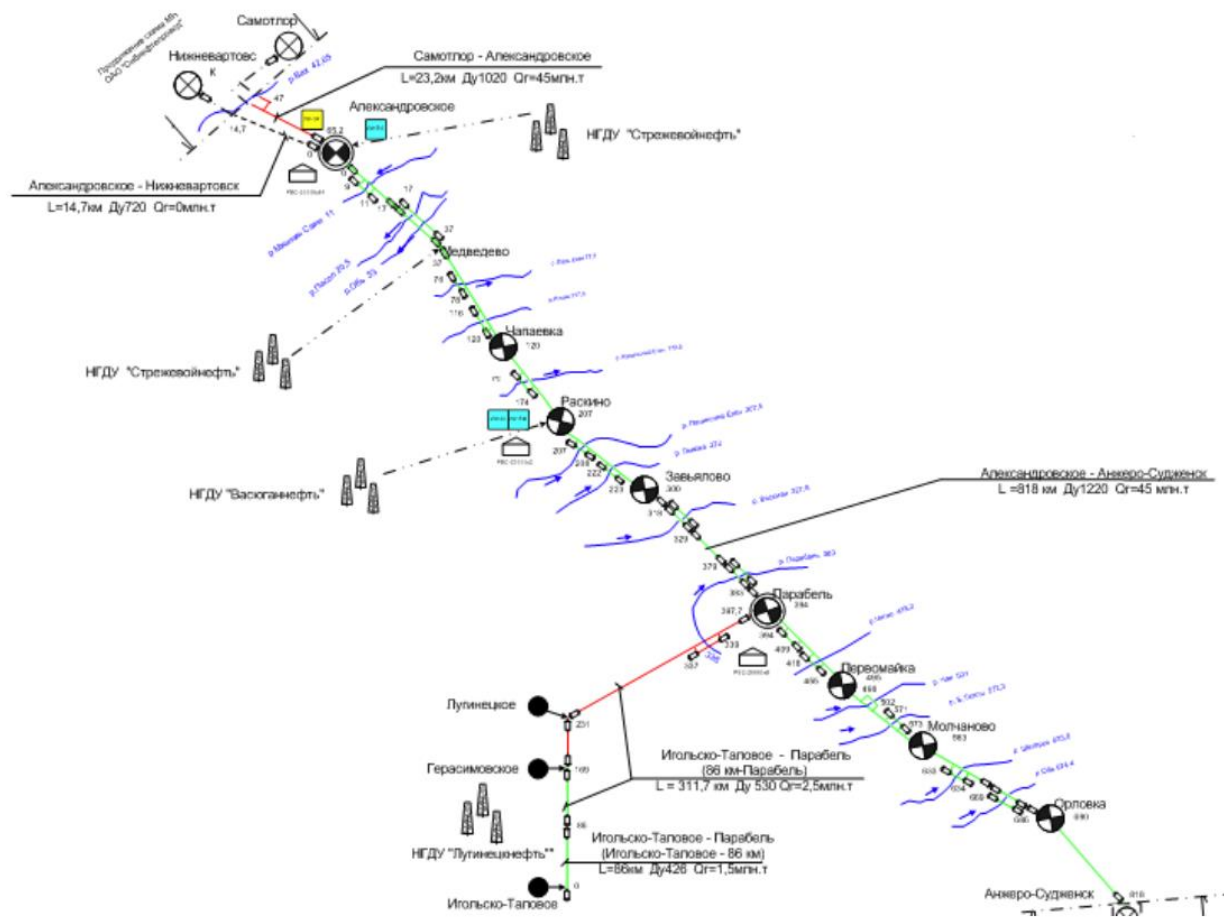


Рисунок 1.1 – Магистральные нефтепроводы АО «Транснефть – Центральная Сибирь».

1.2 Краткая характеристика НПС «Молчаново»

Задача нефтеперекачивающей станции заключается в бесперебойной перекачке нефти по магистральному трубопроводу, с основной функцией повышения нисходящего давления с предыдущей НПС.

НПС «Молчаново» является промежуточной нефтеперекачивающей станции, которая была введена в эксплуатацию в 1975 году. По схеме рассматриваемого МН видно, что данная НПС расположена на 583 км трассы.

Перекачивающая станция представляет собой комплекс технологических устройств, обеспечивающих перекачку нефти и запуска средств очистки и диагностики в бесперебойном режиме работы станции.

					Характеристика исследуемого участка МН	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Технологическая схема НПС «Молчаново» приведена в Приложение А.

Краткое описание состава НПС «Молчаново»:

- 4 магистральных насоса НМ 10000-210 с электродвигателям СТД-6300-2 с подачей $Q = 7000 \text{ м}^3/\text{час}$ ($D2 = 505 \text{ мм}$);
- - фильтр – грязеуловитель ФГУ-1400 , $Dy = 700 \text{ мм}$, $P_y = 4,0 \text{ МПа}$ (3 шт.);
- узел регулирования давления с двумя регуляторами $Dy = 700 \text{ мм}$, $P_y = 8,0 \text{ МПа}$ на суммарный расход $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{час}$;
- система сглаживания волн давления « Аркрон »;
- пункт налива нефти (РГС-50 , 2 шт.)

В момент прихода нефти она проходит через фильтра грязеуловители, которые созданы для очистки нефти от окалин, грязи и всевозможных примесей, которые несут угрозу для насосных агрегатов, которые находятся на станции. После очистки нефть поступает к магистральным насосам. Обвязка насоса состоит из нагнетательной и всасывающей линии, обратного клапана, байпасной линии, вертикальных фильтров, манометров, вантузов для стравливания воздуха. Обратные клапаны предназначены для обратного хода перекачиваемой среды, дабы избежать возникновения гидраударной волны. Следующий пункт на пути нефти – это установка регулирования давления, в которых расположены регулирующие заслонки, удерживающие давление в номинальном режиме перед входом в магистральный трубопровод, также присутствуют быстродействующие обратные клапан. Далее нефть следует на узел подключения и переходит в МН.

На станции присутствует система сглаживания волн давления, которая установлена на байпасе приёмного коллектора насосов. При аварийных ситуациях и срабатывании ССВД нефть сбрасывается в специальные резервуары, которые так же принимают дренированную нефть с участка насосной.

					Характеристика исследуемого участка МН	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

2. Переходные процессы в магистральных нефтепроводах

2.1. Гидравлический удар

Говоря о терминологии, гидравлическим ударом называют изменение давления в трубопроводах, находящихся под давлением, во времени средней скорости движения в любой поперечном сечении потока жидкости.

В следствии чего проявляются как упругие, так и инерционные свойства жидкости и металла трубопровода.

Все люди, которые находятся в отрасли, связанной с насосными установками, а точнее их проектированием безусловно знакомы с таким термином, как “гидравлический удар”, ”скачок давления”. Вопрос, который является неоднозначным, необходимо ли на стадии проектирования делать анализ нестационарного потока, дума о возможности появления гидроудара. Гидравлический удар может вызвать повреждения на линейной части, при длине трубопровода свыше ста метров и малом расходе, который может составлять десятые доли литра в секунду. При всём при этом возникают резонансные колебания, способные нанести ущерб самым коротким трубопроводам, не имеющим промежуточных опор, если они плохо закреплены. Не смотря на данные факты в трубопроводных системах теплоснабжения и питьевого водоснабжения, где длинна труб не сравнима с магистральными сетями, явление гидравлических ударов практически не встречается. [11]

Происхождение гидравлического удара возникает в следствии преобразования кинетической энергии в энергию упругой деформации, но вызвать такой эффект можно лишь путём быстрого изменения скорости

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.			Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					20	104
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б71Т		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

потока, например при внезапной остановке насоса, либо закрытие запорной арматуры. Скорость потока увеличивается из-за инерции, возникшей в трубопроводе, и не в состоянии подстроиться под случившуюся ситуацию. Возникают скачки давления в замкнутом пространстве трубопровода, что ведёт за собой явление деформации жидкости. Все инженеры понимают насколько опасно явление гидродинамических ударов, так как идёт параболический рост увеличения давления, а также распространения его по всему трубопроводу с звуковой скоростью, это чревато к полному разрушению всей системы трубопровода.

Актуальность установок систем защиты трубопроводов от гидроударных явлений выражается в суммах денег и сохранения здоровья нашей планеты. Ущерб, вызванный аварией от волны повышенного давления, в разы больше тех денег, что были вложены в меры предотвращения скачков давления и гидравлического удара.

Гидравлический удар можно выразить динамикой изменения давления-это тот нежелательный эффект, который проходит интервалами, сопровождающимися пульсацией давления. Каждый импульс увеличивает динамические нагрузки на каждый элемент системы трубопровода. Факт в том, что гидравлический удар не имеет вектора и является ненаправленным, тем самым обозначает как повышение давления, так и понижение. Сила возникает в том случае, когда гидростатический напор действует только на участок ограниченной площади. [12]

Известно, что скачки давления невозможно избежать, любые насосные станции держат в строгом контроле соблюдения допустимых пределов изменения динамического давления. Даже при соблюдении пределов, избавиться от пульсаций давления невозможно, вследствие чего повреждения системы остаются в скрытой зоне, но всё же присутствует. Имеется ввиду, что последствия рано или поздно будут видны. Это может быть трещина в трубопроводе, ослабление или повреждение фланцев трубы. [11]

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

2.1.1 Последствия гидравлического удара

Выделяют основные характеристики гидравлического удара, к ним прежде всего относят максимальный уровень силы нарастания волны давления, скорость нарастания и время(продолжительность). Чем выше уровень максимального давления во время удара, тем более серьёзные последствия для системы трубопровода он окажет.

Ниже приведены самые распространённые повреждения при разных уровнях давления.

При понижении давления:

- Попадание в трубопровод инородной среды через фланцевые соединения, сальниковые уплотнения или места протечки.
- Макрокавитация. Разрыв столба жидкости, за которым следуют высокие скачки давления
- Процесс вмятия тонкостенных стальных труб

При повышении давления:

- Разгерметизация трубы (разрыв)
- Поломка крепления трубы
- Выход из строя насоса.
- Повреждение трубопроводной арматуры.

Говоря о времени(продолжительности) волны давления, имеют ввиду продолжительную силовую нагрузку. Это время зависит от длины трубопровода, опасность разгерметизации присутствует даже в целом трубопроводе. Длительная силовая нагрузка волны может привести к разгерметизации путём выдавливания прокладок, не в зависимости от исполнения поверхности фланцев. [25]

Скорость нарастания давления. Высокая скорость нарастания

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

давления приводит к нарастающему вектору в передней части гидроударной волны, распространяющейся по всему трубопроводу непосредственно после гидроудара. Слабым звеном являются участки трубопровода выполненные сложным профилем и П-образные компенсаторы. Фронт распространяющейся волны обеспечивает большие перепады давления, на участках трубопровода, выполненных из коротких промежутков, что влечёт за собой оказание больших нагрузок на опоры данных участков трубопровода. Как итог велика вероятность, что трубопровод будет сброшен с своих опор и окажется на грунте или в подвешенном состоянии.

Всё то, что следует за гидравлическим ударом ведёт к негативному влиянию на сам нефтепровод, опоры, фланцевые соединения и в общем на оборудование, установленное на нём. [11]

2.2 Технологические процессы в нефтепроводах, вызывающие аварийную ситуацию

Нефть, текущая в стенках нефтепровода, обладает инерцией. Следует знать, что ускорение потока жидкости приводит к образованию волны пониженного давления, так же работает и в обратном направлении, любое замедление приведёт к возникновению волны повышенного давления. Обладая данной информацией, стоит понимать, что любая технологическая операция, которая ведёт к изменению режима транспортировки нефти, сопровождающаяся изменением скорости потока жидкости, приводит к появлению сил, которые действуют на жидкости, вызывая колебания давления. [3]

2.2.1 Остановка насосов на перекачивающих станциях

Волны повышенного или пониженного давления возникают, в результате технологических манипуляций, приводящихся на перекачивающей станции в целом, либо с единичным насосом. Остановки насосных агрегатов приводят к возникновению волны повышенного давления на входе, а на

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

выходе – пониженного давления.

Причины остановки могут быть связаны не только с внутренними запланированными работами, так же может сработать система защиты или отключение электроэнергии. Оперативность остановки насосных агрегатов напрямую зависит от характеристик, типов насосов и электродвигателей, установленных на них. Параметры колебания волн пониженного и повышенного давления находится в диапазоне от 1,0 до 3,0 Мпа. Эти параметры меняются в зависимости от режима перекачки и параметров трубопровода.

Возникшая волна повышенного давления обретает противоположный вектор движения, направляясь к предыдущей насосной станции. На отдельных участках трубопровода, не предусмотренных для данных нагрузок, а именно на несущей части, возникает большая вероятность аварии, связанная с разрывом трубопровода. Момент, когда волна доходит до предыдущей станции, сопровождается резким повышением давления на выходе. В наше время инженеры предусматривают большинство рисков, устанавливая на линии нагнетания системы автоматического регулирования давления. Работа САР заключается в регулировании заслонки, чтобы ограничить нарастающее давление в системе. САР установлена на напорной части трубопровода. Из-за инерции жидкости САР может не успеть выполнить свою функцию, что приведёт к превышению предельных допустимых значений давления и аварийному срабатыванию, а именно к последовательному выключению всех насосных агрегатов насосной станции. [9]

Что касается волны пониженного давления, то она движется противоположном направлении от волны повышенного давления, в сторону перекачивающей станции, находящейся ниже по потоку. Распространение данной волны в крайних случаях приводит к снижению давления до упругости насыщенных паров нефти. Это опасно из-за явления вскипания нефти и образования самотёчных участков с повышенной загазованностью. Всё это

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

влечёт к нежелательным потерям производительности перекачки нефти. В момент, когда волна пониженного давления доходит до перекачивающей станции, возникает нежелательная кавитация в насосах всей станции. Это явление влечёт к аварийной остановке всей станции, так же за это отвечает система автоматического регулирования давления. Именно из-за этих факторов считается, что остановка одного или более насосов влечёт за собой большие риски и опасность аварийной остановки во время перекачки нефти.

2.2.2 Запуск насосных агрегатов на перекачивающей станции

Есть определённый порядок пуска/остановки насосных агрегатов, но у каждого насоса он имеет свой порядок и правила. При запуске любого насоса давление по напорной линии (линии нагнетания) начинает расти, в то время как на линии всасывания давление уменьшается. Поочерёдное включение насосных агрегатов станции при включении одного насоса позволяет держать увеличение давление, как на линии нагнетания, так и падение давления на всасывающей линии, равным от 0,5 до 1,0 МПа.

Не допускается работа насосов на линии всасывания с давлением ниже квантанционного запаса (этот параметр определяется характеристиками насоса). Это может повлечь за собой аварийную ситуацию с остановкой всей перекачивающей станции, так как при пуске насоса может уменьшиться давление на входе в станцию ниже квантанционного запаса. Стоит знать, что при запуске насосных агрегатов, обладающих высоким противодавлением, есть вероятность того, что давление на входе станции будет иметь значение выше допустимого, аналогично ситуация закончится остановкой всей перекачивающей станции или отдельных агрегатов. [3]

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2.3 Закрытие задвижки.

В магистральном трубопроводе множество звеньев, без которых работа всей этой системы является невозможной. Неотъемлемым звеном, отвечающим за остановку потока нефти, с целью отсечь участок нефтепровода для осуществления ремонтных работ является задвижка. Установка задвижки зависит от профиля нефтепровода. Их устанавливают с интервалом 10 – 30 км.

В момент закрытия задвижки давление в отсечённом участке увеличивается, а за задвижкой уменьшается. Волна давления начинает распространяться в разных направлениях. Волна повышенного давления начинает двигаться в сторону предыдущей перекачивающей станции, а волна пониженного давления к ниже поточной станции. Данный процесс распространения повышенной волны давления можно рассмотреть на рисунке 2.1.

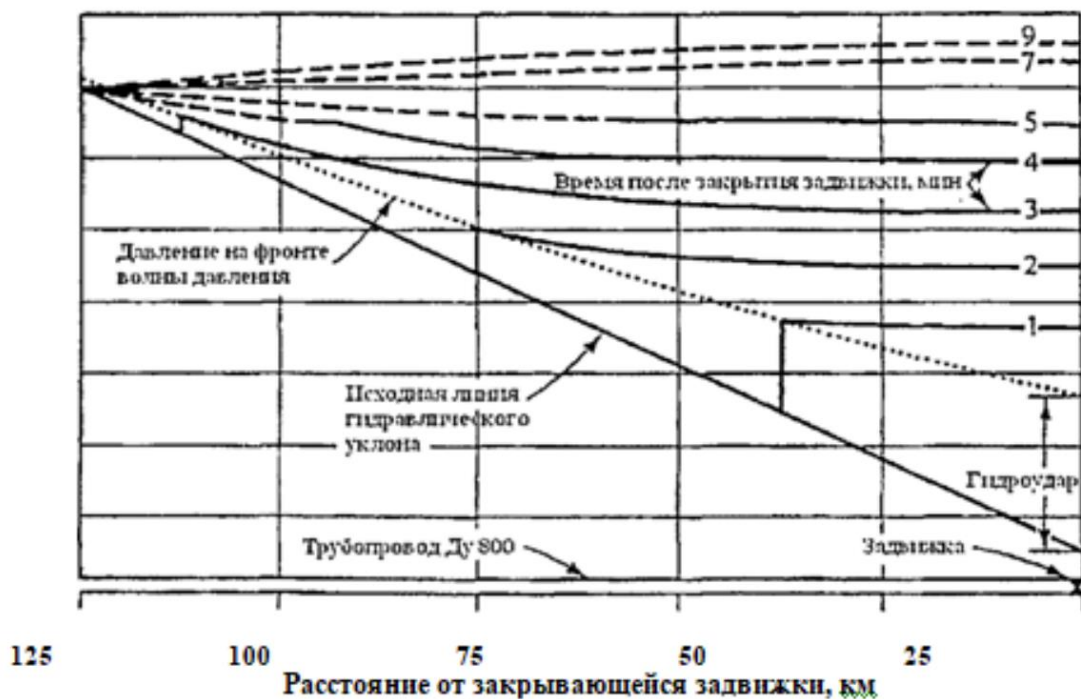


Рисунок 2.1 – Изменение распределения напора по длине нефтепровода при закрытии текущей задвижки.

Следствие прихода волн давления на противоположные перекачивающие станции – это срабатывание системы автоматического регулирования давления, что приводит к полной остановке насосных агрегатов всей системы. Задвижки обладают специфической особенностью гидравлического сопротивления, из-за этого система САР перекачивающей станции, в сторону которой было направлена волна повышенного давления, может не успеть снизить расход нефти на нагнетании в сторону отсечённого участка нефтепровода. Это может привести к аварии на любом участке нефтепровода, например разрыв нефтепровода. [3]

2.2.4 Сброс и подкачка нефти на магистральном трубопроводе

Для того, чтобы обеспечивать перекачку добываемой среды из районов нефтедобычи и снабдить нефтеперерабатывающие заводы нефтью, было принято решение организовать подкачку и сброс на магистральном нефтепроводе.

При сбросе нефти на данные предприятия образуется волна пониженного давления, которая распространяется в противоположные стороны по потоку нефти. В случае если такая волна достигнет перекачивающей станции, она приведёт к образованию снижения давления на линии всасывания, что так же приведёт к остановки насосов перекачивающей станции.

Так же образуется волна повышенного давления в случае закачки нефти в нефтепровод. После того, как данная волна придёт на предыдущую станцию, в тот же момент произойдёт момент повышения давления на линии нагнетания станции. Несущая способность нефтепровода подвергнется аварийной ситуации, под действием увеличенного давления. [6]

2.2.5 Заполнение самотечного участка.

Любая местность имеет особенность перепада высот. При прокладке магистральных нефтепроводов часто сталкиваются с этим явлением.

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Благодаря этим особенностям мы имеем явление самотёчного движения нефти. В образовавшихся самотёчных участках, а именно в перевальных точках, давление снижается ниже упругости насыщенных паров жидкости в следствии чего происходит вскипание нефти и это является основной причиной образования самотёчных участков на всём протяжении нефтепровода. Такое движение нефти обусловлено неполным сечением, в верхней части трубопровода скапливается пары нефти и сопутствующими газами. В нижней части трубопровода течёт нефть. Данный участки возникают после верхней переломной точки, а длинна таких участков достигает нескольких километров.

В течении времени внутренняя полость трубопровода начинает заполняться нефтью, а самотёчные участки снижаются по длине. В этот момент происходит смена сечения и режима перекачки в полное сечение нефтепровода. Стоит понимать, что скорость течения нефти на этих участках отличается. Скорость на участке самотёка значительно ниже, чем в режиме полного сечения трубопровода. В момент соединения разно паточных жидкостей происходит увеличение давления, за счёт разных скоростей течения. Заполняя внутреннюю полость нефтепровода гидроударная волна может превысить несущую способность нефтепровода, и как следствие привести к разрыву трубы. [3]

2.2.6 Отраженные волны

На пути движения волны давления встречаются различные препятствия, эти препятствия вызывают отражения волны давления. Отражённые волны имеют две амплитудные стороны падающей волны. Данная амплитуда имеет свойство менять своё направление, быть либо волной повышенного давления, либо пониженного. К примеру, в момент отражении волны повышенного давления от свободной поверхности жидкости в резервуаре она меняет свою амплитудную сторону в противоположном направлении и становится волной пониженного давления. При замкнутых пространствах амплитуда

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

удваивается. Все эти явления также приводят к срабатыванию аварийных систем на перекачивающей станции из-за критического повышения давления на выходе или снижения давления на входе.

Можно сделать вывод, что разработка систем защиты должна быть более актуальной. В наше время компании стремятся к большим объёмам добываемой нефти, а следовательно и к увеличению рабочего давления на перекачивающих станциях, так-же это подкрепляется сложными Тера образующими условиями и сложностью прокладки магистральных нефтепроводов. Этих фактов достаточно, чтобы задуматься о качественных системах защиты, которые должны постоянно совершенствоваться в связи с усложнениями методов перекачки и нестандартными ситуациями, приводящими к аварийным ситуациям. [6]

2.3 Обзор и анализ средств защиты магистральных нефтепроводов от волн пониженного и повышения давления

В связи с тем, что защита трубопроводов является актуальной в наше время, разрабатываются новые и дорабатываются существующие средства защиты трубопроводов от волн пониженного и повышенного давления. На равне с этим идёт переработка новых систем защиты, путём внедрения новых идей и разработок. Так как дипломная работа основана на исследовании данных систем защиты нефтепроводов от гидроударов, то в данном разделе будут рассмотрены и проанализированы уже существующие средства защиты. [9]

2.3.1 Уравнительный резервуар.

Данную конструкцию используют в переходных процессах. Для защиты от волн пониженного и повышенного давления данная технология используется исключительно в нефтепроводах пониженного давления. К примеру, рассмотрим однонаправленный уравнительный резервуар, состоящего из вертикально расположенной трубы малого диаметра,

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

совмещённая с основным трубопроводом. Ознакомиться с данным устройством можно на рисунке 2.2. [6]

Принято, что локально данный резервуар размещают вблизи системы защиты регулирующего устройства, в котором возникают негативные ситуации. Рабочий орган срабатывает в следствии замедления потока жидкости, из-за этого давления внутри трубопровода происходит процесс повышения давления. На фоне этого, перекачиваемая среда начинает поступать в уравнительный резервуар, там самым заполняя резервуар. Благодаря этому замедление перекачиваемой среды замедляется и в большей степени уменьшает амплитуду волны давления. Если открыть рабочий орган устройства, жидкость из резервуара начнёт поступать обратно в полость трубы, ускоряя поток и уменьшая давление внутри трубопровода, тем самым частично восполняя падения давления в трубопроводе.

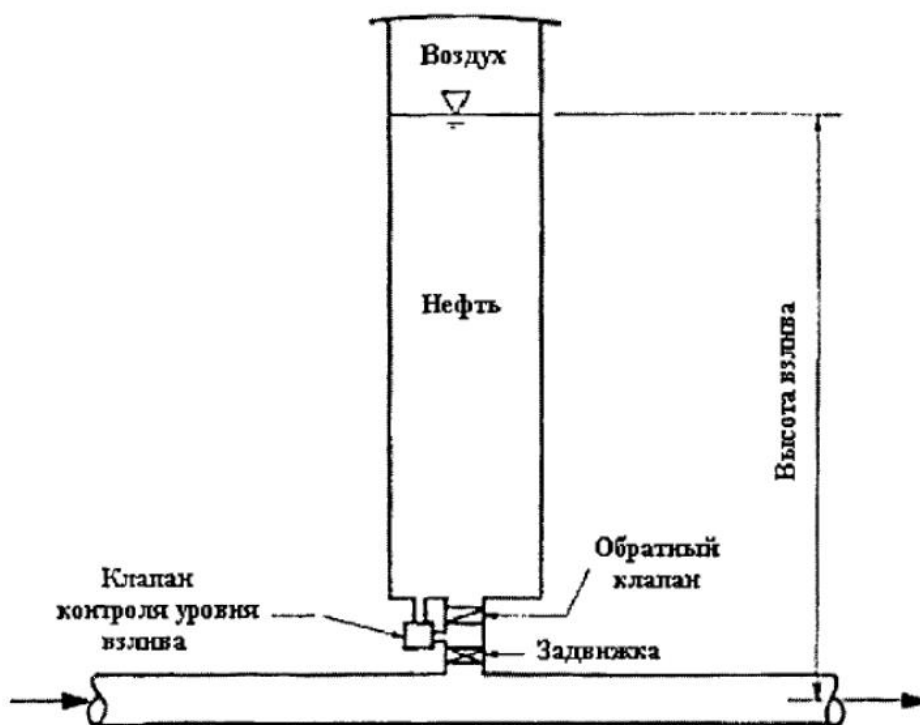


Рисунок 2.2 – Однонаправленный уравнительный резервуар.

Для полного ознакомления с принципом работы уравнительного резервуара, рассмотрим изменение напора в трубопроводе в ситуации, при

которой происходит остановка насосного агрегата. Для наглядности предоставлен график кривых изменения напора по длине трубопровода, оборудованном тремя однонапорными уравнительными резервуарами на рисунке 2.3.

В примере видно, как давления на линии нагнетания падает стремительными темпами, после остановки насосного агрегата. Вместе с тем идёт распространение волны пониженного давления вниз по потоку жидкости. Данное явление неблагоприятно для всей системы, так как давление в трубе снижется до давления упругих паров жидкости, а это чревато закипанием жидкости. В целях недопустимости закипания устанавливают три однонапорных уравнительных резервуара. Резервуары регулируют давления и не дают опускаться ниже статического, которое назначено высотой взлива резервуара. [13]

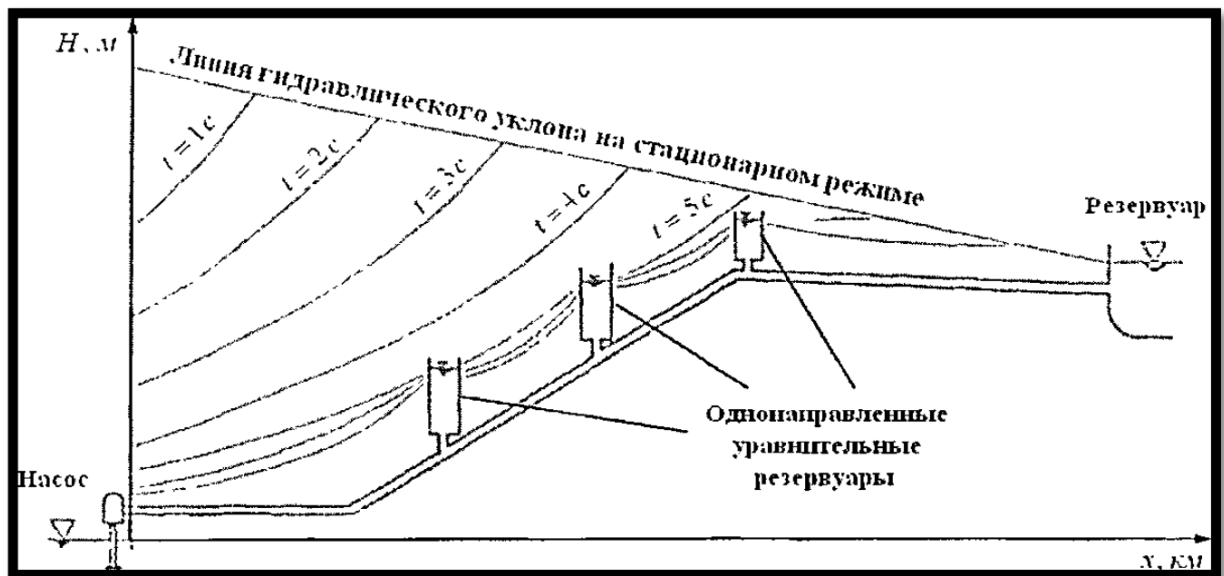


Рисунок 2.3 – Изменение напора по длине трубопровода, оборудованном тремя однонаправленными уравнительными резервуарами

$H, м$ – напор

$X, км$ – длина трубопровода

2.3.2 Воздушный колпак

Воздушный клапан, является одним из часто используемых видов уравнительных резервуаров. Воздушный клапан изображён на рисунке 2.4.

Цель данного устройства, сгладить волны повышенного и пониженного давления, возникшего в результате разнообразных изменений в процессе перекачки нефти по трубопроводу. Ещё одна задача воздушного клапана заключается в преобразовании высокочастотных колебаний в низкочастотные, которые имеют малую амплитуду давления.

В плане устройства, закрытый клапан, это изолированная ёмкость, заполненная жидкостью из нефтепровода и сжатым газом. В зависимости от производителя, жидкость могут отделять от газовой среды гибким разделителям, а также контактировать между собой. [11]

Для понимания принципа работы воздушного клапана рассмотрим явление переходного процесса, вызванного в процессе остановки перекачивающей станции. При пуске перекачивающей станции возникает пагубное явления увеличения силы волны повышенного давления, которая распространяется на входе в следствии повышения давления. Это явление можно смягчить путём установки воздушного клапана на приёмном трубопроводе входа станции. В следствии пуска насоса увеличивается расход, перекачиваемая жидкость поступает в нефтепровод, а часть жидкости направляется в воздушный клапан. В ходе заполнения воздушного клапана, происходит изменения давления в положительную сторону, что заставляет сжиматься находящийся в нём газ. Из-за этого пропорционально повышается давление в главном трубопроводе. Главная задача воздушного клапана заключается в равномерном повышении давления на входе станции. Этого можно добиться путём подбора размера колпака воздушного клапана.

В момент аварийной ситуации, когда останавливаются насосные агрегаты, можно видеть противоположную ситуацию, а именно повышение давления на входе станцию, направленное в вверх по потоку жидкости. Мы

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

видим понижение расхода перекачиваемой жидкости. Именно от такой волны давления на входе в перекачиваемую станцию монтируют дыхательный клапан. Жидкость останавливается постепенно, инерционно двигаясь по ходу трубы попадая в воздушный клапан, увеличивая давления сжатия газа. Именно давление газа постепенно останавливает ток перекачиваемой среды в трубопроводе, пока она полностью не замедлит свой ход. Отсюда делаем вывод, что правильно подобранный объём воздушного клапана, способен корректно сгладить появившуюся волну пониженного давления на входе перекачивающей станции. [12]

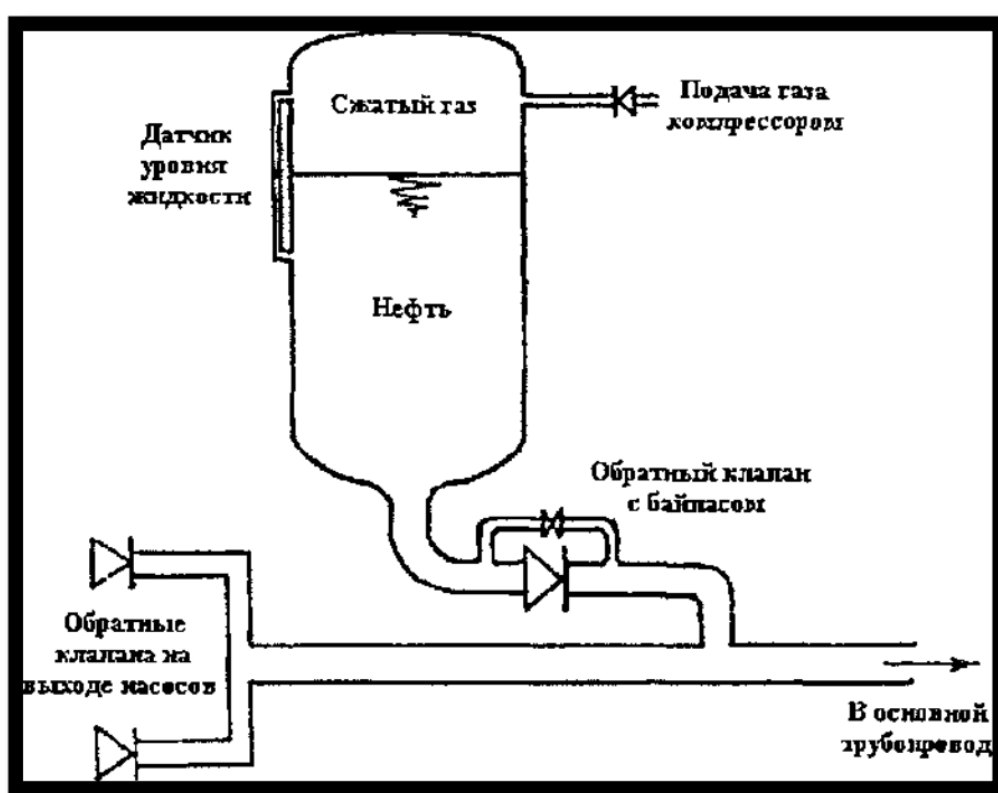


Рисунок. 2.4 – Воздушный колпак на выходе перекачивающей системы.

Говоря о том, что для корректной и более плавной работе данного оборудования нужно рассчитать объём воздушного клапана, напрашивается вполне разумный вывод, что использование данной системы на магистральных трубопроводах по меньшей мере не целесообразно, так как минимальный объём такого клапана может составлять до 100 м^5 . Эффективное использование воздушных клапанов будет скорей на трубопроводах малого

диаметра и длины. [6]

2.3.3 Частотные преобразователи

Экономически эффективной установкой является технология частотного регулирования мощных электроприводов. Эти устройства устанавливаются на магистральные нефтепроводы, где проходят большие объёмы перекачиваемой среды. Частотные преобразователи имеют основные функции при внедрении и выполнении работ на магистральном трубопроводе:

- Плавный пуск и торможение электродвигателей с регулируемым темпом;
- Ровное регулирование либо сохранение на заданном уровне параметров электродвигателя;

Частотные преобразователи – это сложное электронное устройство, созданное для управления электродвигателем, способное изменять параметры двигателя на старте работы, напрямую во время работы и при остановке. Делаем вывод, что данное устройство может изменять ход технологического процесса при заданных параметрах. Весь объём возможностей, заложенный в это устройство, даёт возможность увеличить ресурс работы двигателя, увеличить экономию энергопотребления, а также с высокой точностью следовать установленной программе контроля технологического процесса. [16]

Самый известный и ходовой метод борьбы с волнами повышенного и пониженного давления, появившегося в следствии остановки насосного агрегата, является метод установки на ось насосного агрегата маховика. Процесс установки показан на рисунке 2.5

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

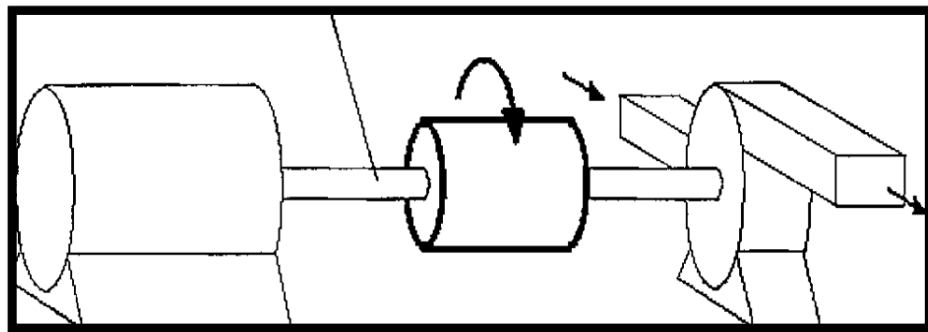


Рисунок 2.5 – Принципиальная схема установки маховика на вал с целью увеличения времени остановки насоса.

Прародителем данного метода является английский учёный Фокс Д.А.

Момент инерции насоса и электродвигателя может определить среднее время остановки насоса. Известно, что время остановки магистрального насоса составляет десять секунд. Установка маховика даёт увеличение момента инерции. Благодаря этому затягивается повышение давления на входе и снижается на выходе перекачиваемой системы в момент её остановки. Делаем вывод, что для наибольшего замедления изменения давления на входе и на выходе перекачиваемой системы, рекомендуется ставить маховик с большим моментом инерции.

Этот метод имеет свои минусы, связанные с высокой стоимостью маховиков, а также с высокими показателями энергопотребления при пуске насоса с маховиком на оси. [12]

2.3.4 Обратный клапан

Задумка данного устройства проста и гениальна, этот клапан устанавливают на всасывающем трубопроводе перед входом насоса, задача обратного клапана не допускать перетекание жидкости в обратном направлении. Обратный клапан представлен на рисунке 2.6.

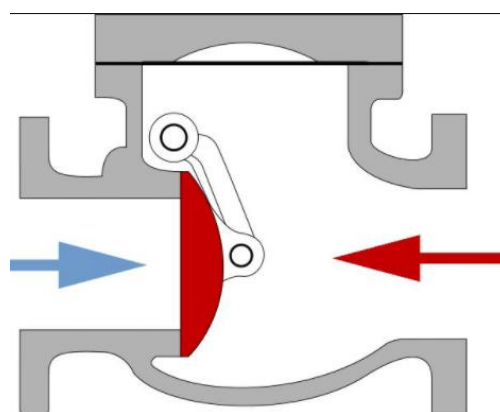


Рисунок 2.6 – Обратный клапан.

В момент запуска насоса не допустимо, чтобы жидкость двигалась в обратном направлении, так как это приводит к чрезмерной нагрузке на двигатель насоса. Обратный клапан устанавливается на входе всех насосных агрегатов перекачивающих станций, с целью ограничения обратного хода движения перекачиваемой среды.

Обратный клапан должен обладать высокой инерцией. Высокого показателя инерции достигают путём установки специальной системы демпфирования, эта система способна обеспечить плавный ход закрытия клапана. Это необходимо, чтобы избежать эффекта схлопывания клапана из-за жидкости, которая успевает пройти в обратном направлении, ввиду малой инерции обратного клапана. [28]

2.3.5 Мембраны предохранительные разрывные

На наливном трубопроводе существуют опасные участки, при его закрытии перед запорно-регулирующей арматурой может образоваться волна повышенного давления, в следствии чего происходит гидравлический удар. Чтобы избежать аварийной ситуации на отводном трубопроводе монтируется задвижка, разрывная мембрана и ёмкость сброса перекачиваемой среды. Предохранительная мембрана состоит из так называемого ножа, и технологического надреза на поверхности мембраны. В случае, если давление в трубопроводе поднимется выше нормативной, в мембране сработает предохранительный механизм. Насечка мембраны создана для

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

беспрепятственного тока среды при её прорыве. Задвижка, расположенная перед мембраной, закрывается в тот же момент, как мембрана разрушается. Конструкция предохранительной мембраны весьма сложная и включает в свой состав изолирующие части, сигнальный кабель, и т.п. Ознакомиться с разрывной мембраной можно на рисунке 2.7. [26]



Рисунок 2.7 – Мембрана предохранительная разрывная

В наше время использование предохранительных мембран не актуально. Из-за экологических требований и объёмов сбросной ёмкости не позволяют использовать данные устройства. [26]

Недостатки разрывных мембран:

- Использование однократно;
- При замене мембраны возможны утечки нефти;
- Сброс продукта в больших объёмах;
- Прорыв мембраны плохо сказывается на опоры трубопровода;

2.3.6 Предохранительные клапаны пружинного типа

Предохранительный клапан более популярен в использовании. Это более практичное и безопасное устройство для защиты оборудования от внезапного повышения давления. Работа устройства проста и незаурядна.

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист 37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В момент повышения давления в трубопроводе выше нормы, то автоматически открывается клапан и производит сброс перекачиваемой жидкости в резервную ёмкость. Этот клапан регулирует расход жидкости, поддерживая давление внутри трубы на определённом, заданном уровне. Если давление падает, клапан автоматически закрывается.

Места установки пружинного предохранительного клапана на магистральных нефтепроводах:

- Устанавливаются на промежуточных перекачивающих станциях с целью превышения несущей способности трубопровода;
- Перед резервуарными парками;
- Между магистральными и подпорными насосами на технологических трубопроводах;

Принцип работы пружинного клапана довольно прост. На запорный элемент клапана действуют две силы, а именно давящая сила пружины клапана, а также давления перекачиваемой среды. Сила, с которой пружина действует на запорный элемент, настраивается специальным образом, чтобы сила пружины была выше нормированной силы давления жидкости в трубопроводе, таким образом клапан будет находиться в закрытом состоянии. В том случае если давление внутри трубопровода будет превышать силу, действующую на запорный элемент, сработает открывание клапана, и перекачиваемая жидкость направится в специальную ёмкость. Ознакомиться с пружинным предохранительным клапаном можно на рисунке 2.8.

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

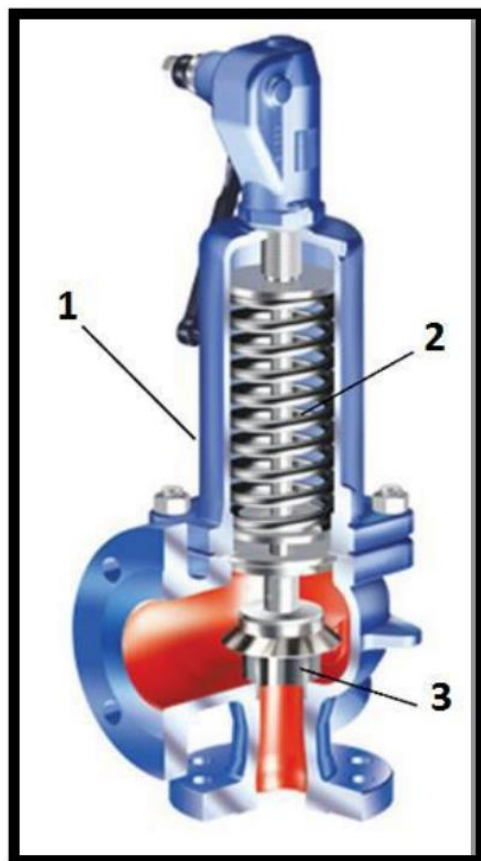


Рисунок 2.8 – Пружинный предохранительный клапан:

1 – Корпус; 2 - Пружина; 3 - Запорный элемент.

Существует аналоговый клапан с газовым аккумулятором. Действие точно такое же, как и в пружинном. Разница заключается в применении газовой пружины, а не механической.

Данный клапан имеет множество плюсов по сравнению с разрывной мембраной. Это простота самой конструкции и установки, а самое главное - это низкая цена клапана.

Нефть имеет свойство расширения при повышении температуры, как следствие повышение давления в нефтепроводе. Пружинные клапаны больше всего подходят для решения данной проблемы, путём монтажа на участки трубопровода, которые изолированы секциями задвижками. [4]

Ознакомиться с предохранительным клапаном с газовым ресивером можно на рисунке 2.9.

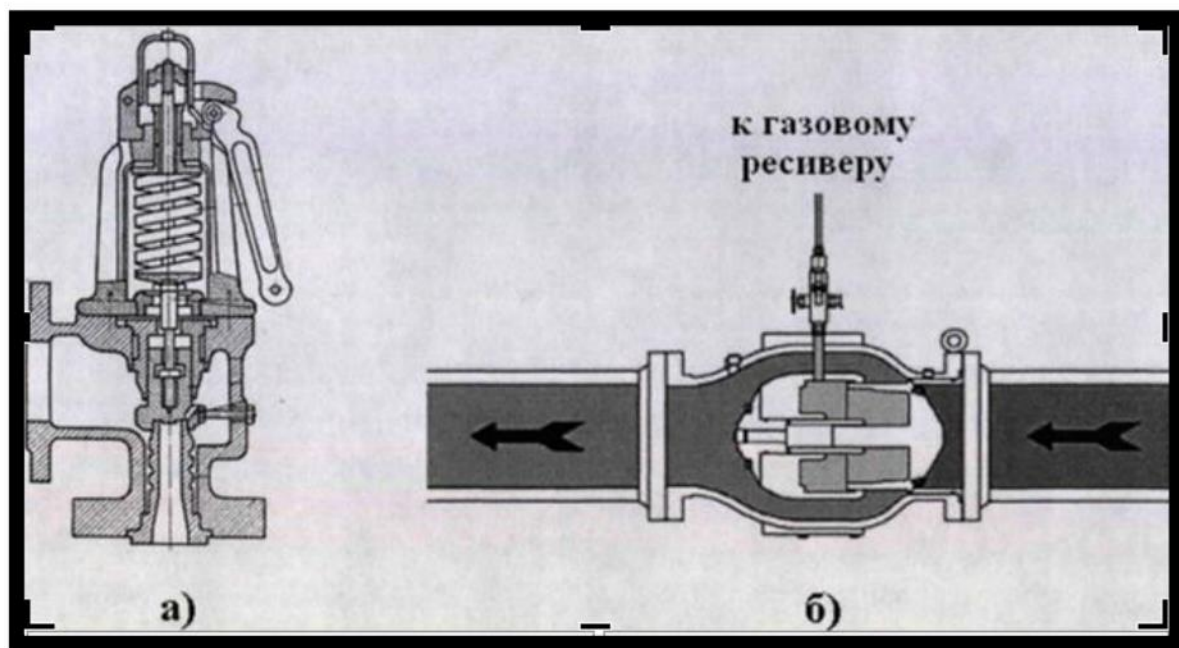


Рисунок 2.9 – Предохранительный клапан с газовым ресивером:

- а) пружинный предохранительный клапан; б) предохранительный клапан с газовым аккумулятором.

На рисунке 2.10 показаны кривые, которые демонстрируют зависимость воздействия плотности нефти на работу осинового клапана.

Не смотря на все положительные стороны, есть и недостатки, к числу которых можно прибавить большие размеры клапана, задержку открытия клапана, которая достигает до 1 секунды, большие показатели превышения давления полного открытия над давлением срабатывания клапана (до 30%), большой показатель значения, требуемого для закрытия клапана (до 20%). Для того чтобы настроить клапан, нужно ограничиваться узким охватом заводских преднастроек давления, при котором сработает клапан. [4]

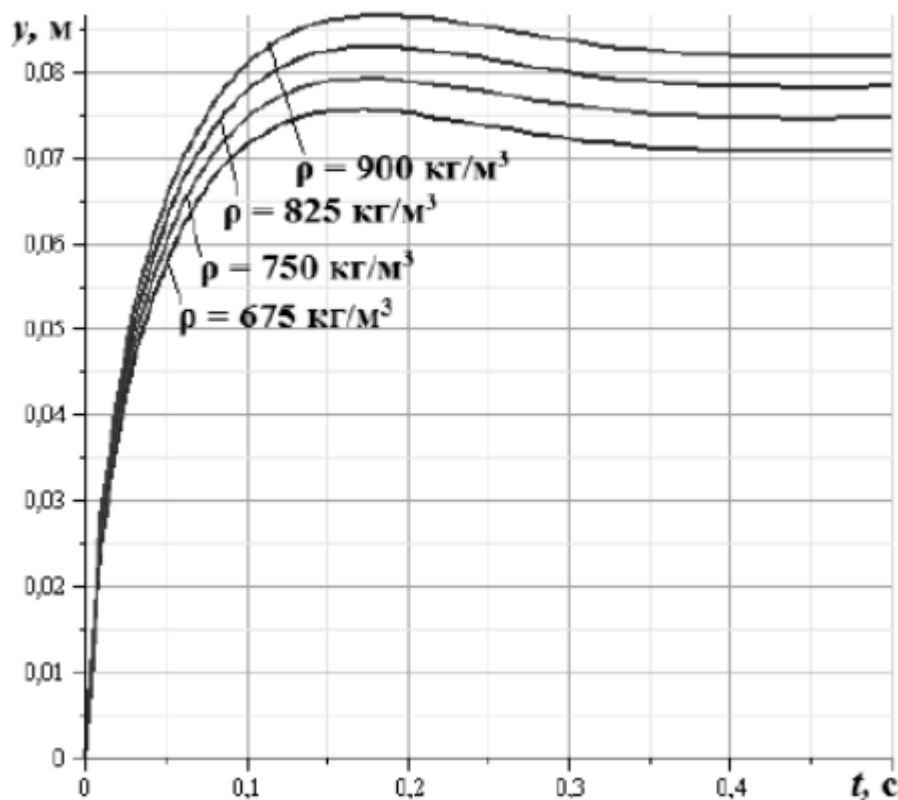


Рисунок 2.10 – Влияние плотности потока на перемещение основного клапана.

Есть данные расчётных кривых с разными параметрами жёсткости пружины главного клапана в моменты переходных процессов, которые находятся в системе защиты от гидравлических ударов. С ними можно ознакомиться на рисунке 2.11.

Во время использования пружинных предохранительных клапанов есть свои нюансы. Момент открытия клапана при резком повышении давления, сопровождается внезапным падением в надзолотниковой и подзолотниковой зоне из-за невозможности расширения жидкости, а это ведёт к возможности не закрытия клапана. Гидравлический удар в системе возникает из-за моментального закрытия клапана. Лучше всего использовать длинные пружины, они имеют большее количество преднастроек в отличие от заводских пружин, что ведёт к лучшей тенденции и пропускной способности пружинных клапанов. Стоит учитывать тот факт, что клапаны с газовыми

пружинами имеют в несколько раз больше пропускной способности, по сравнению с клапанами, имеющими механические пружины. [28]

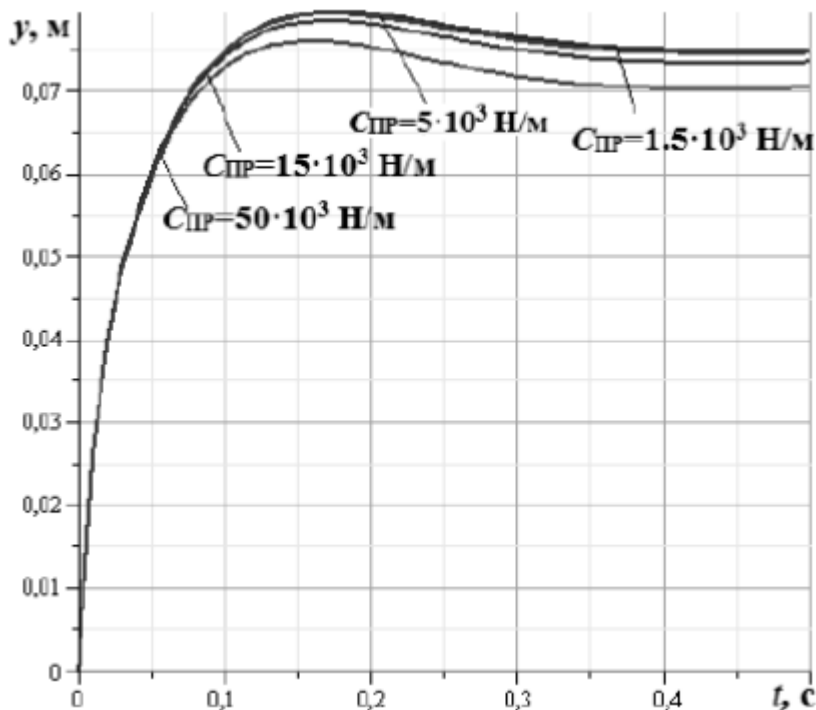


Рисунок 2.11 – Влияние жесткости пружины на перемещение основного клапана.

2.3.7 Предохранительные клапаны с пилотным управлением

Предохранительный клапан выполняет функцию защиты трубопровода от избыточного давления перекачиваемой среды. В клапанах прямого действия установлены поршни и манжеты, при соприкосновении жидкости с данными элементами, происходит открытие клапана. Клапаны с большой пропускной способностью имеют и большую площадь поршня, что в свою очередь, подразумевает использование крупных пружин с большой длиной. Для решение данной проблемы зачастую используют технологию пилотного управления клапаном.

На рисунке 2.12 можно ознакомиться с конструкцией данного клапана.

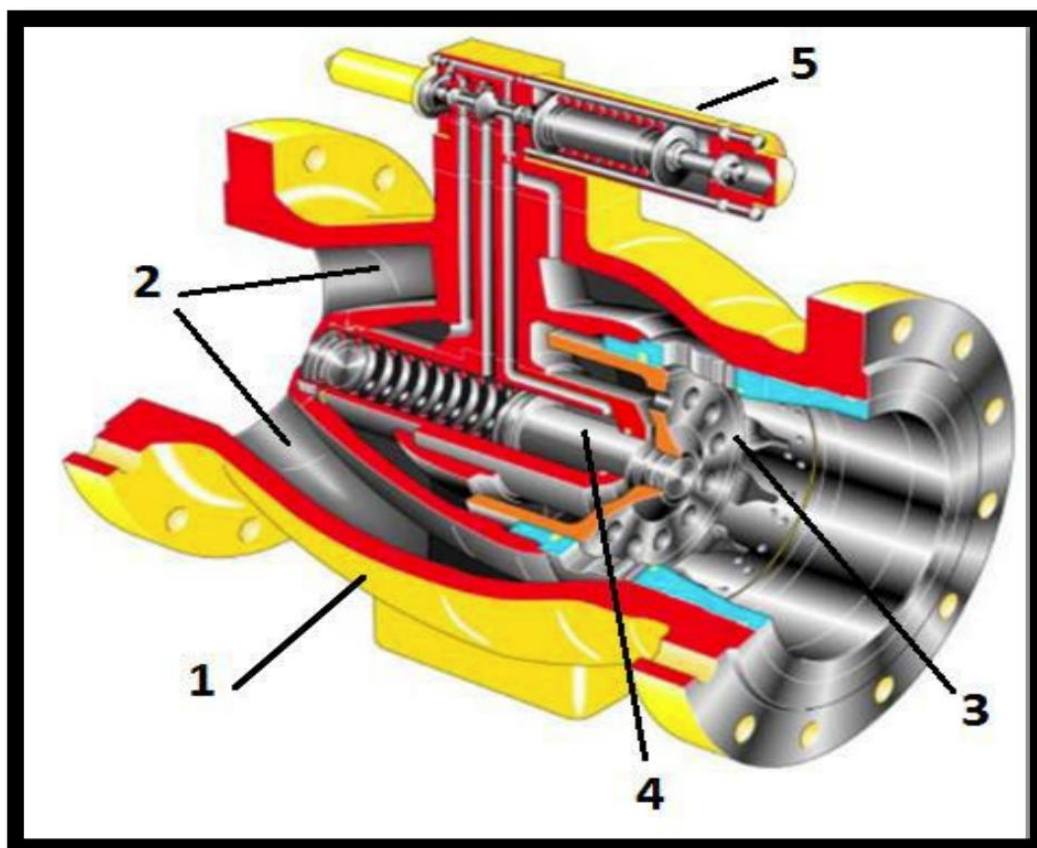


Рисунок 2.12 – Предохранительный клапан:

- 1- Корпус, 2- Канал перепуска продукта, 3 – Поршень, 4 -
Управляющий шток с пружиной, 5 - Пилотный узел.

Внутри предохранительного клапана размещён поршень, который имеет закрытое или открытое состояние, управление этим положением регулируется управляющим штоком, находящимся под давлением пружины. В канал пропускного продукта поступает перекачиваемая жидкость, которая так же оказывает давление на шток поршня, проходя через пилотный узел. Задача пилотного узла подавать перекачиваемую жидкость с двух сторон, если давление жидкости в трубопроводе не превышает нормативной установки. Повышение давления заставляет двигаться золотник пилотного узла, что в свою очередь приводит к перекрытию ток жидкости в полость клапана со стороны пружины, открывая ток жидкости на сброс из этой полости. В этот момент происходит открытие клапана. С нормализацией давления в трубопроводе происходит возврат золотника пилотного узла в первоначальное

состояние, что приводит к закрытию клапана. [4]

Выделим плюсы клапана с пилотным управлением:

- Имея не большие размеры, клапан обладает высокой пропускной способностью.
- Малая амплитуда разности перепада давления, вызываемая открытием и закрытием клапана.
- Пилотный узел является функциональным механизмом настройки значений давления, при которых срабатывает клапан.

Выделим минусы клапана с пилотным управлением:

- Требуется установка дросселирующих элементов, что сказывается на быстродействии срабатывания клапана.
- Сложная техническая конструкция клапана сказывается на его надёжности. Частые засоры могут вывести клапан из строя.

2.3.8 Система автоматического регулирования давления

Несущая способность впередиидущего трубопровода формирует параметр максимального давления на входе в перекачивающую систему насосов, на фоне этого минимальное давление выставляют исходя из квантационного запаса тех же насосов. Бывают случаи, при переходных процессах в трубопроводе, что давление в напорных и всасывающих трубопроводах могут выйти за установленные пределы. Это явление считается крайне опасным, в целях предотвращения перепада давления была создана система автоматического регулирования давления. На перекачивающих станциях есть несколько способов регулировать давление в таких случаях. К данным методам можно отнести системы байпасных линий, когда часть потока жидкости с линии нагнетания перенаправляют на линию всасывания; Дросселирование перекачиваемой среды путём сужения или расширения канала тока жидкости; Автоматическое или ручное управление насосом, а именно частотой вращения ротора насоса. [8]

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Говоря о перенаправлении перекачиваемой жидкости байпасным методом, пропуск нефти через насос вызывает уменьшение дифференциального напора. В свою очередь давление на входе станции дифференциально увеличивается, но в последствии мы наблюдаем затухание напора на выходе.

Перепады давления регулируются изменением частоты вращения привода насоса. Этот параметр регулируется на автоматизированном рабочем месте с компьютера, либо установкой гидромолоты на валу. Перекачивающая станция создаёт дифференциальный напор, который можно регулировать, уменьшив частоту вращения вала насосного агрегата. Таким образом добиваются поочерёдного поднятия давления на входе в перекачивающую систему с последующим уменьшением давления на выходе. Этот способ быстр в использовании, учитывая экономию потерь и затрат мощности.

Использование дроссельных(регулирующих) заслонок помогает влиять на изменения давления внутри трубопровода. Регулирующие заслонки монтируются на нагнетательном трубопроводе. Задача заслонки создать сопротивление идущему потоку жидкости. В момент уменьшения проходимости трубопровода понижается расход перекачиваемой среды, это событие влечёт к повышению давления на входе перекачивающей станции, но в конце концов понижается на выходе. Установлено, что время, затраченное на поворот заслонки, установленных на магистральных нефтепроводах достигает 20 – 40 секунд. [8]

На рисунке 2.13 изображена регулирующей затвор.

					Переходные процессы в магистральных нефтепроводах	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Бугельный узел

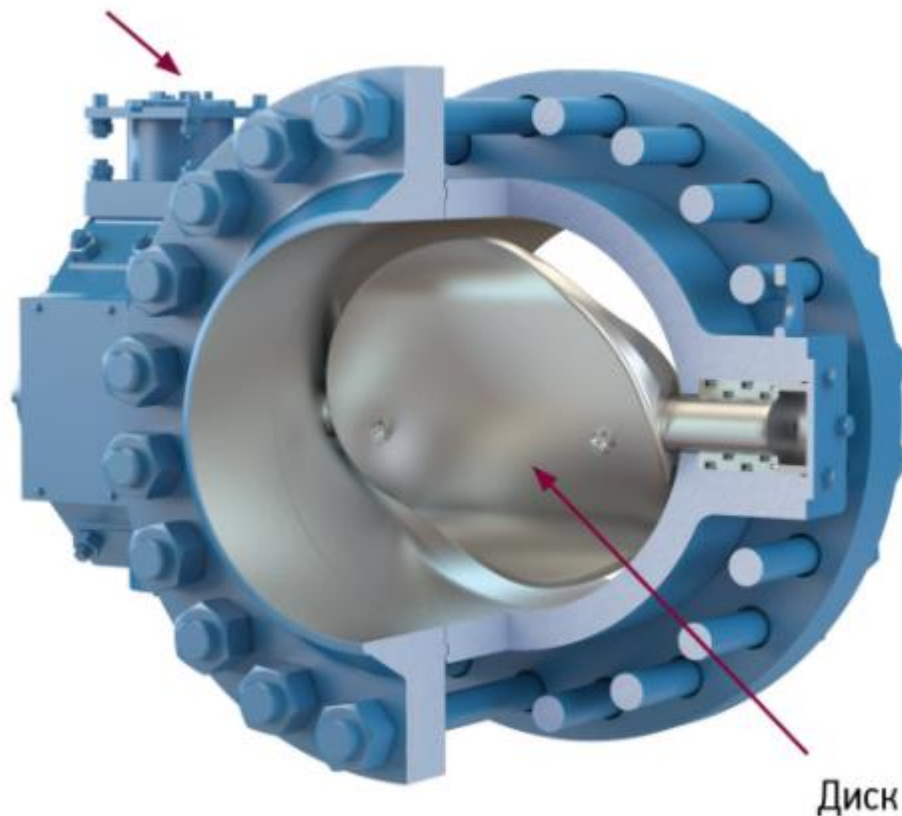


Рисунок 2.13 – Регулирующая заслонка

2.3.9 Быстродействующие клапаны с регулируемым приводом

С момента остановки перекачивающей системы на входе тут же образуются волны давления. Устанавливают клапаны с регулируемым приводом с целью смягчения данных волн. Аналогичные клапаны используются и в трубопроводных системах. Отличие данных клапанов от похожих систем заключается в быстродействии при срабатывании, на долгом закрытии. Эта технология работы клапана объясняется умным приводом, который работает особым способом. [28]

Так называемые быстродействующие клапаны по своей сути весьма похожи на системы ССВД. При работе с такими клапанами чаще всего причиной аварийной остановки перекачивающей системы становится перебой

в подаче электропитания привода, отсюда мы делаем вывод, что быстродействующие клапаны имеют большой минус – это невозможность работы клапана без подключения привода к электроэнергии. В иных условиях система является бессмысленной. В таблице 2.1 отражены преимущества и недостатки способов защиты от гидравлических ударов.

Таблица 2.1 – Преимущества и недостатки способов защиты от гидравлических ударов.

Способы защиты от гидроудара по видам	Преимущества	Недостатки
Установка стабилизаторов давления и гасителей колебаний	Надежность эксплуатации, модульная конструкция – быстрый монтаж/демонтаж	Сложная конструкция устройства для неоднородных сред
Установка обратных клапанов	Может сократить ударное давление у первого обратного клапана	Сложность монтажа, трудность обслуживания, невозможность гарантировать последовательное срабатывание клапанов
Отбор жидкости	Универсальность приема искусственного снижения величины гидроудара	Установка дополнительного громоздкого оборудования для сброса жидкости

3. Система сглаживания волн давления

3.1 Назначение ССВД

Магистральные трубопроводы по сути являются объектами, которые работают в безостановочном режиме 24 часа в сутки, но несмотря на это в ходе работы нередко производят запуск и остановку перекачивающей системы. Данные остановки проходят запланировано, для выявления неполадок, анализа или ремонтных работ, либо при не желаемых аварийных случаях. В основном плановые остановки делают в следствии изменения режима работы перекачивающей станции или транспортировки нефти. Авария является редким и недопустимым событием, чаще всего аварийные остановки происходят из-за перебоя в электроснабжении компонентов линейной части, либо срабатыванием системы защиты.

Волны повышенного давления образуется на входе, вследствие аварийной остановки, распространяясь в сторону следующей перекачивающей станции. Каждый участок трубопровода имеет свой уровень допустимого рабочего давления, обусловленный несущей способностью трубопровода. Волна повышенного давления, уходящая от входа перекачивающей установки, в большинстве случаев, вредит данным участкам. Дойдя до предыдущей перекачивающей системы, фиксируется повышение давления на входе данной системы. [1]

Функцию ограничения превышения рабочего давления перекачивающей системы выполняет САРД (система автоматического регулирования давления). Сард ограничивает рост давления на входе и устанавливается на нагнетательном трубопроводе перекачивающей системы. Рабочим органом, выполняющим регулирования давления, в данном устройстве, является регулирующие заслонки. Также САРД имеет две ступени аварийного

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.			Система сглаживания волн давления	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					48	104
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ гр.3-2Б71Т		

срабатывания. Первая ступень предназначена для локального отключения насоса в случае, если давления на нагнетательной линии превысит нормированные значения. Вторая ступень действует более масштабно, останавливая работу всей перекачивающей системы в случае, если первая ступень не сработала, а давления в системе продолжает увеличиваться и превышает уровень допустимых значений.

В ситуации, повлекшей срабатывание САРД, присутствует негативный момент, в виде волны повышенного давления, идущей с большой скоростью в сторону предыдущей перекачивающей системе. На всём протяжении нефтепровода до предыдущей станции фронт волны остаётся опасным, не смотря на то, что амплитуда волны давления становится меньше. Инерция идущей волны повышенного давления не позволяет заслонкам САРД корректно среагировать, понизив давление на входе насосной станции. Этот случай описывает аварийную ситуацию, которая произойдёт на нижестоящей станции, вызванной скачком давления, превышающим нормативную установку. [19]

За период, что волна повышенного давления достигала предыдущую насосную станцию, давление поднимается и достигает наивысших отметок по всей длине линейной части трубопровода. Именно поэтому система автоматического регулирования давления не помогает сбросить давление по всему участку длинны нефтепровода.

Можно сделать вывод, что фронт волны повышенного давления является самым опасным фактором при возникновении волны давления.

Для регулирования и предотвращения повышения давления на участке нефтепровода, превышающего допустимые значения, требуется осуществлять контроль по уменьшению фронта волны высокого давления. Для борьбы с данным явлением на магистральном нефтепроводе используют установки систем сглаживания волн давления (ССВД), задача которой заключается в снижении фронта волны высокого давления.

					Система сглаживания волн давления	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Система обладает клапаном, через который происходит порционный сброс нефти в сбросной резервуар, за счёт этого происходит снижение волны давления. [20]

Как и на всех аварийных системах, задача ССВД не допустить увеличение давления на входе перекачивающей станции, превышающей нормированных значений. Темп роста давления, при использовании данной системы, не должен превышать 0,01-0,06 МПа/с. Сброс продукта должен происходить в момент увеличения давления в полости магистрального трубопровода не более чем на 0,4Мпа от давления в газовом аккумуляторе ССВД.

3.2 Состав ССВД

Система сглаживания волн давления состоит из двух функциональных частей, а именно система управление и устройство сброса продукта.

На рисунке 3.1 изображена система сглаживания волн давления.

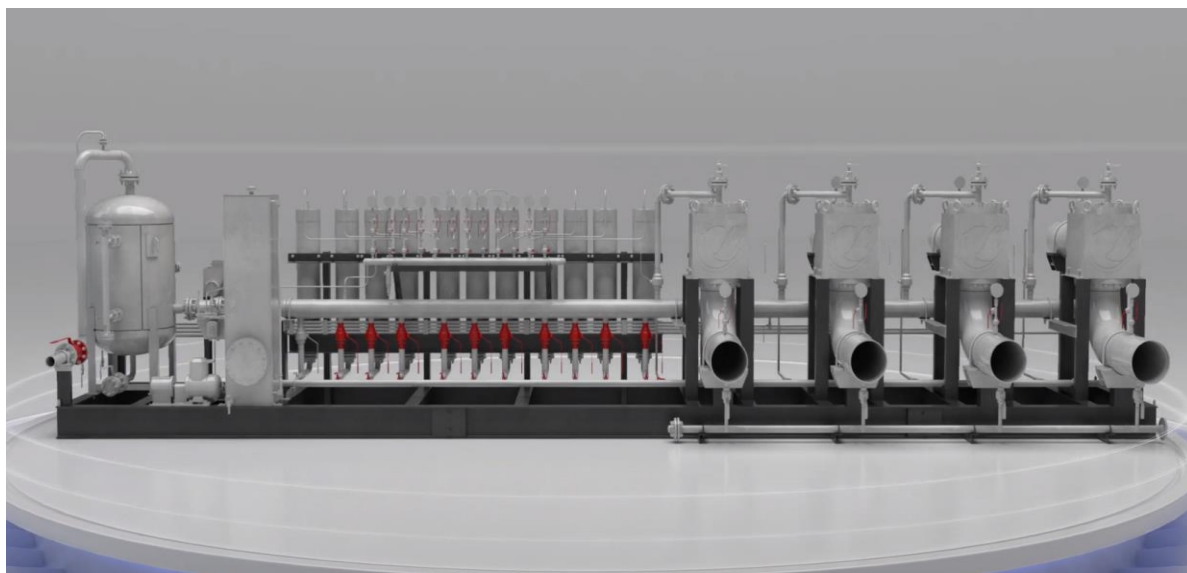


Рисунок 3.1 – Система сглаживания волн давления.

В системе управления присутствует разделительная ёмкость, которая соединена с трубопроводом. Функция данного элемента заключается в впуске разделительной жидкости в газовый аккумулятор, запрещено использовать нефть в качестве разделительной жидкости по той причине, что в составе

					Система сглаживания волн давления	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

нефти имеются примеси, а именно парафины, их присутствие в регулирующем дросселе могут снизить проходное сечение данного элемента, влияя на работу ССВД. Также нефть реагирует на перепады температуры, присутствует высокий риск замерзания нефти в трубах системы управления ССВД в зимней период.

Функция регулирующего дросселя заключается в регулировании подачи разделительной жидкости в газовый аккумулятор. [13]

В действительности газовый аккумулятор представляет собой ёмкость с гибким разделителем, секущий ёмкость на две части, одна из которых заполнена разделительным веществом, а вторая заполнена газом. Газовый аккумулятор взаимодействует с разделительной ёмкостью и с газовой полостью сбросного клапана.

Объём аккумулятора заполнен газом в случае, если давление в сечении нефтепровода ниже давления начальной установки аккумулятора. Давление в регулирующем дросселе и разделительной ёмкости будет ниже давления газа в аккумуляторе и равно давлению в основном трубопроводе. Система ССВД может состоять из нескольких сбросных клапанов и газовых аккумуляторов. []

3.3 Принцип действия ССВД

По мере роста давления в нефтепроводе, вызванным волной повышенного давления, аналогично давление повышается и в разделительной ёмкости ССВД параллельно давление увеличивается и в регулирующем дросселе. Если давления в трубопроводе не превышает давления в газовом аккумуляторе, то давление в газовом аккумуляторе останется на прежнем уровне. К моменту, когда давление в трубопроводе начнёт повышаться выше давления в газовом аккумуляторе, начнётся процесс прилива разделительной жидкости в газовый аккумулятор. Чем выше процесс перетекания в полость аккумулятора, тем выше давление газа, находящегося в полости аккумулятора.

					Система сглаживания волн давления	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Этот процесс происходит сразу, как давление внутри полости трубопровода достигнет установочного давления в аккумуляторе. В системе ССВД возможна предварительная настройка регулирующего дросселя, она устанавливает расход тока разделительной жидкости в аккумулятор, тем самым повышая темп роста давления газа. Важно держать в уме, что давление меняется одновременно как в газовой полости сбросного клапана, так и в аккумуляторе. [1]

Чем выше давление внутри полости нефтепровода, тем больше вероятность открытия сбросного клапана ССВД. Значение, установленное для открытия сбросных клапанов ССВД, при достижении давления нефти в трубопроводе выше давления газа внутри клапана, равно 0,1-0,4 Мпа. Клапан остаётся в закрытом положении, если после плавного увеличения давления в нефтепроводе разница перепада давления между давлением внутри полости трубопровода и давлением газа внутри клапана не превысит 0,1-0,4 Мпа. В случае, если в нефтепроводе произошёл мгновенный скачок давления, то происходит торможения перетекания жидкости в аккумулятор. В конечном итоге образуется разница давлений между газом внутри сбросного клапана и перекачиваемой средой, превышающая установленные значения, данная разница приведёт к открытию клапана и сбросу нефти в дренажную ёмкость.

Расход нефти, протекающему по нефтепроводу, равен расходу нефти при сбросе и проходе через клапан ССВД. Исходя из этого клапан должен находиться в таком положении, чтобы обеспечить нужный объём нефти. Пружина, поджимающая клапан, отжимается из-за дополнительного перепада давления на поршне клапана между газом и нефтью. [20]

Процесс перетекания разделительной жидкости через регулирующийся дроссель к аккумулятору приводит к медленному повышению давления внутри аккумулятора, как и в газовой полости клапана. Расход сброса зависит от давления в нефтепроводе, чем оно больше, тем меньше расход сброса, это происходит вследствие изменения положения клапана ССВД.

					Система сглаживания волн давления	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

В момент закрытия клапана давление газа внутри аккумулятора продолжает набирать обороты. Этот процесс длится до тех пор, пока сброс нефти не прекратится. [19]

Настройка регулирующего дросселя должна обеспечить натекание разделительной жидкости в газовый аккумулятор с темпом повышения давления равным 0,01-0,06 Мпа/с.

3.4 Предохранительные клапаны сглаживания волн давления «Danflo»

Данный клапан используется в системах сглаживания волн давления и защиты от гидроударов. На рисунке 3.2 представлен общий вид данного клапана.



Рисунок 3.2 – Клапан «Danflo».

					Система сглаживания волн давления	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Для общего понимания принципа действия клапана ниже представлена общая схема клапана на рисунке 3.3.

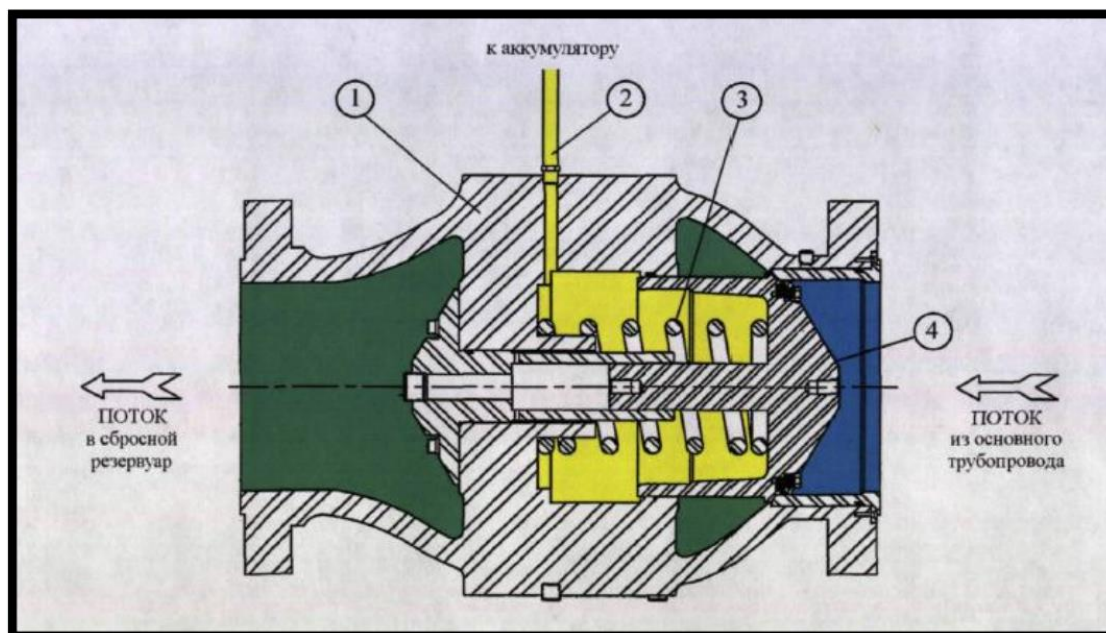


Рисунок 3.3 – Схема клапана «Danflo»: 1–корпус клапана; 2 – линия связи с газовой полостью аккумулятора; 3 – пружина клапана; 4 – подвижный поршень клапана

Ход поршня из закрытого состояние в открытое зависит от габаритов и конструкции клапана. Исходя из этого в закрытом состоянии на клапан действует давления перекачиваемой среды и давления газа при этом площадь действия газа выше, чем площадь действия перекачиваемой среды. Это влияет на открытие сбросного клапана на уровне с значениями начального поджатия пружины клапана. В момент доминации давления перекачиваемой среды на 0,1-0,4Мпа над давлением газа, клапан открывается.

Данный клапан реагирует на резкое изменение давления внутри полости магистрального нефтепровода, он создан специально для систем ССВД. Данный клапан способен незамедлительно срабатывать при скачке давления в нефтепроводе, скорость отклика и срабатывания клапана достигает несколько миллисекунд, по имеющимся данным около 120миллисекунд. [1]

На рисунке 3.4 изображён принцип действия кпана «Danflo».

- Благодаря высокому коэффициенту расхода, при расчётах выяснилось, что для обеспечения защиты от гидроударов требуется меньшее число клапанов. Как следствие меньший вес системы защиты;
- На корпусе клапана расположено отверстие для проверки установочного давления;
- Высокий отклик клапана на изменение давления в основном трубопроводе;
- Предусмотрен запас пропускной способности клапана, благодаря чему клапан справляется с более резкими скачками давления, чем есть в установке. []

3.5 Предохранительный клапан типа «Флекс-фло».

Предохранительный клапан выполнен из нескольких элементов в основе конструкции лежит корпус, внутри поперёк установлен сердечник с тонкими продолговатыми канавками, сердечник обтянут эластичной из упругой бензостойкой резины. На рисунке 3.5 изображён клапан типа «Флекс-фло».

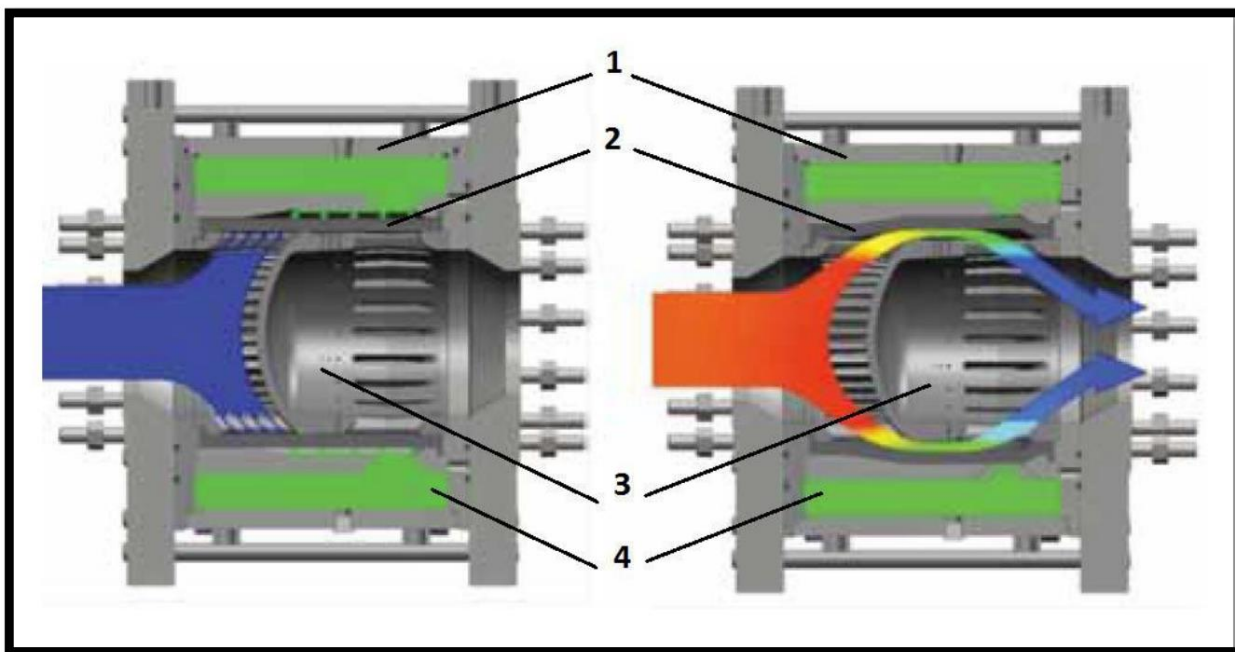


Рисунок 3.5 – Предохранительный клапан типа «Флекс-фло»:

1 – Корпус, 2 - Резиновая манжета, 3 - Внутренний перфорированный цилиндр с перегородкой, 4 - Газовая полость (газовая пружина).

Функция резиновой манжеты заключается в недопусках протечки нефти, это происходит за счёт прижимной силы оказанной на сердечник в момент, когда давление в газовой полости выше, чем давление перекачиваемой среды. Ситуация меняется, когда давление перекачиваемой среды становится выше в сравнении с давлением внутри газовой полости. Резина, за счёт эластичности изменяет свою форму открывая перфорацию канав, за счёт этого происходит сброс нефти в дренажную ёмкость. [26]

					Система сглаживания волн давления	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

4. Расчётная часть

4.1 Расчёт величины распространения волны повышенного давления в трубопроводе.

Гидравлические законы действуют на поток жидкости в трубопроводе, как и замкнутая среда в виде нефтепровода, которая может изменять своё состояния из-за упругих свойств металла, в связи с этим скорость и давление нефти в нефтепроводе изменяется постепенно, имея некую скорость изменения. В расчётной части изучим трубопровод определённой длины, находящийся под давлением, с определённой плотностью перекачиваемой среды и площадью сечения нефтепровода. В экспериментальном плане допустим увеличение давление, которое случилось в определённое время и приступим к расчётам.

Примем увеличенное давление за $d\rho$. В следствие произошло увеличение плотности перекачиваемой среды на величину $d\rho$, следом увеличивается внутренний диаметр трубопровода, так как на трубопровод действуют физические свойства упругости металла. Исходя из этого увеличивается площадь проходного сечения трубопровода $d\omega$. Закономерно посчитать, что и объём перекачиваемой среды также станет больше dW из-за увеличения внутреннего диаметра трубопровода, а объём пропорционально увеличивает массу нефти. [2]

Для расчёта возьмём дифференциальное уравнение неразрывности потока, с изменением параметров на протяжении временного участка.

$$\frac{dM}{dt} = W \frac{d\rho}{dt} + \frac{dW}{dt} \rho \quad (1)$$

Воспользуемся данным уравнением и преобразуем его для наших

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	Волохов И.В.				Расчётная часть	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	Шадрина А.В.						58	104
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>	Брусник О.В.					ТПУ гр.3-2Б71Т		

задач, составим выражение, описывающее изменение массы, вследствие увеличения давления:

$$\frac{dM}{dP} = W \frac{d\rho}{dP} + \frac{dW}{dP} \rho = 0 \quad (2)$$

Исходя из гидродинамических законов, при повышении давления жидкость с определённой скоростью проникает к слоям с пониженным давлением. В момент диффузии происходит увеличение плотности перекачиваемой среды, увеличение напряжения стенок трубопровода и увеличение секущей плоскости трубопровода. Все это происходит определённое количество времени, которое зависит от длины нефтепровода.

Действие сил давления F_p приводит к изменению массы dm за определённый промежуток времени dt

$$F_p = \omega(P + \Delta P) - \omega P \quad (3)$$

Данное выражение позволяет выразить уравнение импульса силы как:

$$\omega dP dt = dma \quad (4)$$

Выразим:

$$\frac{dm}{dP} = \frac{\omega dt}{a} \quad (5)$$

Предполагая, что $dt = L / a$, при подстановке в предыдущее выражение оно будет иметь вид:

$$\frac{dm}{dP} = \frac{\omega L}{a^2} \quad (6)$$

Обратим внимание на произведение

$$\omega L = W. \quad (7)$$

Суммарно выражаем для dm/dP и имеем вид:

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

$$\frac{W}{a^2} = W \frac{d\rho}{dP} + \rho \frac{dW}{dP}. \quad (8)$$

Выразим из данного уравнения a^2

$$a^2 = \frac{W}{W \frac{d\rho}{dP} + \rho \frac{dW}{dP}}. \quad (9)$$

Разность числителя и знаменателя на объём W и произведение и деление первого слагаемого в знаменателе на ρ приведёт к:

$$a^2 = \frac{1}{\rho \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dP} + \rho \frac{1}{W} \frac{dW}{dP}}. \quad (10)$$

Мы имеем $W = \omega L$ а $dW = d\omega L$.

Подставив данные равенства в наше выражение (10) извлекаем корень и получаем формулу, определяющую скорость распространения ударной волны или упругих деформаций жидкости в трубопроводе. [2]

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dP} + \frac{1}{\omega L} \frac{d\omega L}{dP} \right)}} = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dP} + \frac{1}{\omega} \frac{d\omega}{dP} \right)}}. \quad (11)$$

Данное выражение имеет два слагаемых, первым слагаемым под корнем формируются упругие свойства рабочей среды, во втором упругие свойства металла трубопровода.

Выразим оба слагаемых, рассмотрим слагаемое, формирующее свойства металла трубопровода:

$$\frac{1}{\omega} \frac{d\omega}{dP} = \frac{1}{\pi \frac{D^2}{4}} \frac{\pi D^3}{4 E_m \delta} = \frac{D}{E_m \delta}. \quad (12)$$

Слагаемое, обозначающее упругость жидкости, запишем как:

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

$$\frac{1}{\rho_a} \frac{d\rho}{dp} = \frac{1}{E_{жс}} \cdot T \quad (13)$$

Преобразуем формулу скорости ударной волны в новый вид:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{D}{E_m \delta} + \frac{1}{E_{жс}} \right)}} = \frac{\sqrt{\frac{E_{жс}}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{D E_{жс}}{E_m \delta}}}, \quad (14)$$

где ρ - плотность жидкости, D - диаметр трубопровода, δ - толщина стенки трубопровода, E_m – объёмный модуль упругости материала трубы, $E_{жс}$ - объёмный модуль упругости жидкости.

Известно, что скорость, с которой ударная волна перемещается по нефтепроводу имеет зависимость от металла трубопровода и коэффициента сжимаемости жидкости.

Проведём анализ участка трубопровода dL , а именно перемещение жидкости в нём, и время dt . Это поможет определить силу увеличения давления в момент гидравлического удара ΔP . Воспользуемся теоремой сохранения импульса силы, держа в голове, что скорость перекачиваемой среды в конечном итоге становится равна 0, так как кинетическая энергия ударной волны повышенного, либо пониженного давления преобразуется в потенциальную энергию [18].

Воспользуемся формулой, определяющей импульс силы, потому что именно под действием этого импульса движется жидкость в анализируемом участке трубопровода:

$$(\omega(P + \Delta P) - \omega P) dt = \omega \Delta P dt. \quad (15)$$

Перемены в объёме движения длиной dL :

					Расчётная часть	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$(\omega dL\rho V) - (\omega dL\rho 0) = \omega dL\rho V, \quad (16)$$

Используем теорему сохранения количества движения в получившемся выражении:

$$\omega \Delta P dt = \omega dL\rho V. \quad (17)$$

Теперь мы можем оценить степень повышения давления ΔP :

$$\Delta P = \rho V \frac{dL}{dt}. \quad (18)$$

Для того, чтобы сформировать выражения нам потребуется заменить отношение на скорость a , после чего получим выражение, определяющее повышение давления при гидраударе [18]:

$$\Delta P = \rho V a, \quad (19)$$

где V - скорость жидкости в трубопроводе до возникновения гидроудара, ρ - плотность жидкости, a – скорость распространения ударной волны.

При внесении в выражения формулы, которая описывает скорость, получим формулу Жуковского:

$$\Delta P = \rho V \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{D}{E_m \delta} + \frac{1}{E_{жс}} \right)}}. \quad (20)$$

Подставим в полученную формулы данные с нефтеперекачивающей станции НПС «Молчаново»:

$$D = 1,22 \text{ м}$$

$$E_m = 2,6 \cdot 10^{11}$$

$$E_{ж} = 2 \cdot 10^9$$

$$V = 1,5 \text{ м/с}$$

$$\rho = 850 \text{ кг/м}^3$$

$$\sigma = 0,014 \text{ м}$$

$$\begin{aligned} \Delta P &= \rho V \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{D}{E_m \cdot \sigma} + \frac{1}{E_{ж}} \right)}} = & (21) \\ &= 850 \cdot 1,5 \cdot \frac{1}{\sqrt{850 \cdot \left(\frac{1,22}{2,6 \cdot 10^{11} \cdot 0,014} + \frac{1}{2 \cdot 10^9} \right)}} = 1513264 \\ &\approx 1,51 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Теперь мы можем узнать скорость распространения волны повышенного либо пониженного давления используя формулу:

$$a = \frac{1}{\sqrt{\rho \left(\frac{D}{E_m \delta} + \frac{1}{E_{жс}} \right)}} = \frac{\sqrt{\frac{E_{жс}}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{D E_{жс}}{E_m \delta}}}, \quad (22)$$

Где δ – толщина стенки трубопровода, равная 14 мм

d – внутренний диаметр трубопровода;

$E_{ж}$ и $E_{ст}$ – модули упругости нефти и материала трубы.

Подставим данные станции и получим:

$$a = \frac{1}{\sqrt{850 \cdot \left(\frac{1,22}{2,6 \cdot 10^{11} \cdot 0,014} + \frac{1}{2 \cdot 10^9} \right)}} = 1186,87 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (23)$$

Суммарный показатель давления в трубопроводе при гидроударе:

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

$$P = P_{\text{раб}} + \Delta P = 4,3 + 1,51 = 5,81 \text{ МПа}$$

Также мы должны выяснить за какой промежуток времени ударная волна дойдёт до сечения нефтепровода:

$$t = \frac{2 \cdot x}{a} = \frac{60000}{1186,73} = 50,14 \text{ с} \quad (24)$$

Можно сделать вывод по расчётам. Ссылаясь на данные полученные в ходе проведения расчётов мы выяснили, что в ходе образования волны повышенного или пониженного давления, данное явление достигнет задвижке через 50,14 секунд.

4.2 Уравнение, описывающее работу ССВД

В момент срабатывания Системы сглаживания волн давления, перекачиваемая среда сбрасывается в специальный дренажные резервуар через сбросные клапана. Уравнение, описывающее расход нефти до и после точки установки ССВД выглядит следующим образом [2] :

$$Q^- - Q^+ = Q_{\text{сб}} \quad (25)$$

Где – Q^- - расход в сечении нефтепровода до места подключения ССВД;

Q^+ - расход в сечении нефтепровода после места подключения ССВД;

$Q_{\text{сб}}$ - расход нефти через клапана ССВД при сбросе.

Также можно определить и расход, проходящий через сбросные клапаны:

$$Q_{\text{сб}} = N_{\text{пер}} \cdot C v_{\text{кл}} \cdot \sqrt{\frac{p_{\text{Н}} - p_{\text{ВЫХ}}}{G}} \quad (26)$$

Где $C v_{\text{кл}}$ - коэффициент расхода сбросного клапана ССВД;

$p_{\text{Н}}$ - давление в сечении трубопровода, где установлена ССВД;

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

$p_{\text{вых}}$ - давление на выходе сбросных клапанов;

$N_{\text{пер}}$ - коэффициент пересчета;

G - удельная плотность перекачиваемой жидкости.

Данный коэффициент может быть, как постоянной величиной, так и функцией разницы давления между трубопроводом и газовым аккумулятором.

Если мы рассматриваем линейную зависимость связи коэффициента расхода сбросного клапана и газового аккумулятора ты мы имеем следующий вид данного выражения:

$$Cv_{\text{кл}} = \gamma(p_H - p_{\text{АК}} - \Phi_{\text{пор}}) \quad (27)$$

Где γ - коэффициент наклона данной линейной зависимости;

$\Phi_{\text{пор}}$ – разница давления нефти в нефтепроводе и давления газа в газовом аккумуляторе, при которой клапана ССВД открываются. [2]

Для корректной работы ССВД, а именно правильной работы газового аккумулятора используют регулирующий дроссель, он отвечает за подачу разделительной жидкости в аккумулятор. Расход жидкости определяется по формуле:

$$Q_{\text{др}} = N_{\text{пер}} \cdot Cv_{\text{др}} \cdot \sqrt{\frac{|p_H - p_{\text{АК}}|}{G_{\text{рж}}}} \cdot \text{sign}(p_H - p_{\text{АК}}) \quad (28)$$

где $Cv_{\text{др}}$ - коэффициент расхода регулирующего дросселя ССВД;

$p_{\text{АК}}$ – давление разделительной жидкости в газовом аккумуляторе ССВД;

$G_{\text{рж}}$ – удельная плотность разделительной жидкости; $\text{sign}(p_H - p_{\text{АК}}) = 1$, если $(p_H - p_{\text{АК}}) \geq 0$ и $\text{sign}(p_H - p_{\text{АК}}) = -1$, е с л и $(p_H - p_{\text{АК}}) < 0$.

					Расчётная часть	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

Принцип работы данной системы заключается в переходе разделительной жидкости из разделительной ёмкости в газовый аккумулятор, что в свою очередь приводит к повышению давления и сжатию газа в аккумуляторе. Это явление описывается в законе сохранения массы газа, в следствии изометрического сжатия и описывается в виде:

$$\frac{dp_{AK}V_{AK}}{dt} = 0 \quad (29)$$

Где V_{AK} – имеющийся объём газа в аккумуляторе

Продифференцируем данное выражение и получим:

$$p_{AK} \frac{dV_{AK}}{dt} + V_{AK} \frac{dp_{AK}}{dt} = 0 \quad (30)$$

Мы уже знаем что давление в аккумуляторе изменяется за счёт натекания разделительной жидкости в полость аккумулятора, под действием регулирующего дросселя, поэтому можно сделать вывод:

$$\frac{dV_{AK}}{dt} = -Q_{др} \quad (31)$$

Далее потребуется выразить имеющееся значение объёма газа через изначальное и его давление:

$$V_{AK} = \frac{p_0 V_0}{p_{AK}} \quad (32)$$

Расход разделительной жидкости, который имел вид (28), примет новый вид:

$$\frac{dp_{AK}}{dt} = \frac{p_{AK}^2 N_{ПЕР} C v_{др}}{p_0 V} \cdot \sqrt{\frac{|p_H - p_{AK}|}{G_{РЖ}}} \cdot \text{sign}(p_H - p_{AK}) \quad (33)$$

Теперь мы можем представить как выглядит математическая модель ССВД, описанная с помощью дифференциальных и алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dp_{AK}}{dt} = \frac{p_{AK}^2 N_{ПЕР} C_{V_{ДР}}}{p_0 V_0} \cdot \sqrt{\frac{p_H - p_{AK}}{G_{ГЖ}}} \cdot \text{sign}(p_H - p_{AK}), \\ Q_{СБ} = N_{ПЕР} \cdot C_{V_{КЛ}} \cdot \sqrt{\frac{p_H - p_{ВЫХ}}{G}}, \\ C_{V_{КЛ}} = \gamma(p_H - p_0 - \Delta p_{ОТК}), \\ Q^- - Q^+ = Q_{СБ}. \end{cases} \quad (34)$$

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Актуальность данной выпускной квалификационной работы заключается в том, что развитие трубопроводного транспорта нефти не стоит на месте, в связи с тем, что каждый год строятся новые участки новых ветвей нефтепроводов, вместе с тем увеличивается и объёмы перекачиваемой нефти, появляются новые системы управления и автоматизации нефтепроводной системы, так же не стоит забывать о требованиях к экологической и технической безопасности их работе и обслуживании. Прежде всего актуальность заключается в исключении возникновения аварийных ситуаций на магистральном нефтепроводе, что позволит обеспечить стабильность и гарантию работы всех участков магистрального нефтепровода.

Финансовый менеджмент один из главных разделов выпускной квалификационной работы, цель которого заключается в анализе ресурсоэффективности и конкурентоспособности используемой разработки в сфере транспортировки нефти. Выведены задачи, для реализации данной цели:

1. Проанализировать конкурентоспособность технических решений;
2. Использовать SWOT анализ;
3. Спланировать работы и рассчитать бюджет затрат.

В проекте участвовали два квалифицированных работника, а именно руководитель и инженер.

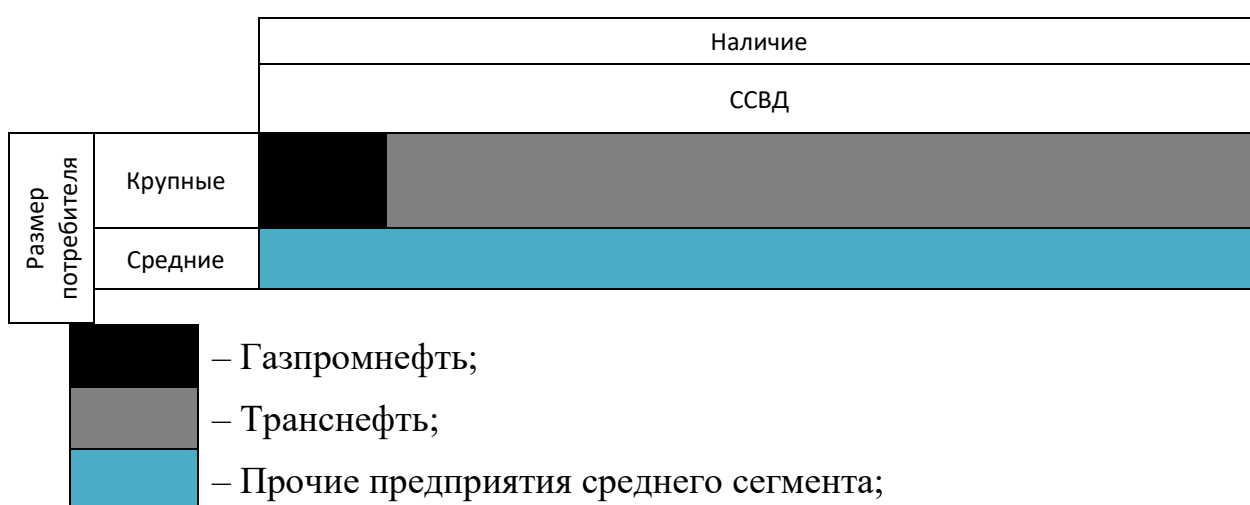
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Системами сглаживания волн давления пользуются все крупные компании, занимающиеся транспортировкой нефти на территории Российской

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.			Финансовый менеджмент	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					68	104
<i>Консульт.</i>						ТПУ гр.3-2Б71Т		
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						

Федерации и за её пределами. Это необходимо, так как магистральные трубопроводы являются режимными объектами и работают 24 часа в сутки, но несмотря на это в ходе работы нередко производят остановку всей системы. Для избежание аварийных ситуаций, возникающих от гидроударных явлений, используют системы ССВД (системы сглаживания волн давления). Данная система представляет интерес для многих компаний. Сегментирование проводится по двум показателям – размер компании и наличие данных установок. Иллюстрация сегментирования показана в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Иллюстрация сегментирования



Можно провести наблюдения, что у системы есть свой целевой потребитель, который является крупным в своей отрасли.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Предохранительные клапаны сглаживания волн давления «Danflo» - Данный клапан используется в системах сглаживание волн давления и защиты от гидроударов. Данный клапан реагирует на резкое изменение давления внутри полости магистрального нефтепровода, он создан специально для систем ССВД. Данный клапан способен незамедлительно срабатывать при скачке давления в нефтепроводе, скорость отклика и срабатывания клапана достигает несколько миллисекунд, по имеющимся данным около 120миллисекунд. [1]

Предохранительный клапан типа «Флекс-фло». - Предохранительный клапан выполнен из нескольких элементов в основе конструкции лежит корпус, изнутри поперёк установлен сердечник с тонкими продолговатыми канавками, сердечник обтянут эластичной из упругой бензостойкой резины.

Данные клапаны были выбраны для сравнения по причине многократного использования в системе сглаживания волн давления и высокого качества исполнения в сочетании с индивидуальными особенностями строения и работы системы.

Максимально детальный анализ конкурирующих технических решений проводят систематически, по причине того, что рынок наполняется новыми разработками и более инновационными решениями. Поэтому анализ необходим и важной составляющей данного способа является реальная оценка сильных и слабых сторон разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений направлен на сравнительной составляющей ресурсоэффективности и ресурсосбережения для определения направления развития в будущем. Сравнительная таблица конкурирующих технических решений продемонстрирована в таблице 5.2, где критерием силы выступает шкала от 1 до 5.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i B_i,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

1	2	3
	Сильные стороны	Слабые стороны
	С1. Усовершенствование алгоритмов управления. С2. Высокая ресурсоэффективность С3. Квалификация персонала. С4. Возможность применения сложных алгоритмов в работе.	Сл1. Ограниченность используемой продукции Сл2. Использование импортных материалов. Сл3. Отсутствие дополнительных услуг.
Возможности	Повышения уровня конкурентоспособности за счет применения новых технологий. Привлечение средств государства для введения новой технологии.	Выход на зарубежный рынок для сотрудничества. Работа с потенциальными инвесторами. Качественная работа с потенциальными потребителями.
В1. Развитие технологий в данной отрасли. В2. Привлечение инвесторов. В3. Набор новых кадров. В4. Привлечение рынка покупателей		
Угрозы	Поиск новых инвесторов Недостаток финансирования, повлияет на качество.	Обновление оборудования. Разработать более качественную продукцию с минимальными затратами.
У1. Отсутствие спроса. У2. Введение дополнительных требований к сертификации работ. У3. Потеря поставщиков.		

SWOT-анализ показывает преимущества, с которым анализируемый продукт может проявить хорошие показатели в момент выхода на рынок, нивелируя слабые стороны, преимуществом сильных показателей.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работы в рамках научного исследования

					Финансовый менеджмент	Лист 72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Начиная проектную работу, следует обозначить этапы, с которыми придётся работать на протяжении всего времени. Стоит указывать и время, затраченное на исполнение каждого этапа, а также работу участников проекта. Данная информация указана в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Описание этапов и работ.

Таблица № 12 – Перечень этапов и работ.		
№ п/п	Название	Исполнитель
1	2	3
1	Выбор научного руководителя ВКР	Инженер
2	Выбор и утверждение темы	Руководитель Инженер
3	Постановка цели и задач исследования, актуальность.	Руководитель Инженер
4	Обзор литературы	Инженер
5	Расчетная часть	Руководитель Инженер
6	Согласование выполненной работы с научным руководителем	Руководитель Инженер
7	Анализ результатов	Инженер
8	Выполнение дополнительных разделов ВКР (финансовый менеджмент, социальная ответственность).	Инженер
9	Оформление пояснительной записки	Инженер

После распределения и поэтапного начала работы требуется определить трудоёмкость выполняемой работы.

5.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работы

При определении, либо оценки затрат силы на выполнение научно-исследовательской работы требуется знать, что этот параметр несёт вероятностное значение и исчисляется в человеко-днях. Для выявления

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

данного значения требуется учитывать множество факторов, используя формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}$$

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

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Следующий шаг заключается в построении графика проведения работ, в виде диаграммы Ганта. Количество времени, затраченное на выполнение работы отображаются в днях, для отображения выполненной работы в диаграмме, дни переводятся в календарные по формуле:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot K_{кд}$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения работы в календарных днях;

$T_{рд}$ – продолжительность выполнения работы в рабочих днях;

$K_{кд}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$K_{кд} = \frac{T_{кд}}{T_{кд} - T_{вд} - T_{пд}}$$

где $T_{кд}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$ – количество праздничных дней в году.

Значение коэффициента календарности для 2021 года:

$$K_{кд} = \frac{365}{365 - 118} = 1,47$$

Имея понимания, сколько сил потребуется для выполнения работы в календарных днях, переносим данные в диаграмму Ганта. С данными можно ознакомиться в таблице 5.5

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

- Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- Накладные расходы.

Расчёт материальных затрат

В ходе выполнения работы потребуется персональный стационарный компьютер, либо ноутбук с установленным программным обеспечением, возможно, понадобятся канцелярские принадлежности и переносной флеш-накопитель. На транспортно-заготовительные расходы потребуется от 6 до 20 %, от общей цены материальных затрат. Ознакомиться с итогами можно в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Материальные расходы

Наименование	Кол-во, шт.	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Канцелярские принадлежности	-	300	300
Офисная бумага, 500 листов	1	230	230
Флеш-карта	1	1600	1600
Итого, руб.			2130
Итого с ТЗР (5%)			2023,5

Расчет амортизационных отчислений

Взяв данные из диаграммы Ганта мы имеем данный, что на выполнение работы нам потребуется четыре месяца. Рассчитаем амортизационные отчисления, которые потребуются для выполнения работы, используя ноутбук, стоимостью 19000 руб. Имея б/у ноутбук, будем считать, что срок полезного пользования данным устройством равен 1 год. Перейдём к расчётам:

- Норма амортизации оборудования

$$A_n = \frac{1}{T} \cdot 100\%$$

где T – срок полезного использования, лет.

Принимаем срок полезного пользования 1 года.

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		76

$$A_n = \frac{1}{3} \cdot 100\% = 100\%$$

- Годовая амортизация ноутбука

$$A_g = 19000 \cdot 0,1 = 1900 \text{ рублей.}$$

- Ежемесячная амортизация ноутбука

$$A_m = \frac{1900}{12} = 158 \text{ рублей.}$$

- Сумма амортизации за время работы

$$A = 158 \cdot 4 = 632 \text{ рублей.}$$

Заработная плата исполнителей

Нам известно, что сумма оклада научного руководителя составляет 35 600 рублей, в то время как оклад инженера равен 13500 рублей. Можно посчитать среднее значение оклада, которое будут получать действующие лица. Проведя расчёт получаем, что в сутки научный руководитель получает 1695,2 рубля, а инженер 642,85 рублей в день.

Для получения конечной цифры заработной платы нужно сложить основную и дополнительную оплату труда.

Основная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_r \cdot (1 + K_{пр} + K_{д}) \cdot K_r$$

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

$K_{пр}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$K_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_r – районный коэффициент (для Томска 1,3);

T_r – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

С готовыми результатами можно ознакомиться в таблице 5.7

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		77

Таблица 5.7 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{гс} , руб.	k _{пр}	k _д	k _р	Т _{р. раб.} Дн.	З _{осн} , руб.
Руководитель	35600	0,3	0,2	1,3	21	69420
Инженер	13500	0,3	0,2	1,3	21	26325
Итого						95745

Далее узнаем сколько руководитель и инженер получают дополнительной заработной платы, а также отчисления во внебюджетный фонд и накладные расходы.

Дополнительная заработная плата рассчитывается:

$$Z_{\text{доп}} = 0,12 \cdot Z_{\text{осн}}$$

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Накладные расходы рассчитываются:

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (Z_{\text{мат}} + Z_{\text{амор}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}})$$

Конечный результат расчётов указан в таблице 5.8

Таблица 5.8 – Дополнительная заработная плата, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы.

Исполнитель	З _{доп} , руб.	З _{внеб} , руб.	З _{накл} , руб.
Руководитель	8330,4	23325,12	21868
Инженер	3159	8835	8291
Итого	11489,4	32160,12	30159

5.2.4 Формирование бюджета затрат

Для того, чтобы корректно и выверенно сформировать денежные средства в формировании бюджета затрат нам необходимо рассчитать

расчётную величину затрат, данные расчёта приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Расчёты бюджета научно-исследовательской работы.

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	2023,5	1,17
Затраты на амортизацию	632	0,36
Затраты на основную заработную плату	95745	55,59
Затраты на дополнительную заработную плату	11489,4	6,67
Отчисления во внебюджетные фонды	32160,12	18,67
Накладные расходы	30159	17,51
Общий бюджет	172209,02	100

В завершение можно сказать, что минимальные затраты выпали на амортизацию и материальные затраты. Больше половины всей суммы отчисляются на основную заработную плату исполнителей работы.

5.3 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность подразумевает собой выполнение каких-либо задач с наименьшими затратами на их выполнение, чтобы определить данный показатель необходимо вычислить две средние величины, а именно финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

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.

Далее произведём расчёт интегрального финансового показателя для

всех вариантов выполнения научно-исследовательской работы.

$$\text{Для нашей разработки: } I_{\text{финр}} = \frac{172209,02}{172209,02} = 1;$$

$$\text{Для первого аналога: } I_{\text{финр}} = \frac{113452}{172209,02} = 0,658;$$

$$\text{Для второго аналога: } I_{\text{финр}} = \frac{158351}{172209,02} = 0,919.$$

В таблице 5.10 предоставлена сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов

Таблица 5.10 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Долговечность	0,20	5	4	5	1	0,8	1
Надежность	0,15	5	4	5	0,75	0,6	0,75
Безопасность	0,15	4	4	5	0,6	0,6	0,75
Простота эксплуатации	0,20	5	4	4	1	0,8	0,8
Точность измерений	0,30	4	5	5	1,2	1,5	1,2
Итого	1	23	21	24	4,55	4,3	4,8

Интегральный показатель эффективности разработки ($I_{\text{финр}}^p$) и аналога ($I_{\text{финр}}^a$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I^i = \frac{I_p^p}{I_{\text{фин}}^p}$$

$$\text{Для нашей разработки: } I^i = \frac{4,55}{1} = 4,55;$$

$$\text{Для первого аналога: } I^i = \frac{4,3}{0,658} = 6,53;$$

$$\text{Для второго аналога: } I^i = \frac{4,8}{0,919} = 5,22.$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и

рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\mathcal{E} = \frac{I}{I^i}$$

Данные сравнительной эффективности разрабатываемой системы с аналоговыми показаны в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сравнительная эффективность

№ п/п	Показатели	Разработка	Аналог №1	Аналог №2
1	Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	1	0,658	0,919
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности I_p	4,55	4,3	4,8
3	Интегральный показатель эффективности I	4,55	6,53	5,22
4	Сравнительная эффективность \mathcal{E} разработки к аналогам		0,69	1,14

Проанализировав данные в таблице 5.11 можно сделать вывод, что разрабатываемый проект конкурирует с первым аналогом. По интегральному показателю эффективности он уступает аналогам, но превосходит аналоги в финансовом показателе и в показателе ресурсоэффективности.

Вывод по разделу

В процессе выполнения задания была выполнена большая работа. Освоены знания и порядок выполнения предоставленного задания в разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Проведён анализ конкурентно-технических решений, найден наиболее выгодный вариант, используемой технологии в процессе защиты магистрального нефтепровода от волн повышенного и пониженного давления, путём сглаживания волн давления.

Проведён SWOD-анализ и составлено заключение, по завершению данного анализа. Существуют угрозы и представлены пути по их уменьшению.

Был сформирован график Ганта, с обозначением рабочей занятости персонала, отображённом на календарном графике. Количество дней, отведённых на выполнение работы составило 124 дня или 4 месяца. Сформирован бюджет работы и сопутствующие расчёты: Материальные затраты составили – 2023 рубля; амортизационные затраты составили – 632 рубля; основная зарплата сотрудников составила – 95745 рублей; дополнительная зарплата - 11489,4 рублей; траты отчислений во внебюджетные фонды составила – 32160,12 рублей; накладные расходы составили – 30159. Обобщив, мы получили сумму бюджета равную 172209 рублей, большая доля затрат которых составила 55,59% - основная зарплата исполнителей работы.

Выяснили, что разрабатываемая установка уступает аналогам по интегральному показателю эффективности, но в целом превосходит аналоговые разработки.

					Финансовый менеджмент	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

6. Социальная ответственность

Соблюдение норм и принципов социальной ответственности является важнейшим фактором, для обеспечения безопасности, при проведении работ, связанных с защитой элементов линейной части и коммуникаций от последствий воздействия волн повышенного давления на нефтеперекачивающей станции. Поэтому решение проблем, относящихся к обеспечению экологической безопасности, охраны труда и обеспечения здоровья и жизни людей является актуальным.

Цель главы “социальная ответственность” заключается в создании методики по обеспечению безопасной работы, при выполнении защитных мероприятий на участках магистрального трубопровода от гидроударных явлений.

При выполнении выпускной квалификационной работы, был проведён анализ и выявлены вредные факторы, действующие на организм человека, находящегося в зоне проведения работ, связанных с защитой магистрального трубопровода от гидравлических ударов. К ним относятся: шум, вызванный работающим оборудованием, сложные климатические условия, опасность электрического воздействия. Также выявлены и опасные факторы: в камеральных работах, присутствует риск от движущихся машин и механизмов, работа в условиях высокой взрывоопасности, а также риск удара электрическим током.

В разделе рассматриваются воздействия оборудования, веществ, участвующих в технологическом процессе, условий окружающей среды, в общем всех факторов, которые могут негативно действовать на здоровье человека и экологическую целостность окружающей среды; техника безопасности при проведении работ и порядок выполнения действий в ЧС.

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.			Социальная ответственность	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					83	74
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
						ТПУ гр.3-2Б71Т		

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, спецобуви и других средств индивидуальной защиты [44].

Контакт с вредными веществами на фоне превышения гигиенических нормативов, допускается при применении средств индивидуальной защиты, либо при ограничении времени контакта с вредными веществами.

Для обеспечения отдыха, в период, установленных перерывов, организованы помещения, оснащённые мебелью, выполненной с учётом санитарно-гигиенических требований.

При возникновении несчастного случая на производстве, работодатель обязан организовать и выполнить расследование, которое имеет определённый порядок выполнения в установленном положении, утверждённым постановлением правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 года №279. [44] В следствии расследования разрабатываются профилактические меры, связанные с предотвращением случаев производственного травматизма и предупреждением профзаболеваний.

6.2 Производственная безопасность

В таблице 1 представлены сведения основ производственного процесса, ведущих к появлению опасных и вредных факторов.

Таблица 1 – Основы производственного процесса, ведущие к появлению опасных и вредных факторов.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разр абот	Изго товл	Эксп луат	
1. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны		+	+	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности []. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [].
2. Отклонение параметров микроклимата		+	+	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны []. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [].
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [].
4. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [47]. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация [].
5. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования		+	+	ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности [].
6. Электрический ток		+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [].
7. Взрывоопасность и пожароопасность		+	+	ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования []. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [].

6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

6.3.1 Анализ вредных производственных факторов

Вредные производственные факторы оказывают негативное воздействия на здоровье человека, там самым понижая его работоспособность, вызванное недомоганием, что в последствие в течении долгих лет приводит к появлению хронической болезни.

					Социальная ответственность	Лист 85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Камеральный режим работы персонала:

1. Высокий уровень шума на рабочем месте.

Основным источником шума, при работе ССВД выступает перекачивающая система, а именно система насосных агрегатов, а также сбросные клапаны, входящие в систему ССВД с общим уровнем издаваемого шума до 90 дБА.

Влияние шума в большей степени оказывается на слуховой аппарат человека, а именно барабанную перепонку, путём стирания чувствительных волосков, которые улавливают колебания среды, передавая информацию в мозг, тем самым затрагивая и нервную систему человека.

Исходя из данных взятых с СанПиН 2.2.4.3359-16 известно, что уровень шума, не оказывающий негативное влияние на слуховой аппарат человека, составляет 80 дБА. Свыше этого значения оказывается воздействие на орган слуха, приводящий к повышению кровяного давления. [52]

2. Высокий уровень вибрации.

Вибрация — это механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение. Вибрацию порождают неуравновешенные силовые воздействия, возникающие при работе машин [43].

Источником вибрации являются насосные агрегаты, которые используются для перекачки нефти.

Исходя из данных, взятых из ГОСТ 12.1.012-2004 вибрация опасна для человеческого организма. В связи с тем, колебание таких частот вызывает резонансные явления во внутренних органах человека и способны привести к травме. Неблагоприятное влияние вибрации на организм человека характеризуется локальным действием на ткани и заложенные в них многочисленные экстеро- и интерорецепторы (прямой микротравмирующий эффект) и опосредованно через центральную нервную систему на различные

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		86

системы и органы. Важную роль играют вторичные расстройствa в результате нарушения трофики, вызванного сосудистой дисфункцией. Для первой категории общей вибрации, по санитарным нормам скорректированное по частоте значение виброускорения составляет 62 дБ, а для виброскорости – 116дБ. Наиболее опасной для человека является вибрация с частотой 6-9 Гц.

3. Высокое содержание пыли и газа в воздухе рабочей зоны.

В структуру нефтедобывающих и нефтеперекачивающих предприятий входят лаборатории, которые занимаются исследованиями добываемой и перекачиваемой продукции. В обязанности данных лабораторий также входит и замер концентрации загазованности воздуха рабочей зоны и помещений на территории предприятия. Замеры производятся не реже 1 часа, а также по первому требованию работника. [48]

Комбинированное воздействие на организм рабочего комплекса различных углеводородов и сероводорода способствует усилению токсического эффекта. Наблюдается усталость, тошнота, кислородная недостаточность, головная боль.

Максимально допустимый предел концентрации паров газа в помещении рабочей зоны равен 0,3 г/м³. Если данный порог превышен, по регламенту все работники должны покинуть зону загазованности, а оборудование должно быть отключено.

4. Загрязнение атмосферы токсичными веществами

В период ремонтных работ и в целом работы нефтеперекачивающей станции и работы магистрального нефтепровода, возможны утечки, влияющие на приземный слой атмосферы, к данным источникам относятся: Техника, ведущая строительные и ремонтные работы, демонтаж оборудования в целях вывода из эксплуатации или ремонтных работ, различные сварочные работы, дренажные ёмкости, отопительные комплексы и электростанции, работающие на дизельном топливе. С классификацией и общими требованиями

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

безопасности можно ознакомиться в ГОСТ 12.1.007-76. При отравлениях наблюдаются: общая слабость, сильные головные боли, головокружения, трахеобронхит.

В таблице 2 представлены ПДК и классы опасности некоторых веществ, входящих в состав нефти, паров нефти и веществ, участвующих в технологических процессах хранения и транспортировки углеводородов, взятых из ГОСТ 12.1.005-88.

Таблице 2 – Перечень и характеристики вредных веществ.

Наименование загрязняющего вещества	Предельно-допустимая концентрация (ПДК м.р.), мг/м ³	Класс опасности
Товарная нефть	10	3
Метан	300	4
Пропан	300	4
Бутан	300	4
Бензол	5	2
Метанол	5	3
Этиловый спирт	1000	4
Ацетон	200	4
Керосин	300	4
Оксиды азота	5	2
Оксид углерода	20	4

При выполнении камеральных работ:

1. Изменение параметров микроклимата

Камеральные работы относятся к средней категории работы Пб с интенсивностью энергозатрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), т.к. связаны с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

При камеральных работах неизбежно возникает утомление. Для предотвращения неблагоприятных воздействий статистического напряжения на организм. Наиболее распространённое воздействие на человека является переохлаждение или перегрев организма. При работе ни в коем случае не следует пренебрегать рациональным режимом труда и отдыха. Все это способствует сохранению здоровья и работоспособности.

Для определения микроклимата принято обращать внимание на три параметра – это температура воздуха, относительная влажность, и скорость ветра. Данные были взяты из ГОСТ 12.1.005-88, с данными параметрам микроклимата, которые подходят для работы, можно ознакомиться в таблице 3.

Таблица 3 – Оптимальные величины параметров микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
Теплый	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2

Во время работы глаза находятся в постоянном напряжении, это усугубляется, если в помещении отсутствует качественное освещение, в следствии чего может возникнуть накопительных эффект, который в дальнейшем скажется на качестве вашего зрения. Также появляется резь в глазах, слезливость и рассеянное зрение. Все эти симптомы сказываются на качестве выполняемой работы. Все сведения, взятые из СП 52.13330.2016 можно посмотреть в таблице 4.

Таблица 4 – Требование к освещению рабочих зон

Помещения и производственные участки	Разряд зрительной работы	Освещенность, лк
Зал насосной с постоянно работающим персоналом	VI	150
Центральные операторные залы нефтеперекачивающих станций	VI	200
Кабинеты и рабочие комнаты, офисы	III	300
Места заправки и слива нефтепродуктов	VI	20
Склады и кладовые	VI	200

С целью осветить производственные помещения, устанавливают люминесцентные лампы накаливания, эти лампы подходят для выполнения прямой задачи, так как обладают высокой светоотдачей.

6.3.1 Анализ опасных производственных факторов

Опасным производственным фактором (ОПФ) называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. [44]

Работы, приводящиеся в полевых условиях

1. Работа с машинами и механизмами

При полевых работах опасность исходит от движения большой техники, ротационных частей насоса, погрузо-разгрузочные работы. Именно в полевых условиях высока вероятность получить серьёзные травмы, даже несовместимых с жизнью. Весь рабочий персонал в обязательном порядке изучает технику безопасности.

2. Электрический ток

Сотрудники обязаны сдавать экзамены по электробезопасности, а также оснащены СИЗ. Напряжение, безопасное для человека составляет 12 В. [50]

Контакт персонала с электричеством чаще всего происходит из-за контакта с незаземлённым от земли, не заизолированным и оказавшимся под напряжением участком электроустановок.

3. Пожар и взрывоопасность

Все объекты на магистральном нефтепроводе относятся к взрывоопасным, так как имеют множество источников пожара. К ним относятся электрощитовые, которые способны выйти из строя и производить искры на территории перекачки и хранения углеводородов. Источниками взрыва выступают трубопроводы, которые находятся под высоким давлением,

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		90

приямки в которых скапливается взрывоопасные пары.

Выше уже было сказано о предельно допустимых концентрациях паров в рабочей зоне, что составляет $0,3 \text{ г/м}^3$. При условии защиты органов дыхания, не должно превышать предельно – допустимую взрывобезопасную концентрацию (ПДВК), для паров нефти 2100 мг/ м^3 . [48].

6.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Для снижения уровня воздействий вибрации и шума на организм работников необходима рациональная организация труда, а именно сокращение времени пребывания в условиях повышенного уровня указанных вредных факторов.

Предохранительные методы, снижающие влияние шума на организм человека:

- Использование звукоизолирующих средств;
- Снижение уровня шума на пути распространения звука;
- СИЗ, использование специальных наушников;
- Механическое воздействие на источник звука, путём регулирования.
- Следование инструкциям, выполняя нормы отдыха от работ.

Основные методы борьбы с вибрацией:

- Модернизация насосного агрегата (снижение вибрации);
- Статистическая и динамическая балансировка вала насосного агрегата;
- Статическое закрепления корпуса насоса к фундаменту плиты.
- Использование гидроизоляторов;

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

- Использование вибродемпферов(материалов);
- Использование СИЗ (виброзащитные обувь, перчатки со специальными упруго-демпфирующими элементами, поглощающими вибрацию) [42]

Для определения ПДК рабочей зоны используют специальное оборудование, а именно газоанализатор АНТ-2М, либо аналоги, установленные регламентом. Согласно регламенту, проверка на уровень загазованности проводится периодически, так же используется система принудительной вентиляции.

Во избежание вредного воздействия токсичных веществ на организм человека принято использовать СИЗ. В состав СИЗ входят:

- Защитные очки;
- Противогазы типа пш-1, пш-2. Респираторные маски;

Использования средств защиты дыхания, а именно вид СИЗ, зависит от характера загрязнения воздуха. При ПДК газа используются противогазы, тогда как респираторы используются в запылённых помещениях и рабочих зонах.

Для работы в закрытых помещениях и кабинетах требуется нормальный показатель микроклимата, для достижения данной цели требуются увлажнители воздуха, регулярный приток свежего воздуха, и обогрев воздуха, поступающего в помещение в зимнее время.

Расположение и мощность ламп играет большую роль в правильной постановке света, исключая появление теней. Тени вызывают эффект расцентровки контрастности поверхностей, из за чего человеческий глаз испытывает большие нагрузки при фокусировке, в последствии вызывающее утомляемость и снижение производительности труда.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

Также необходима рассмотреть требования безопасности с электротехническими установками.

Защита от электричества:

- Знаковое обозначение опасных зон и элементов, находящихся под питанием.
- Изоляция токоведущих частей
- Установка заземления
- Применение СИЗ (диэлектрические перчатки, обувь)

6.5 Экологическая безопасность

На территории нефтеперекачивающей станции, оснащённой системой сглаживания волн давления требуется проводить работы по устранению развития физико-геологических изменений в недрах. Эти изменения способны изменять поверхность земли путём просадки грунта, на котором расположены участки нефтеперекачивающей станции. В зимнее время года учитываются изменения геокриологических показателей грунта.

Основным направлением экологической безопасности выступает охрана недр земли, а именно проведение мероприятий, обеспечивающих недопустимость загрязнения и коррозионной активности геологической среды. В случае аварийных разливов в следствии разгерметизации магистрального трубопровода разрабатываются меры по устранению экологической катастрофы путём очистки геологической среды от утечки углеводородов.

Показатель загрязнения атмосферного воздуха выше своей нормы относится к негативным воздействиям на окружающую среду. Проводится постоянный контроль за соблюдением предельно допустимых выбросов с использованием расчётных и инструментальных методик, с разрешением использования, выданным специально уполномоченным федеральным

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		93

органом исполнительной власти. Ведутся меры по устранению и контролю выбросов паров нефти их стационарных источников.

Должны быть разработаны меры по ликвидации отходов переработки и производства, а также вести учёт количества данных ресурсов, соблюдая требования нормативных документов, в рамках современных экологических стандартов и технологий переработки и утилизации. Не допускается загрязнение воздуха, подземных рек и почвы, путём хранения опасных отходов на промплощадках предприятия, для этих целей используются специальные полигоны, соответствующие классу отхода.

6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Существует множество причин возникновения чрезвычайного случая на взрывоопасных объектах магистральной линии нефтепровода и перекачивающих станциях, причинами возникновения могут быть:

- Человеческий фактор;
- Поломка приборов КИПиА;
- Перебой на линии электроснабжения;
- Не соблюдение правил безопасности при проведении ремонтных работ, не имея наряд допуск;
- Удар волн повышенного и пониженого давления(гидроудар);
- Стихийное бедствие;

В случае стихийного бедствия, меры применяются в порядке важности:

- Провести эвакуацию рабочего персонала
- Ведутся спасательные и аварийно-восстановительные работы

В ходе работы магистрального трубопровода могут произойти чрезвычайные случаи, связанные с разгерметизацией трубопровода.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

Подготовительные работы по ликвидации аварии в следствии разгерметизации трубопровода от гидроудара: [51]

- Изучение локации разлива нефти;
- Обозначение места разлива тросом и опознавательными знаками;

После подготовительных мероприятий идёт ремонт повреждённого участка трубопровода:

- Опорожнение отсечённого участка от нефти;
- Ведутся земельные работы и ремонтные работы изолированного участка трубопровода;
- Зачистка поверхности трубопровода;
- Замена или ремонт аварийного участка;
- Изоляция трубопровода;

Меры по окончанию ремонта повреждённого участка трубопровода:

- Ведётся открытие задвижек, отсекающих восстановленный участок трубопровода;
- Оповестить диспетчера о завершении ремонтных работ;
- После запуска системы перекачки, провести гидроиспытание; прочности восстановленного участка;
- Изоляционные работы участка нефтепровода;
- Восстановление земельного покрова, после земляных работ;
- Монтаж заглушек и опознавательных знаков;

При возникновении любой чрезвычайной ситуации, главным правилом всегда является соблюдения спокойствия и действия в рамках плана устранения поломки, пожара, стихийного бедствия либо плану эвакуации,

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

иначе несоблюдение мер безопасности могут привести к появлениям жертв и больших разрушений.

Выводы по разделу

В данном разделе была проведена работа по рассмотрению правовых и организационных вопросов, относящихся обеспечению производственной и экологической безопасности. Рассмотрены возможные случаи возникновения чрезвычайных ситуаций и меры по их ликвидации.

Раздел социальная ответственность является очень важным, в связи с тем, что магистральные трубопроводы и нефтеперекачивающие станции, относятся к опасным объектам, имеющим множество опасных факторов, которые могут влиять на здоровье человека и экологической среды.

					Социальная ответственность	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

Заключение

Анализ исследований в области защиты нефтепроводов от повышения давления показал, что из основных средств защиты магистральных нефтепроводов от волн давления наиболее эффективным способом является система сглаживания волн давления, срабатывающая при повышении давления в магистральном нефтепроводе на 0,1 – 0,3 МПа и обеспечивающая плавный рост давления со скоростью 0,01 – 0,03 Мпа/с. Определена скорость распространения гидравлической ударной волны в магистральном нефтепроводе «Александровское – Анжеро - Судженск», а также ударное давление при гидравлическом ударе в случае остановки НПС «Молчаново».

Был исследован выбор основных параметров управления ССВД, влияние параметров системы управления ССВД на режим работы всей системы в целом. Выяснили, что чем больше значение коэффициента расхода дросселя, тем быстрее происходит увеличение давления в газовом аккумуляторе, а следовательно, сбросной клапан быстрее перекрывается и прекращается сброс нефти в емкость.

При возникновении гидравлического удара в магистральном нефтепроводе, оборудованном ССВД максимальные эквивалентные напряжения незначительны по сравнению с аналогичными напряжениями при рабочем давлении на стенки трубопровода, что уменьшает возможность возникновения усталостных напряжений металла.

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Заключение	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Волохов И.В.						
<i>Руковод.</i>		Шадрина А.В.					97	104
<i>Консульт.</i>								
<i>Рук-ль ООП</i>		Брусник О.В.						
					ТПУ гр.3-2Б71Т			

Список использованных источников

1. Адоевский, А.В. Моделирование работы нефтепроводов, оборудованных системами сглаживания волн давления: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.19 / Адоевский Александр Валентинович. – М., 2011. – 170 с.
2. Альтшуль, А.Д. Гидравлические сопротивления / А.Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1982. – 224 с.
3. Адоевский А.В. ССВД как средство защиты магистральных нефтепроводов от волн повышенного давления. Промышленная безопасность и экология, 2010, № 8.
4. Адоевский А.В. Теория для расчета нестационарных процессов в нефтепроводах, оборудованных ССВД. Изв. вузов, Нефть и газ, 2010, № 3.
5. Алиев, Р.А. Трубопроводный транспорт нефти и газа / Р.А. Алиев, В.Д. Белоусов, А.Г. Немудров и др. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1988. – 368 с..
6. Арбузов Н.С. Быстродействующий запорный клапан как альтернативный способ защиты от гидроудара / - Нефтяное хозяйство, №2, 2012, 106 с – 108 с.
7. Арбузов Н.С. Эффективное время закрытия секущей задвижки и гидроудар в трубопроводной системе/ – Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, №4. 2011, 21 с - 23 с
8. Арбузов Н.С., Левченко Е.Л., Лурье М.В. Защита нефтепроводов от гидроударных явлений системами сглаживания волн давления. — «Нефтяное хозяйство», 2010, №12.
9. Бабин Л. А., Быков Л. И. «Типовые расчеты по сооружению трубопроводов». – М.: Недра, 1979.

					Обоснование необходимости применения и организация работы системы защиты нефтепроводов от гидроударных явлений					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Список используемых источников					
<i>Разраб.</i>	Волохов И.В.							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руковод.</i>	Шадрина А.В.								98	104
<i>Консульт.</i>								ТПУ гр.3-2Б71Т		
<i>Рук-ль ООП</i>	Брусник О.В.									

10. Бауэман Н. Э. «Автоматическое регулирование давления на входе в магистральный насос при аварийном выключении привода» 1.01.2013.
11. Белоусов В. А., Э.М. Блейхер и др. «Трубопроводный транспорт нефти и газа. – «М.: Недра, 1978.
12. Верушин А.Ю., Рахматуллин Ш.И., Захаров Н.П. О расчете гид-роудара при закрытии шарового затвора в промежутке времени, большем продолжительности фазы. — «Нефтяное хозяйство», 2010, №3
13. Вязунов, Е.В. Быстродействие системы регулирования давления насосной станции при заданной скорости хода регулирующего элемента [Электронный ресурс] / Е.В. Вязунов, А.Ф. Бархатов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. №2. – ежим доступа: http://ogbus.ru/authors/VyazunovEV/VyazunovEV_2.pdf
14. Гинзбург И.П., Гриб А.А. Гидравлический удар реальных жидкостей в сложных трубопроводах. Вестн. ЛГУ, серия математики, физики и химии, № 8, 1954.
15. Голосовкер Б.И., Голосовкер В.И. Исследование переходных процессов в трубопроводе. - «Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов», 1970, №10. с.3-6 с ил.
16. Голосовкер Б.И., Мозгалин Г.А. Система защиты нефтепровода от повышенного давления типа «АРКРОН-ЮОО». «Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов», №2, М., ВНИИОЭНГ, 1980.
17. Гусейн-Заде М.А., Юфин В.А. Методы расчета неустановившегося движения нефтепродуктов и нефтей в магистральных трубопроводах с промежуточными насосными станциями. М., Недра, 1973.
18. Дронговский Ю.М. Технические требования к устройствам защиты трубопроводов от повышения давления при переходных процессах. - «Нефтяное хозяйство», 1973, №9. 50 с.

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		99

19. Зайцев Л.А., Ясинский Г.С. Регулирование режимов магистральных нефтепроводов. - М.: Недра, 1980. – 186с.

20. Кандауров А.А., Новоселов В.Ф. Неустановившееся движение жидкости в трубопроводе при дросселировании потока. - «Нефтяное хозяйство», 1971, № 4.

21. Лепешкин, А.В. Гидравлические и пневматические системы / А.В. Лепешкин, А.А. Михайлин: под общ. ред. Ю.А. Беленкова – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

22. Лурье, М.В. Математическое моделирование процессов трубопроводного транспорта нефти, нефтепродуктов и газа: Учебное пособие. – М.: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. – 336 с

23. Лурье, М.В. Защита магистральных нефтепродуктопроводов от волн повышенного давления встречными волнами разрежения / М.В. Лурье, Е.В. Фериченкова // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 2007. – №6. – С 4-7.

24. Лурье М.В., Адоевский А.В. Моделирование и предварительная настройка систем сглаживания волн давления. Изв. вузов, Нефть и газ, 2009, №6.

25. Перевошиков С.И., Безус А.А. О настройке системы сглаживания волн давления на НПС нефтепроводов. «Нефтяное хозяйство», 1993, №10.

26. Станев В.С., Гумеров А.Г., Гумеров К.М., Рахматуллин Ш.И. Оценка прочности участка магистрального трубопровода с учетом гидроудара.- «Нефтяное хозяйство», 2004, № 4. с. 112-114

27. Станев В.С., Рахматуллин Ш.И. Учет затухания гидроудара в магистральном трубопроводе. «Нефтяное хозяйство», 2003, № 9.

28. Тугунов П. И. «Определение ударного давления в нефтепроводе с газонасыщенной нефтью при переходных режимах». – том 3, 2005.

					Список используемых источников	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

29. Чарный И.А. К теории одномерного неустановившегося движения в трубах и расчету воздушных колпаков и уравнильных башен. Изв. АН СССР, ОТН, № 6, 1938.

30. Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубопроводах. М., «Недра», 1975, 297 с. с ил.

31. Шварц М.Э. Устройство для гашения гидравлических ударов в трубопроводе. Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. М., изд. ЦНИИТЭнефтехим, 1977, № 2, с. 9-12.

32. Штурмин А.Б. Исследование переходных процессов, возникающих при аварийных разрывах трубопроводов. — «Нефтяное хозяйство», 1973, №9.

33. Юфин В.А., Крылов Ю.В. Расчет изменения давления в магистральных нефтепроводах, оборудованных предохранительными клапанами. -«Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов», №10, М., ВНИИОЭНГ, 1975.

34. Ахатов Ш.Н. Транспорт и хранение нефти и газа: Учеб. пособие для вузов. Уфа: Из-до УНИ, 1979, —106с.

35. Министерство экономического развития Российской Федерации. – Режим доступа: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325>.

36. ГОСТ 24856-2014 Арматура трубопроводная. Термины и определения. –М.: Стандартинформ, 2015. – 78 с.

37. Государственная программа Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики» [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ Информационно-правовой портал. – Режим доступа: <http://base.garant.ru/70644238/>.

38. Экономика предприятий нефтяной и газовой промышленности. Учеб- ник под. ред. В.Ф. Дунаева – М.: ООО «ЦентрЛитНефтеГаз», 2004.– 372 с.

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

39. Гумеров, А.Г. Внедрение энергосберегающих технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов / А.Г. Гумеров, К.А. Борисов, А.Ю. Козловский // Нефтяное хозяйство. – 2007. – №3. – С. 85-88

40. СНиП 11-01-95 Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений, М., Минстрой России, 1995 г

41. РД 13.220.00-КТН-575-06. Правила пожарной безопасности на объектах магистральных нефтепроводов. – Введ. 28.12.2006. – Уфа: ИПТЭР, 2006. – 62 с.

42. ГОСТ 12.4.051-87. ССБТ. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 01.07.1988. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 15 с

43. ГОСТ 12.1.012-04. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – Введ. 01.07.2008. – М.: Стандартиформ, 2004. – 16 с.

44. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»; ИСО SR 26000:2011 «Социальная ответственность организации»;

45. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданиях».

46. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

47. СП 52.13330.2011 (от 27 декабря 2010 г.) —Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95"

48. ГН 2.2.5.686-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы»;

49. ППБ 01-03 «Правила пожарной безопасности в Российской Федерации»;

50. ГОСТ 12.1.038-82 «Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»;

					Список используемых источников	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		102

51. РД 153-39.4-114-01 «Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах»
52. ГОСТ 12.0.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»
53. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибрационная безопасность»
54. Постановлением Правительства Российской Федерации от 11 марта 1999 г. № 279 «Об утверждении Положения о расследовании и учете несчастных случаев на производстве»

					Список используемых источников	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

