

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 15.03.02. «Технологические машины и оборудование»
 Отделение школы (НОЦ)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технологический расчет вертикального двухфазного сепаратора

УДК 622.276.8.054.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E41	Воеводин Евгений Олегович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Валитова Е.Ю.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения ООП

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Общекультурные компетенции		
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук для обеспечения полноценной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1; ОК-9; ОК-10)1, Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.	Требования ФГОС (ОК-7; ОК-11; ОК -13; ОК-14, ОК-15), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2, п. 5.2.8 , п. 5.2.10), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля, осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования, уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.	Требования ФГОС (ОК -5; ОК -6; ОК -8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.16), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность.	Требования ФГОС (ОК-4; ПК-9; ПК-10), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Демонстрировать знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на нефтегазовых производствах.	Требования ФГОС (ОК-2; ОК-3; ОК-5; ПК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.12; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности на предприятиях машиностроительного, нефтегазового комплекса и в отраслевых научных организациях.	Требования ФГОС (ОК-14; ОК-15; ОК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Профессиональные компетенции		
P7	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических про-	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

	цессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	
P8	Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий, их узлов, деталей и конструкций	Требования ФГОС (ПК-1; ПК-3; ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.5; п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Способность осваивать вводимое новое оборудование, проверять техническое состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Умение проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.	Требования ФГОС (ПК-18), Критерий 5 АИОР (п.5.2.4, п. 5.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-6; ПК-12; ПК-14; ПК-15; ПК-24), Критерий 5 АИОР (п.5.2.3; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования.	Требования ФГОС (ПК-21; ПК-22; ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.9), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P13	Готовность составлять техническую документацию, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.	Требования ФГОС (ПК-11; ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.7; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Р14	Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности, основанные на систематическом изучении научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, проведении патентных исследований.	Требования ФГОС (ПК-17; ПК-19; ПК-20; ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4; п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р15	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в нефтегазовом производстве.	Требования ФГОС (ПК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.8; п. 5.2.14), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 15.03.02. «Технологические машины и оборудование»
 Отделение школы (НОЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4E41	Воеводин Евгений Олегович

Тема работы:

Технологический расчет вертикального двухфазного сепаратора
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1007/с от 08.02.2019
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.05.19
--	----------

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><i>Объектом исследования является сепарация нефти в вертикальном двухфазном сепараторе.</i></p> <p><i>Годовая мощность установки по товарной нефти – 2,0 млн. т/год;</i></p> <p><i>Годовая продолжительность работы установки – 350 (8400) дней (ч);</i></p> <p><i>Обводненность сырой нефти – 40% масс;</i></p> <p><i>Содержание воды в товарной нефти (I группа) – 0,2 % масс;</i></p> <p><i>Давление – 0,8 МПа;</i></p> <p><i>Температура нефти – 10 °С;</i></p> <p><i>Химический состав: CO₂ – 0,81%; N₂ – 0,44%; CH₄ – 23,01%; C₂H₆ – 4,15%; C₃H₈ – 8,27%; i-C₄H₁₀ – 1,52%; n-C₄H₁₀ – 5,71%; i-C₅H₁₂ – 2,12%; n-C₅H₁₂ – 3,53% .</i></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>	<p><i>Актуальность темы с позиций технико-экономического обоснования;</i></p> <p><i>Физические основы процесса сепарации нефти;</i></p> <p><i>Факторы, влияющие на эффективность процесса сепарации;</i></p> <p><i>Основные функциональные элементы сепараторов, типы, их конструкции и принцип действия;</i></p> <p><i>Вертикальный двухфазный сепаратор, его конструкция и принцип действия;</i></p> <p><i>Выбор и расчет основного аппарата по сепарации нефти.</i></p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Трубникова Наталья Валерьевна</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Старший преподаватель</p>	<p>Валитова Е.Ю.</p>			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-4E41</p>	<p>Воеводин Евгений Олегович</p>		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4E41	Воеводин Евгений Олегович

Школа	ИШПР	Отделение	ОНД
Уровень образования	Бакалавр	Направление	15.03.02 «Технологические машины и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<p><i>Материально-технические:</i></p> <p><i>1. Материальные затраты -43000 руб.;</i></p> <p><i>2. Зарплата исполнителей, включая социальные отчисления – 238641,1руб.</i></p> <p><i>Человеческие ресурсы – 2 человека.</i></p> <p><i>Бюджет НИИ – 326703,7 руб.</i></p>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда: 1,3 - районный коэффициент; 0,13 – коэффициент дополнительный заработной платы на стадии проектирования.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Обязательные отчисления согласно Налоговому кодексу РФ: в ПФ – 21%; в ФСС – 2,4%; в ФФОМС – 3,7%.</i> <p><i>Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений: 27,1%.</i></p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<p><i>1. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования;</i></p> <p><i>2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;</i></p> <p><i>3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.</i></p>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<p><i>Бюджет научно – технического исследования (НИИ)</i></p> <p><i>1. Структура работ в рамках научного исследования.</i></p> <p><i>2. Определение трудоемкости выполнения работ.</i></p> <p><i>3. Разработка графика проведения научного исследования.</i></p> <p><i>4. Бюджет научно-технического исследования.</i></p> <p><i>5. Основная заработная плата исполнительской темы.</i></p> <p><i>6. Дополнительная заработная плата исполнительской темы.</i></p> <p><i>7. Отчисление во внебюджетные фонды.</i></p> <p><i>8. Формирование бюджета затрат научно-</i></p>

	<i>исследовательского проекта.</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. <i>Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки</i> 2. <i>Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений;</i> 2. <i>Матрица SWOT;</i> 3. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований;</i> 4. <i>Альтернативы проведения НИ;</i> 5. <i>График проведения и бюджет НИ.</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Трубникова Наталья Валерьевна	д.и.н. доц.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E41	Воеводин Евгений Олегович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Е41	Воеводину Евгению Олеговичу

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	ОНД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудования нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>Рабочая зона - нефтегазоперерабатывающее предприятие (операторная и площадка обслуживания). Работы производятся круглогодично.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>СанПиН 2.2.4.548-96; СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96; ГОСТ Р 52797.1-2007; СП 51.13330.2011; СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96; . ГОСТ 12.1.012-2004; ГОСТ 12.0.003-2015; СП 52.1330.2016; ГОСТ Р.22.0.02.-94; ПБ 03-576-03.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с обрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отклонение показателей климата; 2. Воздействие производственного шума; 3. Воздействие вибрации; 4. Недостаточная освещенность.
<p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты) 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Пожар или взрыв аппарата, работающего под давлением; 2. Поражение электрическим током; 3. Термические ожоги;

ты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	4. Присутствие вредных веществ в воздухе.
2. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Негативные воздействия на окружающую природную среду - загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы. Комплекс мер по охране окружающей среды.
3. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Чрезвычайные ситуации: 1. Техногенного характера - пожары; взрывы паровоздушных смесей; разливы сильнодействующих ядовитых веществ; отключение электроэнергии; отключение тепла и воды. 2. Природного характера - лесные и торфяные пожары; сильные морозы (ниже -40 °С); метели и снежные заносы; ураганные ветры. Анализ возможных чрезвычайных ситуаций. Мероприятия по предотвращению химического заражения, возникновению пожара или взрыва.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Права работника согласно Трудовому кодексу Российской Федерации. Организационные мероприятия: - обеспечения рабочего места инструментами и расходными материалами; -изоляция от превышающих норм избытка тепла, пыли, влаги и вредных токсических газов; -освещения, вентиляция, шумоизоляция и пожарная безопасность.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Е41	Воеводин Е.О.		

Реферат

Пояснительная записка состоит из 96 страниц набранного текста, 47 таблиц, 17 рисунков, 31 литературных источников.

Ключевые слова: нефть, сепарация, сепаратор, двухфазный, газ.

Объектом исследования является сепарация нефти в вертикальном двухфазном сепараторе.

Цель работы: исследовать процесс сепарации, по заданным параметрам произвести расчет вертикального двухфазного сепаратора, сделать соответствующие выводы.

В процессе исследования были выполнены следующие задачи:

- рассмотрение теоретических основ технологии сепарации;
- анализ существующих технологий;
- анализ конструкций технологических установок;
- расчет основных технологических параметров двухфазного сепаратора.

Условные обозначения

УГЖС – углеводородная газожидкостная смесь

НГС – нефтегазовый сепаратор

ТПУ – Томский Политехнический Университет

тех. задание – техническое задание

НИР – Научно-исследовательская работа

ФСЖ – фильтр сетчатый жидкостный

НТИ – научно-техническое исследование

Р – руководитель

Д – дипломник

ТК РФ – Трудовой Кодекс Российской Федерации

ФСС – Фонд Социального Страхования

ПФ – Пенсионный Фонд

ФФОМС – Федеральный Фонд Обязательного Медицинского Страхования

ФЗ – Федеральный Закон

ПУЭ – Правила устройства электроустановок

ГОСТ – Государственный стандарт

СН – Санитарные нормы

СП – Свод правил

СанПиН – Стандартные правила и нормативы

ПБ – промышленная безопасность

ПДК– предельно допустимая концентрация

УПН – установка подготовки нефти

ЧС– чрезвычайная ситуация

Оглавление

Введение.....	16
1 Литературный обзор.....	18
1.1 Актуальность темы с позиций технико-экономического обоснования...	18
1.2 Процесс сепарации.....	21
1.2.1 Физические основы процесса сепарации нефти.....	21
1.2.2 Факторы, влияющие на эффективность сепарации.....	22
1.2.3 Основные функциональные элементы сепараторов, типы, их конструкции и принцип действия.....	25
1.2.4 Вертикальный двухфазный сепаратор.....	32
1.2.5 Выбор основного аппарата.....	35
2 Технологический расчет вертикального двухфазного сепаратора.....	37
2.1 Исходные данные для расчета.....	37
2.2 Материальный расчет.....	37
2.3 Тепловой расчет.....	45
2.4 Аппаратурный расчет.....	45
2.4.1 Конструктивный расчет.....	45
2.4.2 Механический расчет.....	49
2.4.2.1 Расчет толщины обечайки.....	49
2.4.2.2 Расчет эллиптического днища и крышки.....	50
2.4.2.3 Подбор штуцеров.....	52
2.4.2.4 Расчет опор.....	56
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	60
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	60
3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	60
3.3 SWOT – анализ.....	62
3.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.....	66

3.5 Планирование научно-исследовательских работ.....	67
3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	67
3.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	68
3.5.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	69
3.5.4 Бюджет научно-технического исследования.....	71
3.5.5 Материальные затраты.....	72
3.5.6 Заработная плата исполнителей темы.....	73
3.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	76
3.5.8 Накладные расходы.....	77
3.5.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта...	77
3.6 Определение ресурсоэффективности проекта.....	78
3.7 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффектив- ность и ресурсосбережение».....	79
4 Производственная безопасность.....	80
4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	80
4.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	80
4.1.2 Воздействие производственного шума.....	82
4.1.3 Воздействие вибрации.....	82
4.1.4 Недостаточная освещенность.....	83
4.1.5 Пожар или взрыв аппарата, работающего под давлением.....	83
4.1.6 Поражение электрическим током.....	83
4.1.7 Термические ожоги.....	84
4.1.8 Присутствие вредных веществ в воздухе.....	84
4.2 Экологическая безопасность.....	85
4.2.1 Защита атмосферы.....	85
4.2.2 Защита гидросферы.....	86
4.2.3 Защита литосферы.....	86
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций.....	87

4.3.2 Мероприятия по предотвращению возникновению пожара или взрыва	88
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	89
4.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность».....	92
Заключение.....	93
Список использованной литературы.....	94

Введение

Перед транспортировкой нефти на нефтеперерабатывающий завод производится ее промысловая обработка. Одним из основных процессов подготовки нефти является разделение углеводородной газожидкостной смеси (УГЖС) в промысловых сепараторах, являющихся частью установки комплексной подготовки нефти. От эффективной работы сепараторов во многом зависит качество промысловой подготовки нефти. [1]

Скважинная продукция – это многофазная, многокомпонентная смесь. Поэтому для рационального использования ее необходимо разделять на фазы. Процесс разделения скважинной продукции на жидкую и газовую фазы называется сепарацией.

Кроме того, в системах подготовки нефти и газа возникает необходимость удаления из нефти и газа определенной группы углеводородов (в газе это тяжелые углеводороды, в нефти – легкие), а также удаления из газа капельной жидкости.

На объектах промыслового сбора, подготовки нефти и газа к транспортировке используются различные аппараты, но наиболее распространенными являются нефтегазовые сепараторы. Именно в этих аппаратах осуществляется процесс сепарации. [2]

Нефтегазовые сепараторы – это сосуды высокого давления, которые предназначены для разделения продукции скважин на газовую и жидкую фазы (двухфазные сепараторы). Кроме того, с помощью сепараторов можно разделять жидкие фазы, которые отличаются друг от друга плотностями (трехфазные сепараторы). Например, отделять от нефти воду. Они являются важнейшими элементами промысловых систем сбора нефти и газа и предназначены обеспечить эффективное разделение скважинной продукции. [2]

В системах сбора и подготовки нефтегазовые сепараторы используются: – на ступенях концевой, горячей и вакуумной сепарации, а также в качестве специальных секций или встроенных узлов в аппаратах, совмещающих нагрев, обезвоживание и обессоливание нефти с ее сепарацией;

- перед компрессорными машинами и после них для уменьшения содержания капельной жидкости и механических примесей в поступающем и выходящем газах;
- после колонн различного назначения для отделения верхнего продукта. [1]

Однако используемые в настоящее время двухфазные нефтегазовые сепараторы обладают недостаточно высокой производительностью по газу, а газовыделение в них недостаточно эффективно.

Таким образом, повышение производительности сепаратора по газу является актуальной.

В связи с этим, целью данной работы является технологический расчёт вертикального двухфазного нефтегазового сепаратора, чтобы повысить производительность по газу при сохранении массогабаритных параметров аппарата.

1 Литературный обзор

1.1 Актуальность темы с позиций технико-экономического обоснования

Материальное исполнение сепараторов зависит от климатических условий и представлено в таблице 1. [3]

Таблица 1 – Материальное исполнение сепараторов

Наименование сборочных единиц и деталей	Исполнение по материалам	
	Средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С	
	до -40	до -60
	Марка материала	
Корпус, днища, опорные листы	Сталь 16ГС-6	Сталь 09Г2С-8
Опоры	Вст3пс4	Сталь 09Г2С-8
Фланцы	Сталь 20	Сталь 09Г2С Сталь 10Г2
Патрубки	Сталь 16ГС-6 Сталь 20	Сталь 09Г2С-8 Сталь 10Г2
Заглушки	Сталь 16ГС-6	Сталь 09Г2С-8
Прокладки штуцеров,	Паронит, спирально-навитые, асбометаллические	

Допускается применение других марок сталей и других материалов (паронита, материала наполнителя спирально -навитых прокладок, материала оболочек асбометаллических прокладок) в зависимости от условий эксплуатации – расчетное давление, рабочая среда, температура (таблица 2).

Таблица 2 – Основные технические параметры сепараторов типа НГС

Шифр аппарата	Объем, м ³	D _B , мм	L, мм	Объемная производительность	
				по нефти м ³ /ч	по газу, м ³ /ч
НГС 0,6-1200	6,3	1200	6511	20-100	20700
НГС 1,0-1200			6511		23300
НГС 1,6-1200			6545		31400

Компания «Weatherford» (Швейцария) выпускает двухфазные сепараторы, которые предназначены для разделения нефти и газа. Для подготовки и дальнейшей переработки нефти и газа, сепараторы выпускаются в различных комбинациях, в зависимости от заданных условий эксплуатации (таблица 3). [4]

Таблица 3 – Технические параметры сепаратора TS-1440-42-10-Н

Расчетное давление при t=50°C, МПа	9,928
Рабочая температура, °С	-29...+121
Максимальное рабочее давление при t=12 °С, МПа	9,170
Максимальная производительность по жидкости, м ³ /сут	2385
Максимальная производительность по газу, м ³ /сут	2124000
Условия эксплуатации	H ₂ S/CO ₂
Размеры, (Д x Ш x В, м)	6,058x2,438x 2,591
Масса пустого сепаратора, (кг)	15000

Сепараторы компании «Surface Equipment Corporation» (США). Компания «Surface Equipment Corporation» специализируется на оборудовании для добычи нефти и газа, и предоставляет широкий спектр двух- и трехфазных сепараторов. Эти сепараторы высокого давления доступны в вертикальных и горизонтальных конфигурациях, с широким диапазоном параметров и мощностей (таблица 4). [5]

Таблица 4 – Технические параметры сепараторов «SEC»

Максимальное давление, кПа	от 4,96 до 9,92
Рабочая температура, °С	-20...+48
Максимальная производительность по жидкости, м ³ /сут	780-2910
Максимальная производительность по газу, м ³ /сут	169902-1308245
Длина, м	7,315-14,63
Диаметр, м	3,048
Масса сепаратора, кг	15200-46900

Сепараторы компании «Tetra Technologies» (США). Компания «Tetra Technologies» ориентирована на изготовления оборудования для добычи нефти

и газа, как на воде, так и на суше, а также на тестирование оборудования для разработки прогрессивных решений по улучшению производительности. Горизонтальные сепараторы выпускаются в двух комплектациях: стандартного и высокого давлений (таблица 5). [6]

Таблица 5 – Технические параметры сепараторов «Tetra Technologies»

Характеристика	Стандартное давление			Высокое давление	
Рабочее давление, МПа	9,928			13,962	
Рабочая температура, °С	-29...+48			-29...+93,33	
Размер блока, м	9 x 3	11 x 3	12,8 x 3,6	11 x 3	14,63 x 3,6
Производительность по газу, м ³ /сут	1274265	1557435	2265360	1840605	2973285
Производительность по жидкости, м ³ /сут	795	954	2385	1272	2703
Размеры сосуда, (Д x Ш x В), м	6,46x2,17x2,31		5,79x2,31 x 2,53	6,46 x 2,17 x 2,43	5,79 x 2,31 x 2,53
Вес, кг	15000	20000	36000	30000	52000

За сравнение были выбраны сепараторы различных производителей с приблизительно одинаковыми размерными параметрами (таблица 6).

Таблица 6 – Сравнительная характеристика сепараторов

Производитель	Технопарк	Weatherford	Surface Equipment Corporation	Tetra Technologies
Страна производитель	РФ	Швейцария	США	США
Марка	НГС 6,3-1200	TS-1440-42-10-Н	-	-
Максимальное давление, МПа	6,3	9,928	4,96	13,96
Диапазон рабочих температур, °С	-60...+63	-29...+121	-20...+48	-29...+93
Производительность по газу, м ³ /сут	1797600	2124000	1308245	2973285
Производительность по жидкости, м ³ /сут	2400	2385	1845	2703

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод, что зарубежные сепараторы компании «Tetra Technologies» имеют небольшие преимущества по сравнению с отечественными, так как они обладают большей производительностью по газу и жидкости. Но эти сепараторы не рассчитаны на низкие температуры в отличие от отечественного образца.

Таким образом, в результате изучения и оценки существующих конструкций двухфазных нефтегазовых сепараторов по учебной, справочно-нормативной, научно-технической и патентной информации установлено, что наиболее распространенным видом двухфазных сепараторов являются горизонтальные сепараторы.

Однако, не смотря на все свои достоинства и на развитие нефтегазодобывающей промышленности, двухфазные горизонтальные нефтегазовые сепараторы не обладают достаточной эффективностью, так как они имеют недостаточно высокую производительность по газу. А ее увеличение достигается, зачастую, путем увеличения размеров сепаратора. Кроме того, выделение газа из газожидкостной смеси в них происходит недостаточно эффективно. [1]

1.2 Процесс сепарации

1.2.1 Физические основы процесса сепарации нефти

Для того чтобы сделать вывод о влиянии физико-химических параметров на процесс сепарации, необходимо рассмотреть, какие физические процессы происходят при проведении сепарации.

Нефти большинства месторождений недонасыщены газом, поэтому выделение газа происходит при снижении давления $P_{до}$ давления насыщения $P_{нас}$. Выделение газа из нефти начинается в стволе скважины вследствие падения давления по длине колонны труб и продолжается в промысловых трубопроводах и технологических аппаратах (сепараторах, отстойниках, резервуарах и т.д.). Дегазация нефти сопровождается следующими процессами: зарождением, формированием и выделением газовой фазы в виде пузырьков и

распределением компонентов (как углеводородных, так и не углеводородных) между жидкой и газовой фазами. Оба процесса протекают одновременно и оказывают влияние друг на друга. [1]

1.2.2 Факторы, влияющие на эффективность процесса сепарации

На эффективность сепарации значительное влияние оказывают физико-химические свойства обрабатываемых продуктов и параметры процесса: температура и давление газожидкостной смеси, размер частиц капельной жидкости и концентрация их в газе, скорость газожидкостной смеси, поверхностное натяжение системы «газ - жидкость». Остановимся отдельно на каждом из этих факторов.

1. Температура и давление. В процессах промышленного сбора нефти и газа, подготовки к транспорту и переработки возможны совместное движение или обработка указанных фаз, являющихся составными элементами многофазной системы (нефтегазоводяной смеси). Однако в процессе движения многофазной системы по технологической цепи промышленных сооружений наступает момент, когда дальнейшее совместное перемещение фаз либо проведение основного процесса становится нерациональным или практически невозможным. При этом необходимо отделить жидкую фазу от газовой.

Для определения условий газожидкостного равновесия используются законы Рауля и Дальтона, согласно которым константа равновесия характеризуется отношением молярных долей компонента в равновесных газовой и жидкой фазах или отношением парциального давления компонента к общему давлению системы. Отсюда следует, что с увеличением давления системы уменьшается молярная концентрация компонента в газовой фазе при одновременном ее возрастании в жидкой. Температура влияет на процесс в обратном направлении: с повышением температуры растет давление паров (следовательно, и молярная концентрация компонента) в газовой фазе при соответственном ее уменьшении в жидкой фазе.

Таким образом, законы Дальтона и Рауля раскрывают физическую сущность процессов, происходящих при сепарации под влиянием изменения основных параметров – давления и температуры.

Одновременно необходимо учитывать, что с повышением давления плотность и вязкость газа увеличиваются, в то время как плотность твердых и жидких частиц, содержащихся в газе, остается постоянной. Поэтому скорость осаждения твердых и жидких частиц под действием силы тяжести с увеличением давления уменьшается. Однако увеличение давления неодинаково влияет на сепарацию газа от твердых и жидких частиц. Если отделение твердых частиц с увеличением давления всегда ухудшается, то для жидких частиц при этом возникают сложные явления, которые не поддаются учету. В самом деле, при повышении давления испарение жидкости уменьшается, а возможность конденсации паров, находящихся в газе, увеличивается, вследствие чего размеры жидких частиц также должны увеличиваться. Возможно, при определенном давлении наступит равновесие испарения и конденсации жидких капель. Изменение давления может существенно изменить и удельный объем газа. При повышении давления возможность слияния капелек жидкости возрастает, и эффективность сепарации соответственно также должна повыситься. При повышении температуры плотность газа уменьшается, а вязкость увеличивается. Поэтому скорость осаждения сравнительно крупных частиц (твердых) будет увеличиваться за счет уменьшения плотности газа, а скорость осаждения мелких частиц будет уменьшаться за счет увеличения вязкости. Для частиц жидкости явления, вызываемые изменением температуры и давления газа в сепараторе, гораздо сложнее, так как они в этом случае могут как конденсироваться, так и испаряться.

Следовательно, при повышении давления сепарации коэффициент уноса газа – увеличится. Это хорошо иллюстрируется рисунком 1.

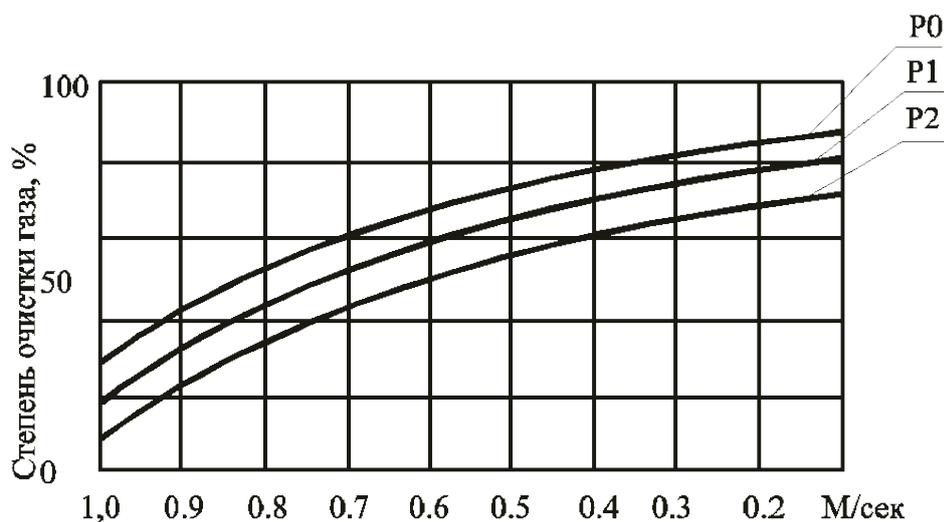


Рисунок 1 – Степень очистки газа от жидкости и твёрдых частиц в зависимости от скорости газа и давления

Таким образом, анализ влияния изменения температуры и давления газа на сепарацию показывает, что для отделения твердых частиц наиболее благоприятны низкое давление и высокая температура, а для отделения жидких частиц, наоборот, высокое давление и низкая температура.

2. Размер взвешенных частиц и их концентрация в газе. При сепарации газа от жидкости последняя может находиться как в пленочном, так и в капельном состоянии, причем размеры капель могут изменяться от тысячной доли микрометра до миллиметра и более. Взвешенные в газе частицы, диаметр которых меньше 2 мкм, обычно считаются перманентными суспензиями из-за чрезвычайно низких скоростей оседания, а также вследствие того, что они невидимы невооруженным глазом. При сепарации большое значение имеют концентрация частиц жидкости в единице объема газа и общее количество жидкости, поступающей в сепаратор.

3. Поверхностное натяжение. Размер частиц жидкости в газе, образованных механическим перемешиванием, изменяется обратно пропорционально поверхностному натяжению, т. е. чем больше поверхностное натяжение системы «газ - жидкость», тем меньше размер капелек жидкости и наоборот. Поверхностное натяжение также значительно влияет на прочность жидкостных пленок. Известно, что чем меньше поверхностное натяжение

системы «жидкость - твердое тело», тем легче потоку газа разрушить жидкостную пленку на мельчайшие капельки, которые могут быть вынесены из сепаратора.

Обычно при сепарации в промышленных условиях поверхностное натяжение изменяется незначительно и не оказывает существенного влияния на эффективность сепарации. Однако в лабораторных условиях его всегда следует учитывать. Нельзя распространять результаты опытов, проведенных с воздушно-водяными смесями, на промышленные условия сепарации. Существенную роль в процессе сепарации играет скорость газа. Для гравитационных сепараторов уменьшение скорости газа ведет всегда к повышению эффективности их работы. Для инерционных сепараторов повышение скорости (до определенного предела) ведет к увеличению эффективности. [8]

1.2.3 Основные функциональные элементы сепараторов, типы, их конструкции и принцип действия

В сепараторах любого типа различают следующие 4 секции:

1. Основная сепарационная секция предназначена для отделения основной части жидкости (нефти, газового конденсата, воды) от входящего газожидкостного потока. Для обеспечения высокоэффективной предварительной сепарации и равномерного распределения потока по сечению аппарата применяют конструктивные устройства:

- тангенциальный ввод потока, при котором жидкость под действием центробежной силы отбрасывается к стенке сосуда и стекает по ней, а газ распределяется по сечению аппарата и выводится;
- отражательные устройства (пластины прямоугольной или круглой формы, полусферы), устанавливаемые на входе в сепаратор;
- встроенный циклон, устанавливаемый на входе в горизонтальный сепаратор;

– конструкции, позволяющие осуществить отдельный ввод газа и жидкости в сепаратор.

2. Осадительная секция. В этой секции в газонефтяных сепараторах происходит дополнительное выделение пузырьков газа из жидкости. В газовых сепараторах жидкость в данной секции отделяется под действием гравитационных сил, а газ движется в сосуде с относительно низкой скоростью.

3. Секция сбора жидкости служит для сбора жидкости, из которой почти полностью в предыдущих секциях выделился газ при температуре и давлении в сепараторе. Однако некоторое количество газа в ней имеется. Для сепараторов объем данной секции выбирают так, чтобы он позволил удержать отсепарированную жидкость в течение времени, необходимого для выхода пузырька газа на поверхность и вторичного попадания в газовый поток.

4. Секция каплеулавливания предназначена для улавливания частиц жидкости в уходящем из сепаратора газе. Секция состоит обычно из отбойных устройств (насадок) различного вида – керамических колец, жалюзи, пакетов из плетеной проволочной сетки и т. д. Критерием эффективности отделения капельной жидкости от газа является величина удельного уноса жидкости, которая должна находиться в пределах от 10 до 50 мг/м³ газа.

Эффективность работы отбойных насадок зависит от нескольких факторов, основными из которых являются: допустимая скорость набегания газа, определенное количество жидкости, поступающей с газом, равномерная загрузка насадки по площади ее поперечного сечения.

Кроме функций, выполняемых описанными секциями, в конструкциях сепараторов должны предусматриваться элементы, предотвращающие образование пены и гасящие ее, а также снижающие вредное влияние пульсации газожидкостного потока на сепарацию жидкости и газа. [1]

Эффективность сепарации зависит от внутреннего устройства сепаратора. Многие устройства, позволяющие значительно улучшить эффективность сепарации являются запатентованными. [8]

Как уже было показано ранее, входные перегородки устанавливаются на

входе в сепаратор; на них происходит резкое изменение импульса и направления движения многофазного потока. Входная перегородка может представлять собой плоскую пластину, швеллер из конструкционной стали, сферическую тарелку или конус (рисунок 2).

Последние два варианта создают меньше помех, чем пластины или угловые профили, их использование снижает возможность возникновения проблем повторного уноса жидкости и образования эмульсий. [8]

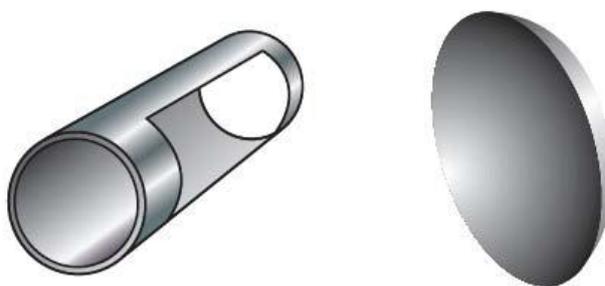


Рисунок 2 – Входная перегородка

Также получили распространение центробежные входные устройства. В частности компания Kvaerner Process Systems разработала двухцилиндровое входное устройство. При использовании данного оборудования происходит снижение образования пены и улучшение распределения подаваемого флюида. Центробежные устройства могут быть установлены на входном патрубке горизонтального или вертикального резервуара и могут быть особенно действенны для улучшения пропускной способности газа через сепараторы для нефти с высоким газовым фактором (рисунок 3). [8]

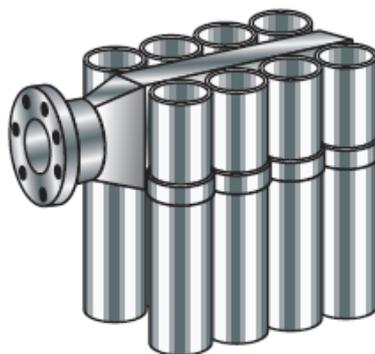


Рисунок 3 – Центробежное входное устройство

Волнорезы представляют собой вертикальные перегородки, установленные в горизонтальных аппаратах перпендикулярно потоку, для увеличения разрыва между газом и жидкостью.

Образование пены в газовой фазе может привести к избыточному уносу жидкости в газовую фазу. Существует набивочный материал, который может быть помещен на пути выхода газовой фазы. Он ограничивает поток и создает дополнительную площадь поверхности, что способствует распаду пены.

Каплеотбойники устанавливаются для удаления мелких капелек жидкостного тумана из газа и сокращения уноса жидкости в отходящий газ. На сегодняшний день наибольшее применение получили сетчатые и лопастные каплеотбойники. [8]

В лопастном каплеотбойнике (рисунок 4) газ проходит ламинарным потоком через параллельные пластины, которые изменяют своё направление.

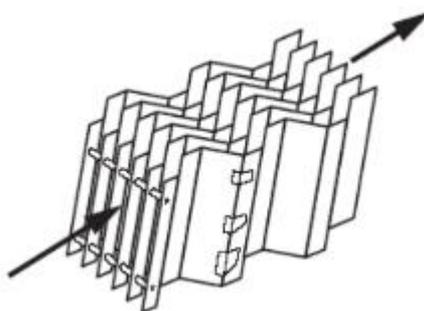


Рисунок 4 – Лопастной каплеотбойник

Кинетическая энергия жидкостного тумана меняется, вызывая столкновение и слияние капель на стенках лопастей. Жидкость стекает по

стенкам и собирается в нижней части ёмкости. Лопастные сепараторы являются высоко эффективными внутрикорпусными устройствами и менее подвержены засорению по сравнению с сетчатыми каплеотбойниками. [8]

Сетчатые каплеуловители изготавливаются из сетки обычно 0,05–0,5 мм в диаметре (рисунок 5). При использовании устройств подобного рода, особое внимание следует уделить скорости прохождения газа. Слишком маленькая скорость не позволит каплям жидкости сталкиваться и сливаться, а чрезмерная скорость приведет к повторному уносу капель. Сетчатые каплеуловители недорогие, однако, подвержены засорению. В связи с этим они не пригодны для обработки газа, содержащего твердые частицы, тяжелые фракции нефти или парафины. Кроме того, сетчатые каплеуловители эффективно работают только в определенном диапазоне расходов газа.

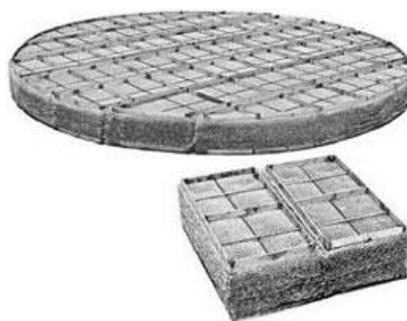


Рисунок 5 – Сетчатый каплеуловитель

Обычно, в каплеуловителях лопастного или сетчатого типа достигается 99,9% удаление капель нефти размером до 10 микрон. Западные производители обычно гарантируют уменьшение объема уносимой жидкости в обрабатываемом газе до 12мг/м^3 . Российские поставщики гарантируют, что объем уносимой жидкости в сепараторах, оборудованных каплеуловительными элементами, не превысит 30мг/м^3 . [8]

На выходе из аппарата может происходить образование завихрений на выходе из аппарата. Эти завихрения препятствуют процессу сепарации и способствуют уносу газа в выпускное отверстие для жидкости. Образование завихрений можно предотвратить с помощью поддержания соответствующего уровня жидкости выше выпускного штуцера, а также с помощью установки

гасителей завихрений. Обычно, требуется минимальный уровень жидкости, равный $2D$, для разделения газ/жидкость и $3D$ для разделения жидкость/жидкость, где D – диаметр выходного штуцера. Несколько типов антизавихрителей представлены на рисунке 6.

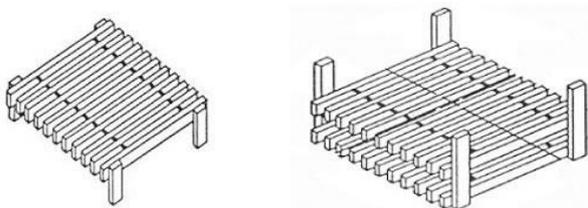


Рисунок 6 – Антизавихрители

Следует отметить ряд конструктивных особенностей сепараторов российской конструкции. Они обладают следующими конструктивными особенностями:

- конструкция входной трубы для предварительного дегазирования нефти;
- наличием трубы для образования капель, активизирующей их слияние до осаждения;
- конструкцией аппаратов, препятствующих уносу газа, устанавливаемых над основным сепаратором.

В настоящее время нефтяная промышленность широко развивается и сейчас рынок нефтегазового оборудования насчитывает множество различных видов сепараторов, которые можно классифицировать по различным признакам.

Основными функциями сепараторов являются:

- грубое разделение газожидкостной смеси на газ и жидкость;
- удаление из газа капельной жидкости;
- удаление пузырьков газа из жидкости.

К вспомогательным функциям относятся:

- поддержание оптимального давления;
- поддержание заданного уровня жидкости.

Классификация сепараторов по основным функциональным и конструктивным признакам представлена на рисунке 7. [2]

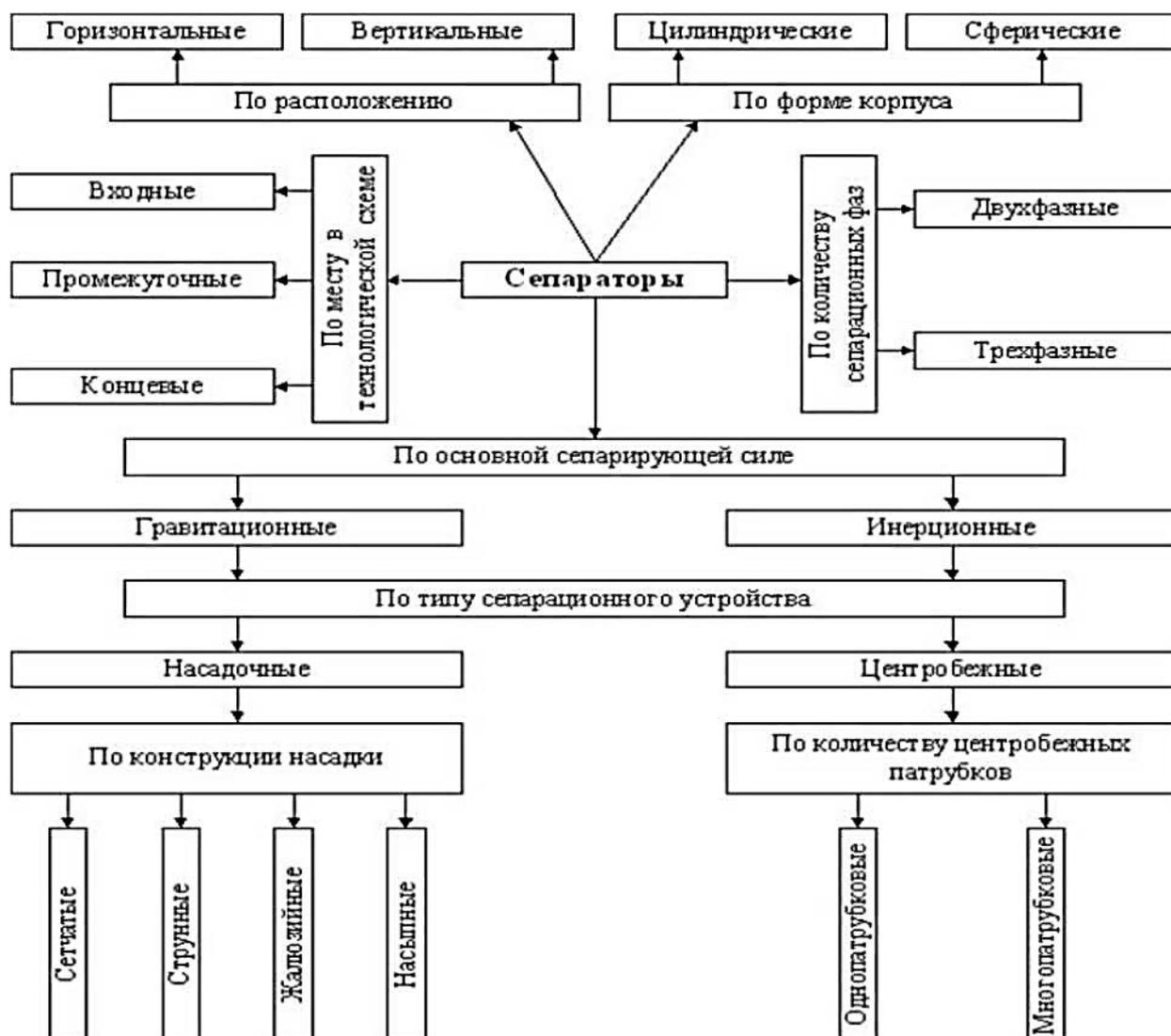


Рисунок 7 – Классификация сепараторов по основным функциональным и конструктивным признакам

По характеру действующих сил сепараторы подразделяют:

- гравитационные – разделение происходит из-за разности плотностей жидкости и газа или твердых частиц;
- насадочные – фазы разделяются за счет сил тяжести и инерции;
- центробежные – разделение фаз происходит за счет центробежных и инерционных сил.

По месту в технологической схеме делятся на – входные, промежуточные и концевые.

По рабочему давлению сепараторы делятся на – высокого давления (6 МПа); среднего давления (2,5 - 4 МПа); низкого давления (до 0,6 МПа).

По количеству сепарационных фаз: двухфазные и трехфазные.

По форме корпуса нефтегазовые сепараторы могут быть в форме цилиндра или шара, а по углу наклона к поверхности земли – горизонтальными, вертикальными и наклонными. [2]

1.2.4 Вертикальный двухфазный сепаратор

Вертикальные сепараторы имеют меньшую производительность по газу и жидкости, но позволяют проще удалять из аппарата механические примеси. В них легче осуществляется регулирование уровня жидкости, очистка от отложений твёрдого парафина. Вертикальные сепараторы занимают меньшую площадь, обеспечивают более высокую точность замеров расхода жидкости в широком диапазоне нагрузок.

На рисунке 8 приведена принципиальная схема вертикального сепаратора.

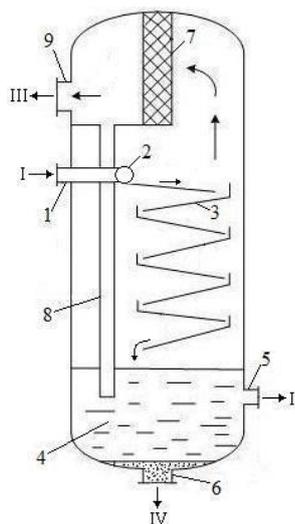


Рисунок 8 – Схема вертикального сепаратора:

- I – нефтегазовая смесь; II – дегазированная нефть; III – газ; IV – механические примеси;
- 1 – штуцер ввода сырья; 2 – распределительный коллектор; 3 – наклонные полки;
- 4 – секция сбора нефти; 5 – штуцер вывода нефти; 6 – штуцер вывода мехпримесей;
- 7 – жалюзийный каплеуловитель; 8 – дренажная труба; 9 – штуцер вывода газа

Сепаратор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат. Нефтегазовая смесь (рисунок 8) под давлением поступает через штуцер 1 к раздаточному коллектору 2, из которого смесь попадает на наклонные полки 3, увеличивающие время стекания нефти и создающие большую площадь выделения пузырьков газа.

Дегазированная нефть стекает в секцию 4, где происходит отделение механических примесей. Нефть выводится через штуцер 5, механические примеси (песок, грязь и т.д.) – через штуцер 6.

Основной поток газа вместе с мельчайшими капельками нефти поднимается вверх и поступает в жалюзийный каплеуловитель 7, в котором происходит «захват» (прилипание) капелек жидкости. Уловленная жидкость затем стекает плёнкой по дренажной трубе 8 в секцию 4. Газ через штуцер 9 выводится из сепаратора.

На рисунке 9 показана схема ввода сырья в сепаратор. Нефтегазовая смесь через штуцер 1 поступает в раздаточный коллектор 2 в виде горизонтальной глухой трубы со щелевым выходом внизу. Через эту щель смесь поступает на наклонную полку по всей её ширине.

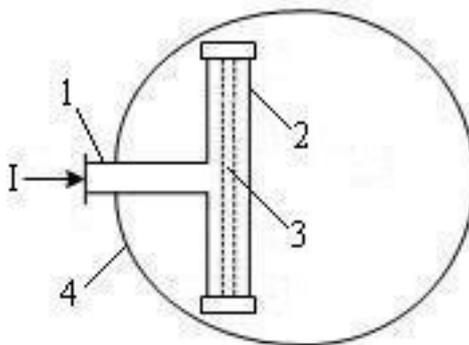


Рисунок 9 – Схема узла ввода сырья в сепаратор:

I – нефтегазовая смесь; 1 – штуцер ввода сырья; 2 – раздаточный коллектор;
3 – щель для выхода нефтегазовой смеси; 4 – корпус сепаратора

Недостатками вертикальных сепараторов являются меньшая производительность по сравнению с горизонтальными сепараторами при одном и том же диаметре, более низкая эффективность сепарации и меньшая устойчивость процесса сепарации для пульсирующих потоков. [8]

Однако у них есть преимущества, из-за которых, в некоторых случаях, предпочтение может быть отдано вертикальным сепараторам, а именно:

- горизонтальные сепараторы не столь эффективно, как вертикальные, работают с потоками, содержащими механические примеси;
- горизонтальный сепаратор должен быть оборудован несколькими дренажными линиями, проведенными по всей его длине. Поскольку угол естественного откоса для механических примесей составляет от 45° до 60° , дренажные отверстия необходимо разместить с очень небольшим шагом. Установка струйных насадок для размыва песка около каждого дренажного отверстия с целью увеличения шага размещения требует больших затрат и не показывает высокой эффективности при практическом применении;
- горизонтальные сепараторы занимают большую площадь, чем вертикальные с такой же производительностью. Этот фактор может не иметь большого значения на суше, но на морских месторождениях он играет очень важную роль;
- горизонтальные сепараторы меньше по размеру, чем вертикальные. Поэтому они не могут принимать таких больших жидкостных пробок, как вертикальные с такой же производительностью в установившемся режиме. При заданном изменении уровня жидкости изменение объема жидкости в горизонтальном сепараторе обычно бывает больше, чем в вертикальном, рассчитанном на такой же расход. Однако геометрия горизонтального сепаратора такова, что датчик высокого уровня приходится ставить близко к нормальному рабочему уровню. В горизонтальных сепараторах очень большого диаметра (более 1,8 м) и в вертикальных сепараторах датчик высокого уровня можно установить намного выше, благодаря чему обеспечивается намного большее допустимое время реакции регулятора уровня на приход жидкостной пробки. Кроме того, пульсации потока в горизонтальном сепараторе могут привести к появлению волн и преждевременному срабатыванию датчика высокого уровня.

Следует отметить, что вертикальные сепараторы также имеют еще ряд недостатков, которые следует учитывать в процессе выбора, а именно:

- могут возникнуть трудности с обслуживанием предохранительного клапана и некоторых других устройств без специальных лестниц и платформ.
- может потребоваться демонтаж сепаратора из сепараторного блока для его перевозки ввиду ограничений по высоте. [8]

1.2.5 Выбор основного аппарата

На основе приведенного выше обзора принимаем двухфазный сепаратор вертикального типа с сетчатым каплеуловителем.

Вертикальные сепараторы имеют меньшую производительность по газу и жидкости, но позволяют проще удалять из аппарата механические примеси. В них легче осуществляется регулирование уровня жидкости, очистка от отложений твёрдого парафина. Вертикальные сепараторы занимают меньшую площадь, обеспечивают более высокую точность замеров расхода жидкости в широком диапазоне нагрузок.

Данный вид конструкции позволяет достичь удаления жидкости из газа до 99,9% содержащихся в ней молекул воды. Это достигается путем прохождения потока газожидкостной смеси через узел входа, где уже на первой стадии мы наблюдаем образование капель жидкости при входе в сепаратор и как следствие, происходит завихрение потока газа. Газ, в свою очередь, направляется в верхнюю часть сепаратора, проходя через сетчатый каплеуловитель, который изготавливают с применением сетчатого гофрированного рукава выполненный в виде сетки, обычно 0,05...0,5 мм в диаметре, где и остаются мельчайшие частицы влаги.

Известно, что в каплеуловителях сетчатого типа достигается удаление до 90% капель нефти содержащейся в газе размером до 10 микрон. Западные производители обычно гарантируют уменьшение объема уносимой жидкости в обрабатываемом газе до 12мг/м^3 . Предполагается, что объём уносимой жидкости в сепараторах, оборудованных каплеуловительными элементами, не

превысит 30 мг/м^3 . [7]

В связи с этим оптимальным оборудованием для данного процесса сепарации будет являться сепаратор вертикального типа с сетчатым каплеуловителем.

2 Технологический расчет вертикального двухфазного сепаратора

2.1 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Исходные данные

Параметр	Значение
Годовая мощность установки по товарной нефти, млн. т/год.	2,0
Годовая продолжительность работы установки, дней (ч)	350 (8400)
Обводненность сырой нефти, % масс.	40
Содержание воды в товарной нефти, % масс. (I группа)	0,2
Давление, МПа	0,8
Температура нефти, °С	10

Химический состав нефти представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Химический состав нефти

Компонент	CO ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂	Остаток	Итого
% мол.	0,81	0,44	23,01	4,15	8,27	1,52	5,71	2,12	3,53	50,44	100,00

2.2 Материальный расчет

Технологией подготовки нефти предусмотрено, что термодинамические параметры работы соответствует абсолютному давлению и температуре, равных соответственно:

$$P = 0,8 \text{ МПа}; t = 10^\circ\text{C}.$$

Расчеты разгазирования нефти в сепараторах при небольших давлениях (0,4-0,9 МПа) с достаточной для практических целей точностью можно производить по закону Рауля-Дальтона:

$$y_i' = K_i x_i', \quad (1)$$

где y_i' – мольная доля i-го компонента в образовавшейся газовой фазе, находящегося в равновесии с жидким остатком;

x_i' – мольная доля этого же компонента в жидком остатке;

K_i – константа фазового равновесия i -го компонента при условиях сепарации (в рассматриваемом случае при давлении $P = 0,8$ МПа и температуре $t = 10^\circ\text{C}$).

Для определения покомпонентного состава образовавшейся газовой (паровой) фазы используется уравнение:

$$y_i' = \frac{z_i' K_i}{1 + (K_i - 1)N'}, \quad (2)$$

где z_i' – мольная доля i -го компонента в исходной эмульсии;

N' – мольная доля отгона.

Поскольку $\sum_{i=1}^n y_i' = 1$, то получим:

$$\sum_{i=1}^n \frac{z_i' K_i}{1 + (K_i - 1)N'} = 1. \quad (3)$$

Уравнение используется для определения методом последовательного приближения мольной доли отгона N' , при заданных составе исходной смеси z_i' , давлении и температуре сепарации.

При расходе нефтяной эмульсии $G_3 = 2,0$ млн. тонн/год, часовая производительность установки составит:

$$П = \frac{G_3}{8400} = \frac{2,0 \cdot 10^6}{8400} = 238,1 \text{ т/ч.}$$

Содержание углеводородов в нефтяной эмульсии и константы фазового равновесия (K_i) с учетом условий сепарации приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Содержание углеводородов и константы фазового равновесия

Компонент смеси	Мольная доля компонента в нефти (z_i')	Молекулярная масса компонента (M_i), кг/кмоль	K_i
CO ₂	0,81	44	18,3
N ₂	0,44	28	61,0
CH ₄	23,01	16	26,0
C ₂ H ₆	4,15	30	3,73
C ₃ H ₈	8,27	44	0,79
изо-C ₄ H ₁₀	1,52	58	0,37
н-C ₄ H ₁₀	5,71	58	0,26
изо-C ₅ H ₁₂	2,12	72	0,06
н-C ₅ H ₁₂	3,53	72	0,05
C ₆ H ₁₄₊	50,44	86	0,013
Σ	$\Sigma z_i' = 100$	~	~

Составляем уравнения мольных концентраций для каждого компонента в газовой фазе в расчете на 100 молей нефти:

$$y_1' = \frac{0,81 \cdot 18,3}{100 + (18,3 - 1) \cdot 27,4} = 0,026;$$

$$y_2' = \frac{0,44 \cdot 61,0}{100 + (61,0 - 1) \cdot 27,4} = 0,015;$$

$$y_3' = \frac{23,01 \cdot 26,0}{100 + (26,0 - 1) \cdot 27,4} = 0,762;$$

$$y_4' = \frac{4,15 \cdot 3,73}{100 + (3,73 - 1) \cdot 27,4} = 0,089;$$

$$y_5' = \frac{8,27 \cdot 0,79}{100 + (0,79 - 1) \cdot 27,4} = 0,069;$$

$$y_6' = \frac{1,52 \cdot 0,37}{100 + (0,37 - 1) \cdot 27,4} = 0,007;$$

$$y_7' = \frac{5,71 \cdot 0,26}{100 + (0,26 - 1) \cdot 27,4} = 0,019;$$

$$y_8' = \frac{2,12 \cdot 0,06}{100 + (0,06 - 1) \cdot 27,4} = 0,002;$$

$$y_9' = \frac{3,53 \cdot 0,05}{100 + (0,05 - 1) \cdot 27,4} = 0,002;$$

$$y_{10}' = \frac{50,44 \cdot 0,013}{100 + (0,013 - 1) \cdot 27,4} = 0,009.$$

Путём подбора определим такую величину N' , при которой выполнится условие 4:

$$\sum_{i=1}^n y_i' = 1. \quad (4)$$

Подбор величины N' приводится в таблице 10.

Таблица 10 – Определение мольной доли отгона N

Компонент смеси	$N' = 27$	$N' = 27,4$	$N' = 28$
CO ₂	0,026	0,026	0,025
Азот N ₂	0,016	0,015	0,015
Метан CH ₄	0,772	0,762	0,748
Этан C ₂ H ₆	0,089	0,089	0,088
Пропан C ₃ H ₈	0,069	0,069	0,069
Изобутан изо-C ₄ H ₁₀	0,007	0,007	0,007
Н-бутан н-C ₄ H ₁₀	0,019	0,019	0,019
Изопентан изо-C ₅ H ₁₂	0,002	0,002	0,002
Н-пентан н-C ₅ H ₁₂	0,002	0,002	0,002
C ₆ H ₁₄ +	0,009	0,009	0,009
ΣY_i	1,010	1,000	0,984

Расчеты показали, что из 100 молей сырой нефти в процессе сепарации выделяется 27,4 молей газа.

Составим материальный баланс сепарации в молях на 100 молей сырой нефти. Расчёт приведён в таблице 11.

Таблица 11 – Мольный баланс процесса сепарации

Компонент смеси	Молярный состав сырой нефти (z_i), %	Газ из сепаратора		Нефть из сепаратора моли ($z'_i - N_{0i}^c$)	Молярный состав нефти из блока сепараторов $x'_i = \frac{(z'_i - N_{0i}^c) \cdot 100}{\Sigma(z'_i - N_{0i}^c)}$, %
		Молярная концентрация (y_i)	$N_{0i}^z = N' \cdot y_i$ Моли		
CO ₂	0,81	0,03	0,71	0,10	0,14
N ₂	0,44	0,02	0,42	0,02	0,01
CH ₄	23,01	0,76	20,88	2,13	1,89
C ₂ H ₆	4,15	0,09	2,43	1,72	1,60
C ₃ H ₈	8,27	0,07	1,90	6,37	6,65
изо-C ₄ H ₁₀	1,52	0,01	0,19	1,33	1,82
н-C ₄ H ₁₀	5,71	0,02	0,51	5,20	6,85
изо-C ₅ H ₁₂	2,12	0,00	0,05	2,07	2,73
н-C ₅ H ₁₂	3,53	0,00	0,07	3,46	4,84
C ₆ H ₁₄₊	50,44	0,01	0,25	50,19	73,47
Итого	100	1,00	27,39	72,61	100,00

Баланс по массе, в расчете на 100 молей сырой нефти приведён в таблице 12.

Таблица 12 – Массовый баланс процесса сепарации

Компонент смеси	Молярный состав сырой нефти (z_i), %	Массовый состав сырой нефти $M_i^c = z_i \cdot M_i$	Массовый состав газа из сепаратора $M_i^g = N_{0i}^g \cdot M_i$	Массовый состав нефти из сепаратора $M_i^h = M_i^c - M_i^g$	Масса выделившегося газа, относительно сырой нефти $R_i^g = 100 \cdot M_i^g / M_i^c, \%$
CO ₂	0,81	35,64	31,13	4,51	87,35
N ₂	0,44	12,32	11,81	0,51	95,84
CH ₄	23,01	368,16	334,11	34,05	90,75
C ₂ H ₆	4,15	124,5	72,79	51,71	58,47
C ₃ H ₈	8,27	363,88	83,57	280,31	22,97
изо-C ₄ H ₁₀	1,52	88,16	10,80	77,36	12,25
н-C ₄ H ₁₀	5,71	331,18	29,59	301,59	8,94
изо-C ₅ H ₁₂	2,12	152,64	3,38	149,26	2,21
н-C ₅ H ₁₂	3,53	254,16	4,71	249,45	1,85
C ₆ H ₁₄₊	50,44	4337,84	21,18	4316,66	0,49
Итого	100	6068,48	603,08	5465,40	$R_{cm}^g = 9,94$

$R_{cm}^g = 0,94$ – массовая доля отгона.

Средняя молекулярная масса газа:

$$M_{cp}^g = \sum M_i^g / \sum N_{0i}^g, \quad (5)$$

Подставим значения, полученные в таблице 12 для каждого газа:

$$M_{cp}^g = 603,08 / 27,4 = 22,01 \text{ г/моль.}$$

Плотность газа:

$$\rho_{CP} = \frac{M_{CP}}{22,4} \cdot \frac{T_0 \cdot P}{T \cdot P_0}; \quad (6)$$

$$\rho_{CP} = \frac{22,01 \cdot 273 \cdot 0,8}{22,4 \cdot 283 \cdot 0,1} = 7,58 \text{ кг/м}^3.$$

Характеристика газа, выделяющегося в сепараторе, приведена в таблице 13.

Таблица 13 – Характеристика газа, выделяющегося в сепараторе

Компонент смеси	Молярная концентрация $N_{0i}^r / \sum N_{0i}^r$	Молекулярная масса (M_i)	Массовый состав $[N_{0i}^r / \sum N_{0i}^r] \cdot M_i \cdot 100, \%$ M_{CP}^r	Содержание тяжёлых углеводородов $[N_{0i}^r / \sum N_{0i}^r] \cdot M_i \cdot \rho_{CP} \cdot 10^3, \text{ г/м}^3$ M_{CP}^r
CO ₂	0,026	44	5,164	~
N ₂	0,015	28	1,958	~
CH ₄	0,762	16	55,417	~
C ₂ H ₆	0,089	30	12,074	~
C ₃ H ₈	0,069	44	13,862	1050,745
изо-C ₄ H ₁₀	0,007	58	1,792	135,814
н-C ₄ H ₁₀	0,019	58	4,909	372,069
изо-C ₅ H ₁₂	0,002	72	0,561	42,495
н-C ₅ H ₁₂	0,002	72	0,781	59,183
C ₆ H ₁₄₊	0,009	86	3,513	266,275
Итого	1,000	~	100,00	1926,58

В блоке сепарации от сырой нефти отделяется только газ. Исходя из этого, составим материальный баланс блока сепарации с учётом обводненности нефти.

Количество безводной нефти в этом потоке составляет:

$$Q_H = 0,60 \cdot Q = 0,60 \cdot 238,1 = 142,86 \text{ т/ч.}$$

Газ будет отделяться от нефти со следующей производительностью:

$$Q_G = R_{cm}^G \cdot Q_H, \quad (7)$$

$$Q_G = 0,0994 \cdot 142,86 = 14,20 \text{ т/ч.}$$

Из сепаратора будет выходить поток жидкого продукта, с производительностью $Q_H^{сеп}$ по нефти и общей производительностью $Q^{сеп}$, соответственно:

$$Q_H^{сеп} = Q_H - Q_G = 142,86 - 14,20 = 128,66 \text{ т/ч,}$$

$$Q^{сеп} = Q_H^{сеп} + Q \cdot 0,40 = 128,66 + 95,24 = 223,90 \text{ т/ч.}$$

Правильность расчёта материального баланса определится выполнением условия:

$$\sum Q^{\text{до сеп}} = \sum Q^{\text{после сеп}}; \quad (8)$$

$$\sum Q^{\text{до сеп}} = Q_H = 142,86 \text{ т/ч;}$$

$$\sum Q^{\text{после сеп}} = Q_H^{сеп} + Q_G; \quad (9)$$

$$Q^{сеп} + Q_G = 128,66 + 14,20 = 142,86 \text{ т/ч.}$$

Условие выполняется, материальный баланс посчитан правильно.

Полученные данные сводим в таблицу 14. [9]

Таблица 14 – Материальный баланс сепарации

Приход				Расход			
	% масс	т/ч	т/г		% масс	т/ч	т/г
Эмульсия, в том числе:				Эмульсия, в том числе:			
нефть	60	142,86	1200000	нефть	57,46	128,66	1080744
				вода	42,54	95,24	800016
вода	40	95,24	800000	Всего	100	223,90	1880760
				Газ	5,96	14,20	119240
Итого	100	238,1	2000040	Итого	100,0	238,1	2000040

2.3 Тепловой расчет

Целью теплового расчета является определение толщины тепловой изоляции.

Толщину тепловой изоляции рассчитываем по формуле:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из}}{\alpha_n} \cdot \frac{(t_{ст} - t_{из})}{(t_{из} - t_{окр})}, \quad (10)$$

где $\delta_{из}$ – толщина тепловой изоляции;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности материала изоляции;

α_n – коэффициент теплоотдачи в окружающую среду (воздух);

$t_{ст}$, $t_{окр}$, $t_{из}$ – соответственно температуры наружной стенки аппарата, окружающей среды и наружной поверхности теплоизоляционного слоя.

Принимаем:

$$t_{ст} = 40 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{окр} = 20 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{из} = 30 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплоотдачи можно рассчитать по приближенному уравнению:

$$\alpha_n = 9,74 + 0,07 \cdot \Delta t = 9,74 + 0,07 \cdot 10 = 10,44 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

где $\Delta t = t_{из} - t_{окр} = 40 - 30 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$.

В качестве изоляционного материала выбираем пенополиэтилен $\lambda_{из} = 0,043 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, тогда подставив все в выражение (10):

$$\delta_{из} = \frac{0,043}{10,44} \cdot \frac{(40 - 30)}{(30 - 20)} = 0,057 \text{ м} = 57 \text{ мм}.$$

2.4 Аппаратурный расчет

2.4.1 Конструктивный расчет

Основной целью конструктивного расчета является определение диаметра и высоты сепаратора. Тип сепаратора, был задан первоначально,

таким образом, необходимо определить размеры двухфазного сепаратора для разделения смеси нефти и газа.

Для проведения расчётов необходимо перевести все величины в стандартную систему измерений (СИ):

$$Q_{\text{нефти}} = \frac{Q_{\text{н}}}{3600 \cdot \rho_{\text{нефть}}}; \quad (11)$$

$$Q_{\text{газ}} = \frac{Q_{\text{г}}}{3600 \cdot \rho_{\text{газ}}}, \quad (12)$$

где $\rho_{\text{нефть}}$ – плотность нефти, 876,8 кг/м³;

$\rho_{\text{газ}}$ – плотность газа, 7,58 кг/м³.

Следовательно, расход нефти и газа равен:

$$Q_{\text{нефти}} = \frac{238,1 \cdot 1000}{3600 \cdot 876,8} = 0,075 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$Q_{\text{газ}} = \frac{14,20 \cdot 1000}{3600 \cdot 7,58} = 0,52 \text{ м}^3/\text{с};$$

Производительность сепаратора по газу определяется максимальной скоростью газа, при которой капли нефти успеют осесть в газовой среде.

Данную скорость можно вычислить на основании уравнения Саудер-Брауна:

$$U_{\text{max}} = K * \sqrt{\frac{(\rho_{\text{нефть}} - \rho_{\text{газ}})}{\rho_{\text{газ}}}}. \quad (13)$$

Обычно значение коэффициента «К» уравнения Саудер-Брауна зависит от особенностей внутреннего строения нефтегазового сепаратора, газового фактора, а так же тенденции к пенообразованию. Саудер-Брауна для вертикальных сепараторов варьируется 0,055...0,107, принимаем равным 0,107 м/с.

$$U_{\text{max}} = 0,107 \cdot \sqrt{\frac{(876,8 - 7,58)}{7,58}} = 1,14 \text{ м/с}.$$

Зная скорость и расход газа, рассчитаем минимальную площадь сечения, необходимую для газовой фазы:

$$A_{\text{min}} = \frac{Q_{\text{газа}}}{U_{\text{max}}} = \frac{0,52}{1,14} = 0,46 \text{ м}^2.$$

Расчет производительности сепаратора по нефти осуществляется на основании времени удержания газонефтяной смеси в сепараторе. Согласно рекомендациям АРІ время удержания должно быть не меньше одной минуты.

Для расчета необходимо задать условие – граница раздела фаз сепаратора проходит через его середину. Следовательно, расход нефти через сепаратор с эффективной длиной L_{eff} и с D будет описываться уравнением:

$$\frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_{eff}}{4} \cdot \frac{1}{2} = Q_{нефть} \cdot t_{нефть}, \quad (14)$$

где $t_{нефть}$ - время удержания нефти в сепараторе;

$Q_{нефть}$ - дебит нефти;

D – диаметр сепаратора;

L_{eff} – эффективная длина сепаратора.

Отношение длины сепаратора к диаметру называется коэффициентом стройности сепаратора (SR – Slenderness Ratio). Для стандартных сепараторов данное соотношение обычно остаётся примерно постоянным и равно $L/D=3,5$. С учетом того, что эффективная длина сепаратора обычно равна $\frac{3}{4}$ от общей длины сепаратора, может быть получено следующее выражение для диаметра в зависимости от времени удержания газонефтяной смеси:

$$\begin{aligned} \frac{L}{D} &= 3,5; \quad \frac{L_{eff}}{L} = \frac{3}{4}; \quad \frac{L_{eff}}{D} = 2,63; \\ Q_{нефть} \cdot t_{нефть} &= \frac{1}{2} \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot L_{eff}}{4} = \frac{\pi \cdot D^3}{8} \cdot 2,63 \\ D &= \sqrt[3]{\frac{8 \cdot Q_{нефть} \cdot t_{нефть}}{2,63 \cdot \pi}}. \end{aligned} \quad (15)$$

На основании полученного выражения для зависимости диаметра сепаратора от времени удержания газонефтяной смеси, могут быть получены основные геометрические характеристики, представленные в таблице 15.

Объем аппарата и площадь сечения для газа рассчитаны по формулам:

$$V = \frac{L \cdot \pi \cdot D^2}{4}; \quad (16)$$

$$A = \frac{V}{L \cdot 2}. \quad (17)$$

Таблица 15 – Основные геометрические характеристики сепараторов

Время удержания, мин	1	2	3	5	10	15
D, м	1,6	2,1	2,4	2,8	3,5	4,0
L, м	5,7	7,2	8,2	9,8	12,3	14,1
V, м ³	12,0	24,0	35,9	59,9	119,8	179,7
Площадь сечения для газа, м ²	1,05	1,66	2,18	3,06	4,86	6,37

Согласно расчетам площадь сечения для газовой фазы должно быть не менее 0,46 м². Это условие выполняется при времени удержания газонефтяной смеси в сепараторе при 1 мин. Минимальный объем сепаратора, необходимого для сепарации смеси равен 12,0 м³.

Время сепарации нефти от пузырьков газа зависит, прежде всего, от свойств нефти – её плотности и вязкости. Чем больше плотность, а соответственно и вязкость, тем больше времени необходимо.

Рекомендуемые российскими нормативными документами (РД 39-0004-90) значения времени пребывания газонефтяной смеси в сепараторе приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Время пребывания жидкости в аппарате

Тип нефти	Плотность нефти, кг/м ³	Время пребывания в НГС, мин.
Легкая	< 0,85	До 5
Средняя	0,85 – 0,89	5-10
Тяжелая	> 0,89	10-30

При содержании воды в нефти от 30-60% рекомендуется увеличить время пребывания нефти в сепараторе в 1,5 раза. [10]

В соответствии с рекомендациями принимаем $t_{\text{нефть}} = 5$ мин, следовательно, геометрические характеристики сепаратора равны: D = 2,8 м; L = 9,8 м; V = 59,9 м³.

2.4.2 Механический расчет

Механический расчет включает расчет толщины обечайки; подбор крышки, днища, фланцев и люка, расчет штуцеров и расчет и подбор опоры аппарата.

2.4.2.1 Расчет толщины обечайки

Материал обечайки и днищ выберем сталь 09Г2С. Данная сталь характеризуется высокой коррозионной стойкостью. При работе элементов химической аппаратуры в условиях любых отрицательных температур за расчетную температуру принимают 20 °С. [11]

Исполнительную толщину тонкостенной гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитываем по формуле:

$$s \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c. \quad (18)$$

Для обечайки $D \geq 200$ мм должно соблюдаться условие:

$$(s - c) / D \leq 0,1. \quad (19)$$

Суммарную прибавку к номинальной расчетной толщине стенки определяем по формуле:

$$c = c_1 + c_2 + c_3, \quad (20)$$

где c_1 – прибавка на коррозию (1 мм);

c_2 – прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, примем 0,7 мм;

c_3 – технологическая прибавка, примем 0,5 мм.

$$c = 1 + 0,7 + 0,5 = 2,3 \text{ мм}$$

Допускаемое напряжение для выбранного материала сталь марки 09Г2С рассчитываем по следующей формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (21)$$

где η – коэффициент для взрывоопасных и пожароопасных сред, $\eta = 0,9$;

σ^* – допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 20 °С, $\sigma^* = 183$ МПа.

$$[\sigma] = 0,9 \cdot 183 = 164,7 \text{ МПа.}$$

φ – коэффициент прочности сварных швов: стыковых, выполненных автоматической или полуавтоматической сваркой с одной стороны, с флюсовой или керамической подкладкой, при контроле 100 % длины шва, $\varphi = 0,9$.

Толщину стенки обечайки рассчитываем по формуле:

$$S \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c = \frac{0,8 \cdot 2,8}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 - 0,8} + 0,0023 = 0,0098 \text{ м.}$$

Примем толщину стенки обечайки равной 10 мм.

Проверка условия: $(10 - 2,3)/3000 \leq 0,1$.

Допускаемое давление в обечайке определяем по формуле [12]:

$$P_d = \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi \cdot (s - C_k)}{D_b + (s - C_k)}; \quad (22)$$

$$P_d = \frac{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 \cdot (10 - 1)}{3000 + (10 - 1)} = 0,92 \text{ МПа.}$$

3.4.2.2 Расчет эллиптического днища и крышки

Расчет толщины крышки и днища выполняется аналогично расчету толщины обечайки. Принимая

$$\varphi_{\text{днища}} = \frac{D_a - d}{D_a} = \frac{3 - 0,01}{3} = 0,99 \text{ (ослабление отверстием);} \quad (23)$$

$$S \geq \frac{0,8 \cdot 3}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,99 - 0,8} + 0,0023 = 0,0094 \text{ м.}$$

Принимаем толщину днища равной толщине обечайки – 10 мм.

Наиболее распространенной формой днищ в сварных химических аппаратах является эллиптическая форма с отбортовкой на цилиндр. Для данного аппарата подбираем два стандартных эллиптических отбортованных стальных днища с внутренними базовыми размерами типа:

«Днище 3000×12-40-09Г2С ГОСТ 6533 – 68» (рисунок 10).

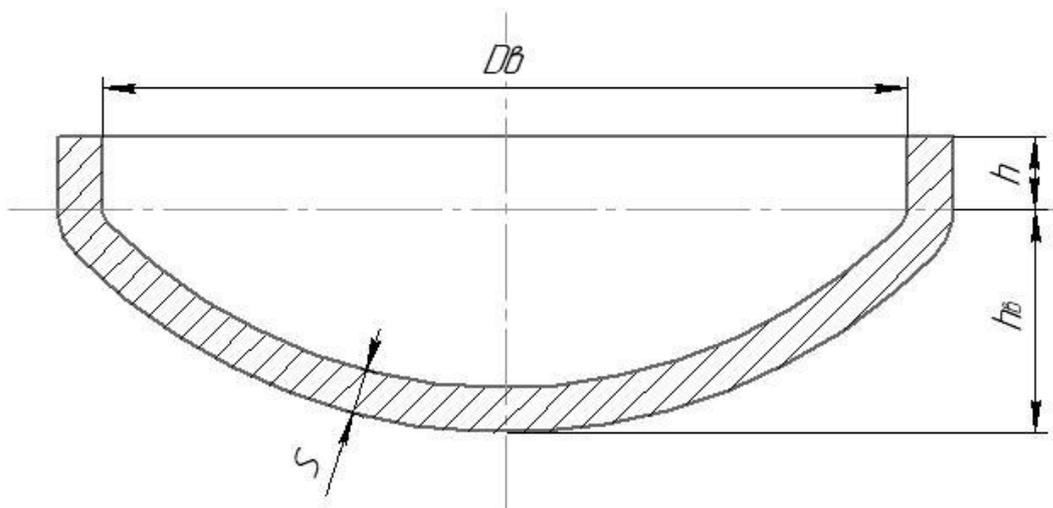


Рисунок 10 – Схема днища по ГОСТ 6533 – 68

Параметры данного днища приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Параметры днища (крышки)

$D_{в}$, мм	s , мм	$H_{в}$, мм	h , мм	F , м ²	V , м ³	Масса, кг
3000	22	750	80	10,51	4,08	1846,7

Соединение обечайки с днищем и крышкой можно выполнить цельносварным либо на фланцах. Выбираем стальной плоский приварной в стык фланец для присоединения крышки и днища к корпусу (ГОСТ 28759.3-90). Внешний вид фланца приведен на рисунке 11.

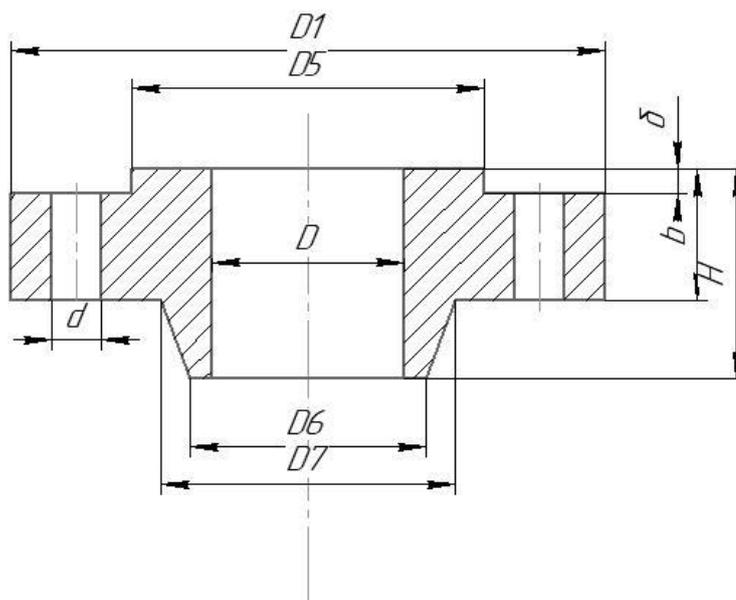


Рисунок 11 – Схема фланца

Размеры фланца представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Размеры фланца для днища и крышки

D, мм	b	б	D5,	D1,	D6	D7	H,	болты			Масса , кг
								d	Резьб а	n	
3000	100	60	3160	3220	3106	3120	160	33	M30	96	878

3.4.2.3 Подбор штуцеров

Штуцеры должны соответствовать по конструкции и прочности рабочему давлению внутри аппарата, при этом должны обеспечивать высокую герметичность.

Штуцеры изготавливают из стальных труб необходимого размера. В зависимости от рабочего давления внутри аппарата выбирают размеры фланцев. Толщина стенок штуцеров должна определяться расчетом на плотность по рабочему давлению в аппарате и нагрузкам, возникающим от присоединенных деталей трубопроводов и арматуры, однако она не должна быть меньше половины толщины стенки аппарата, к которому они привариваются. При выборе высоты штуцеров необходимо исходить из условий закладки болтов во фланцы со стороны сосуда, а также с учетом толщины слоя изоляции, закрепляемой на поверхности аппарата.

Расчет внутренних диаметров входного и выходных патрубков:

1. Расчет входного патрубка сырья (d_1):

Примем скорость сырья $\omega = 2$ м/с.

Расчет диаметра патрубка ведём по формуле:

$$d_{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{нефть}}}{\pi \cdot \omega}}, \quad (24)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,075}{3,14 \cdot 2}} = 218,6 \text{ мм.}$$

2. Расчет выходного патрубка нефти:

Расход нефти на выходе:

$$Q_{\text{нефти}} = \frac{223,9 \cdot 1000}{3600 \cdot 876,8} = 0,071 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,071}{3,14 \cdot 2}} = 212,7 \text{ мм.}$$

3. Расчет выходного патрубка газа:

Скорость газа принимаем равной 1,14 м/с.

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,52}{3,14 \cdot 1,14}} = 762 \text{ мм.}$$

Рассчитанные диаметры округляются до ближайшего большего значения. По ГОСТ 12820-80 «ФЛАНЦЫ СТАЛЬНЫЕ ПЛОСКИЕ ПРИВАРНЫЕ» принимаем штуцера стандартные приварные фланцевые, основные размеры которых приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Основные размеры штуцеров

Наименование патрубка		D_y , мм	d_B	S_T	d_H	Давление условное p_y , МПа
1	Патрубок d_1	300	325	28	325	0.8
2	Патрубок d_2	300	325	28	325	
3	Патрубок d_3	800	820	820	49	

Конструкция стандартного стального приварного фланцевого штуцера с приварным плоским фланцем и тонкостенным патрубком представлена на рисунке 12.

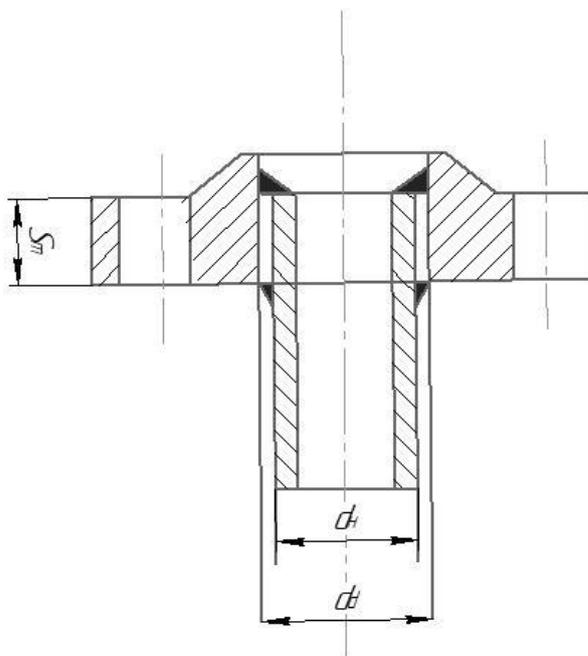


Рисунок 12 – Схема фланца по ГОСТ 1235-67

Также подбираем фланцы стальные плоские приварные с соединительным выступом по ГОСТ 1255–67 со следующими размерами, которые сведены в таблице 20.

Таблица 20 – Основные размеры фланцев

P_y , МПа	Размеры, мм									Число отверстий Z
	D	D_ϕ	D_B	D_1	h	D_4	h_o	d	d_B	
0,8	300	460	410	378	25	325	4	27	24	14
	800	975	920	880	27	820	5	27	24	24

На рисунке 13 представлена конструкция плоского фланца.

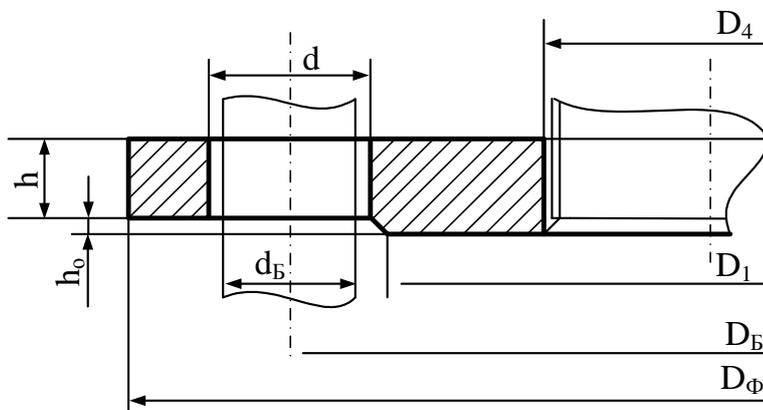


Рисунок 13 – Типовая конструкция плоского приварного фланца для патрубков

Выберем люк (рисунок 14) с плоской фланцевой крышкой и откидными болтами для обслуживания аппарата.

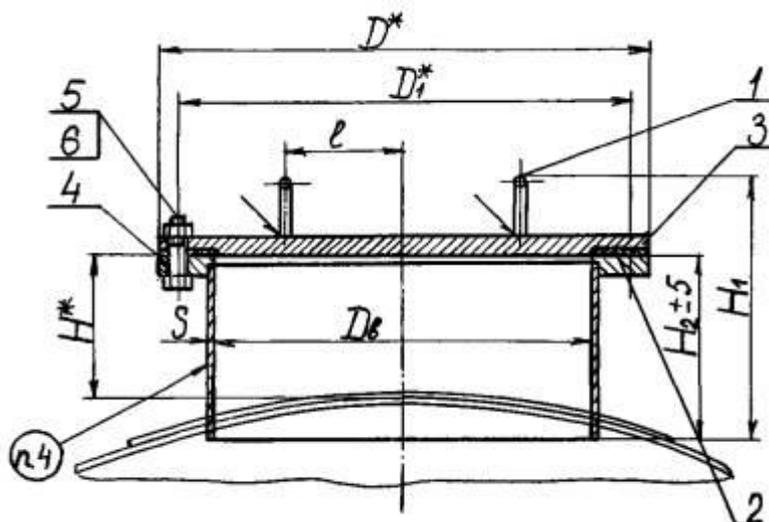


Рисунок 14 – Люк

Таблица 21 – Характеристики люка

Диаметр внутренний люка, $D_в$	D^*	D_1^*	H^*	H_1	H_2	l	S
400	510	470	200	349	270	160	4
500	610	570		369	290	215	
600	710	670	220	410	330	250	
700	810	770	250	450	370		
800	925	880		472	390	5	

Выбираем люк диаметром 700мм. [12]

Поставщики оборудования предлагают достаточно ограниченный набор стандартного оборудования. Изготовление сепараторов строго в соответствии с рассчитанными размерами требует больших дополнительных расходов, поэтому после проведения расчетов размеров оборудования выбирают то, которое наилучшим образом соответствующее предварительным расчетам.

Выберем стандартный сепаратор нефтегазовый. Параметры аппарата приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Параметры вертикального двухфазного сепаратора

Шифр	Диаметр, Двн, мм	Длина, L, мм	Объем, V, м ³	Срок службы, лет, не менее	Масса, кг	Давление Условное, МПа	Объемная производительность, м ³ /час	
							По нефти	По газу
НГС- 1.0- 3000	3000	15241	100	20	25500	1,0	3001500	188000

3.4.2.4 Расчет опор

Опоры для аппаратов в химической промышленности выбираются из расчёта максимальной нагрузки, которую опора должна выдержать во время испытания. Для выбора опоры аппарата необходимо определить вес аппарата в случае его полного заполнения водой.

Масса аппарата 25500 кг. Объем аппарата 100 м³. Заполнение аппарата нефтью = $100/2=50$ м³.

Масса нефти будет равна:

$$M_{ж} = \rho \cdot V = 876,8 * 50 = 43840 \text{ кг.}$$

Масса аппарата при полном наполнении нефтью:

$$M_{аппарата} = M_{ж} + M_{апп} = 43840 + 25500 = 69340 \text{ кг.}$$

Тогда вес аппарата равен 693 кН. Примем 4 опоры (рисунок 15).

Нагрузка на каждую будет составлять 173,25кН. [12]

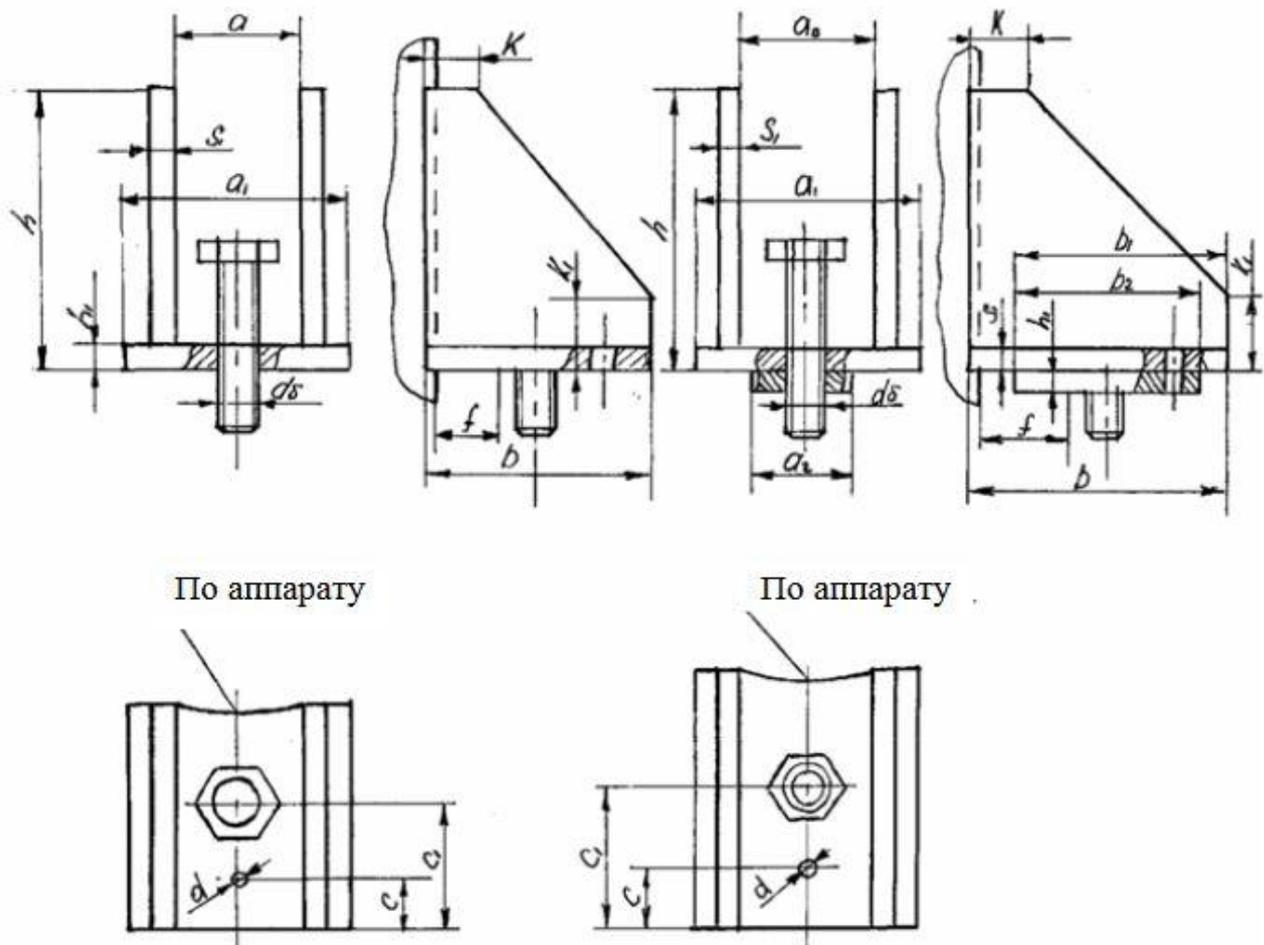


Рисунок 15 – Опора сепаратора

Таблица 16 – Размеры опор

Q, кН	a	a1	b1	b	c1	c	hmax	h1	s1	K1	k	d	D6
250	360	480	680	490	240	60	1240	40	34	360	35	45	-

Для установки датчиков автоматизации и контроля подбираем стандартные штуцера, которые соответствует конфигурации присоединяемого оборудования. Резьбовые штуцера состоят из короткого патрубка, имеющего наружную резьбу с обеих сторон. Причем с одной стороны резьба выполняется конической и вкручивается с корпусом сосуда для обеспечения герметизации. Такие штуцера устанавливают на сосудах для присоединения датчиков давления, предохранительных клапанов небольшой производительности и др. устройств с помощью трубопроводов небольшого диаметра (до Ø30 мм). Уплотнение соединения трубопровода и штуцера обеспечивается их

наружными и внутренними коническими поверхностями. Штуцера стандартизированы, их размеры выбирают по справочным таблицам.

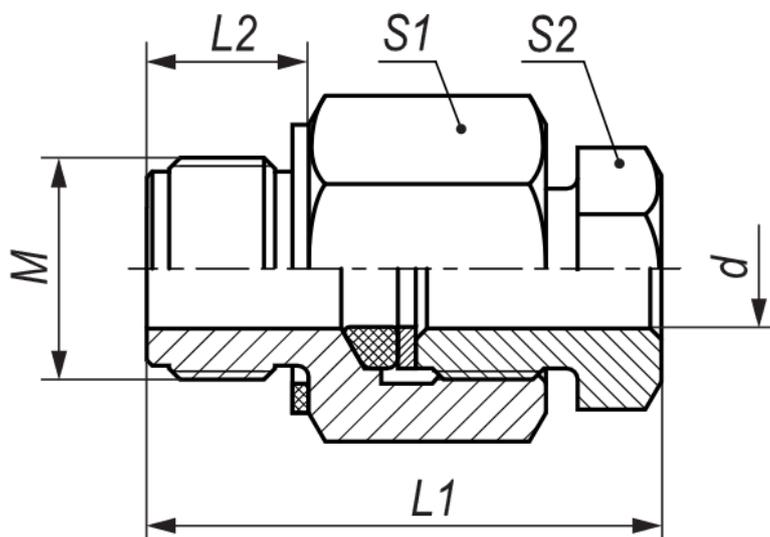


Рисунок 16 – Штуцер крепления аппаратуры контроля и управления

Для удаление механических примесей применяем фильтр типа ФСЖ-П позволяющий очищать жидкости с тонкостью фильтрации до 5 мкм. Применяются для очистки различных жидкостей в нефте-газодобывающих предприятиях, в нефтехимической промышленности, нефтеперерабатывающих предприятиях, в химической промышленности, в теплоэнергетике, в комплектации оборудования водоподготовки, в качестве пусковых фильтров на новых производствах и др. В состав фильтра типа ФСЖ-П входит корпус (различного исполнения, в зависимости от требований Заказчика: П-прямоточный, У-типа, Т-типа и Д-типа) с установленными внутри фильтроэлементами. В процессе фильтрации фильтруемая жидкость попадает на фильтрующую перегородку фильтрующих элементов, при этом механические примеси, размером больше размера пор остаются на поверхности фильтроэлементов. [13]

Таблица 24 – Характеристики фильтра механической очистки

Обозначение	Расход жидкости, м ³ /ч	Объем аппарата, м ³	Давление расчетное, МПа	Проход условный	Наружный диаметр трубы под приварку ответного фланца, мм
ФСЖ-П-300-1,0-Х	260	0,07	1,2	300	325

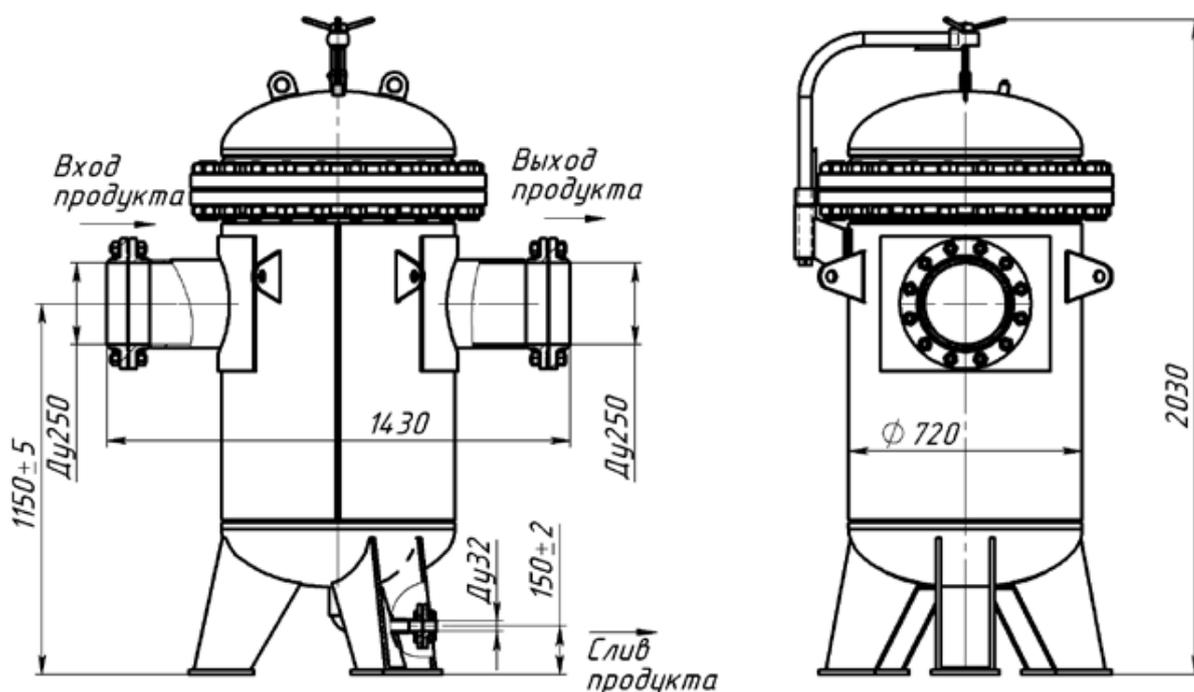


Рисунок 17 – Фильтр типа ФСЖ-П.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В ходе выполнения квалификационной работы, был проведён расчет двухфазного сепаратора. Было выявлено, что основным рынком для данной разработки являются крупные нефтяные и газовые компании.

Таблица 25 – Карта сегментирования рынка услуг

Размер компаний	Вид исследования		
	Расчет сепаратора	Подбор и анализ работы	Конструирование сепаратора
Крупные	□	□	□
Средние		△	△
Мелкие		○	

□ – Газпром; △ – Томскнефть; ○ – Красноленинскнефтегаз.

Так как у крупных компаний большие объемы добываемых ископаемых, то они нуждаются в различных исследованиях сепараторов, им важен расчет и подбор сепаратора, из за того что нефть имеет разные характеристики.

3.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Чтобы успешнее противостоять своим соперникам, так как рынки пребывают в постоянном движении, необходимо регулярно проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего

повышения. Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 26).

Таблица 26 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _Ф	К _{к1}	К _{к2}
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,11	4	4	3	0,44	0,44	0,33
2. Ремонтопригодность	0,13	4	2	2	0,52	0,26	0,26
3. Надежность	0,12	5	2	4	0,60	0,24	0,48
4. Простота ремонта	0,1	4	2	3	0,40	0,1	0,3
5. Удобство в эксплуатации	0,08	5	3	2	0,40	0,32	0,16
6. Простота эксплуатации	0,06	5	3	3	0,30	0,12	0,18
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	5	3	3	0,32	0,32	0,24
2. Цена	0,15	5	3	3	0,75	0,6	0,45
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	3	4	0,32	0,32	0,32
4. Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
5. Наличие сертификации разработки	0,04	4	2	3	0,08	0,04	0,06
Итого	1	50	30	33	4,38	2,91	2,93

Б_Ф – Применение двухфазного вертикального сепаратора;

Б_{к1} – Применение двухфазного горизонтального сепаратора;

Б_{к2} – применение других видов оборудования.

По таблице видно, что наиболее эффективно использовать двухфазный вертикальный сепаратор, так же он является наиболее надежным по сравнению с другими видами оборудования.

1. Конкурент 1 – применение двухфазного горизонтального сепаратора:

$$k1 = \frac{БФ}{Бк1} = \frac{50}{30} = 1,6;$$

2. Конкурент 2 – применение других видов оборудования.

$$k_2 = \frac{B_{k2}}{B_{k1}} = \frac{33}{30} = 1,1;$$

В каждом случае предприятие признано конкурентоспособным, т.к. $K > 1$.

3.3 SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1: Надежность; С2 Простота эксплуатации; С3: Меньшие габариты; С4 Использование инновационной структуры ТПУ.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Большой период сепарации; Сл2: Большой срок поставок материалов; Сл3: Внутренние производственные проблемы; Сл4: Отставание в области исследования и разработок.
--	---	--

<p>Возможности: В1: Сотрудничество с изготовителями сепараторов; В2: Повышение стоимости конкурентных разработок; В3: Использование других материалов для сепаратора.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1 – сотрудничать с изготовителями сепараторов, повышая их надежность. В1С4 – заключить договор о сотрудничестве с ТПУ; на основе постановления правительства № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций» от 9.04.2010 г.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1 – использовать другие материалы, которые повышают надежность разработки.</p>
<p>Угрозы: У1: Отсутствие спроса на новые продукты; У2: Снижение бюджета на разработку; У3: Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У1С4 – заключение договоров с контрагентами ТПУ.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1Сл1 – увеличить срок службы за счет использования новых материалов, увеличивает спрос на новый продукт.</p>

После того как сформулированы четыре области SWOT переходим к реализации второго этапа. Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 28, 29, 30, 31.

Таблица 28 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

		Сильные стороны проекта			
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	-	0	+
	В2	-	-	0	-
	В3	-	0	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и сильные стороны проекта: В1С1, В1С4.

Таблица 29 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта			
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	+	0	0	-
	В2	0	-	0	-
	В3	0	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие возможности и слабые стороны проекта: В1Сл1.

Таблица 30 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

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

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1С4.

Таблица 31 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

		Слабые стороны проекта			
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	0	0
	У2	0	-	-	-
	У3	-	-	0	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выделить следующие сильно коррелирующие угрозы и сильные стороны проекта: У1Сл1.

В рамках третьего этапа составляем итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 32).

Таблица 32 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1: Надежность; С2 Простота эксплуатации; С3: Меньшие габариты; С4 Использование инновационной структуры ТПУ.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1: Большой период сепарации; Сл2: Большой срок поставок материалов; Сл3: Внутренние производственные проблемы; Сл4: Отставание в области исследования и разработок.</p>
<p>Возможности: В1: Сотрудничество с изготовителями сепараторов; В2: Повышение стоимости конкурентных разработок; В3: Использование других материалов для сепаратора.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»: В1С1 – сотрудничать с изготовителями сепараторов, повышая их надежность. В1С4 – заключить договор о сотрудничестве с ТПУ; на основе постановления правительства № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских образовательных организаций высшего образования, государственных научных учреждений и организаций» от 9.04.2010 г.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1 – использовать другие материалы, которые повышают надежность разработки.</p>
<p>Угрозы: У1: Отсутствие спроса на новые продукты; У2: Снижение бюджета на разработку; У3: Высокая конкуренция в данной отрасли.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У1С4 – заключение договоров с контрагентами ТПУ.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1Сл1 – увеличить срок службы за счет использования новых материалов, увеличивает спрос на новый продукт.</p>

3.4 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования.

Реализация метода предусматривает следующие этапы:

1. Точная формулировка проблемы исследования: предложить новую эффективную конструкцию
2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.
3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица. Результаты морфологической матрицы для двухфазного сепаратора приведен в таблице 33.

Таблица 33 – Морфологическая матрица для двухфазного сепаратора

	1	2
А. исполнение	Горизонтальный	Вертикальный
Б. форма	Цилиндрический	Сферический
В. по характеру основных действующих сил	Инерционный	Гравитационный
Г. По рабочему давлению	Среднего давления 4-2,5 МПа	Низкого давления До 0,6 МПа

Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений. На этом этапе описываются возможные варианты решения поставленной проблемы с позиции ее функционального содержания и ресурсосбережения. Можно предложить следующие варианты: А1Б1В1Г1, А1Б1В2Г1, А2Б1В2Г2, А2Б1В1Г1, А2Б1В2Г2.

3.5 Планирование научно-исследовательских работ

3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке: определение структуры работ в рамках научного исследования; определение участников каждой работы; установление продолжительности работ; построение графика проведения научных исследований. Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 34.

Таблица 34 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель
	2	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта
Выбор направления исследований	3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта
	4	Согласование материалов по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта
	6	Разработка опытного образца	Исполнитель проекта
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта
Оформление отчета по НИР	8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта

3.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}; \quad (25)$$

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

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}; \quad (26)$$

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

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

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

3.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (27)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (28)$$

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

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

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сведены в таблице 35.

Таблица 35 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{ki}
	t_{min} , Чел- л- дн и	t_{max} , Чел- - дни	$t_{ож}$, Чел- дни		
Составление и утверждение тех. задания	3	5	3,8	Руководитель	6
Календарное планирование работ по теме	2	4	2,8	Руководитель Исполнитель проекта	2
Согласование материалов по теме	6	10	7,6	Руководитель	11
Подбор и изучение материалов по теме	15	17	15,8	Исполнитель Проекта	23
Проведение теоретических расчетов и обоснование	10	22	14,8	Исполнитель проекта	22
Составление схемы гидрообеспечения месторождения	5	10	7,0	Исполнитель проекта	10
Оценка результатов исследования	5	7	5,8	Руководитель, Исполнитель проекта	4
Составление пояснительной записки	15	20	17,0	Руководитель, Исполнитель проекта	13

На основе таблицы 35 строим план график, представленный в таблице 36.

Таблица 36 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ р	Вид работ	Испол- нители	Т _{ки} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ											
				Фев.		Март			Апрель			Май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	6	☒											
2	Календарное планирование работ по теме	Р, Д	2	☒ □											
3	Согласование материалов по теме	Д	11		□										
4	Подбор и изучение материалов по теме	Р	23			☒	☒	☒							
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Д	22					□	□	□					
6	Составление схемы гидрообеспечения месторождения	Д	10								□				
7	Оценка результатов исследования	Р, Д	4								☒ □				
8	Составление пояснительной записки	Р, Д	13									□	☒		

☒ - руководитель (Р), □ дипломник (Д).

3.5.4 Бюджет научно-технического исследования

Затраты на специальное оборудование и материальные затраты отсутствуют, поскольку настоящее исследование не требует закупки оборудования, сырья, материалов, запасных частей. В моем научно-техническом исследовании изготовление опытного образца не производится, поэтому затраты на его производство отсутствуют.

Для проведения научного исследования нам необходим компьютер, с установленным на него специальных программ и с нужным нам программным обеспечением.

3.5.5 Материальные затраты

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (29)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 37.

Таблица 37 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.	
		Исп. 1 (Р)	Исп.2 (Д)		Исп. 1 (Р)	Исп.2 (Д)
Компьютер	шт.	1	1	20000	20000	20000
Программное обеспечение	шт.	1	1	1500	1500	1500
Итого:					43000	

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производятся бесплатно.

3.5.6 Заработная плата исполнителей темы

В данную статью расхода включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, а также рабочих опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется на основе трудоемкости выполняемых работ и действующей системы тарифных ставок и окладов. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада.

Таблица 38 – Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), руб.
1	Составление и утверждение тех. задания	Р	3,8	2103,3	7992,5
2	Календарное планирование работ по теме	Р, Д	2,8	3154,9	8833,7
3	Согласование материалов по теме	Д	7,6	1051,6	7992,2
4	Подбор и изучение материалов по теме	Р	15,8	2103,3	33232,1
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Д	14,8	1051,6	15563,7
6	Составление схемы гидрообеспечения месторождения	Д	7,0	1051,6	7361,2
7	Оценка результатов исследования	Р, Д	5,8	3154,9	18298,4
8	Составление пояснительной записки	Р, Д	17,0	3154,9	53633,3
Итого:					152907,2

Настоящая статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением научно-технического исследования, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (30)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}, \quad (31)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (32)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года, при отпуске в 24 раб. дней $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

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

$$Z_{дн} = \frac{40000 \cdot 11,2}{213} = 2103,3 \text{ руб. – руководитель;}$$

$$Z_{дн} = \frac{20000 \cdot 11,2}{213} = 1051,6 \text{ руб. – исполнитель.}$$

Таблица 39 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней: - выходные - праздничные	114	114
Потери рабочего времени: - отпуск - невыходы по болезни	24 14	24 14
Действительный годовой фонд рабочего времени	213	213

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p, \quad (33)$$

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

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

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

Тарифная заработная плата $Z_{тс}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица 40 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	40000	0,3	1,3	67600	2103,3	48	100958,4
Исполнитель проекта	20000	0	1,3	26000	1051,6	62	65199,2
Итого:							166157,6

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных ТК РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и ком-

пенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (34)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 41 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	100958,4	0,13	13124,6
Исполнитель проекта	65199,2	0,13	8475,9
Итого:			21600,5

3.5.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (35)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность, с 2014 году введена пониженная ставка – 27,1%

Отчисление во внебюджетные фонды представлены в таблице 42.

Таблица 42 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
Руководитель	100958,4	13124,6
Исполнитель проекта	65199,2	8475,9
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	50882,5	

3.5.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{м}} + Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (36)$$

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

$$Z_{\text{накл}} = (43000 + 166157,6 + 21600,5 + 50883,0) \cdot 0,16 = 45062,6 \text{ руб,}$$

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

3.5.9 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Таблица 43 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты	43000,0	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	166157,6	
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	21600,5	
4. Отчисления во внебюджетные фонды	50883,0	
5. Накладные расходы	45062,6	16% от суммы 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	326703,7	Сумма ст. 1-5

3.6 Определение ресурсоэффективности проекта

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (37)$$

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (38)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 44 – Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Исп.1 Вертикальный Двухфазный сепаратор	Исп.2 Горизонтальный Двухфазный се- паратор
1. Безопасность	0,10	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4
3. Срок службы	0,20	3	3
4. Ремонтопригодность	0,15	5	3
5. Надёжность	0,25	4	4
6. Материалоёмкость	0,15	4	4
Итого:	1,00	4,20	3,65

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_{p-исп1} = 0,10 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,20,$$

$$I_{p-исп2} = 0,10 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,20 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,65.$$

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

3.7 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НТИ равный 326703,7 рублей, основная часть которого приходится на зарплаты исполнителей.

Данный раздел выполнялся на основе рекомендаций [14].

4 Производственная безопасность

Для идентификации потенциальных факторов был использован ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 45. [15]

Таблица 45 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	операторная	площадка обслуживания	
Отклонение показателей микроклимата	+	-	Требования устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96 [16]
Воздействие производственного шума	+	+	Требования устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [18]
Воздействие вибрации	+	+	Требования устанавливаются СН 2.2.4/2.18.566-96 [21]
Недостаточная освещенность	+	+	Требования устанавливаются СП 52.13330.2016 [19]
Пожар или взрыв аппарата, работающего под давлением	-	+	ПБ 03-576-03 [20]
Поражение электрическим током	+	+	Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [22]
Термические ожоги	-	+	-
Присутствие вредных веществ в воздухе	-	+	-

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

4.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Метеорологические условия производственной среды складываются из температуры воздуха, его влажности и скорости движения, а также излучений от нагреваемых предметов. Метеорологические условия оказывают большое влияние на здоровье, самочувствие и работоспособность человека.

Согласно СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 46.

Таблица 46 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах данного производственного помещения

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха не менее, м/с
Холодный	IIa (175...232)	19-21	19-22	60-40	0,2
Теплый	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2

К числу мероприятий, направленных на создание нормальных метеорологических условий, относится устройство вентиляции. Удаляя из производственного помещения нагреваемый воздух и одновременно подавая свежий, более прохладный, вентиляционные устройства поддерживают необходимые температурные условия. Мероприятия по предупреждению охлаждения работающих в помещениях сводятся к правильному устройству отопления, вентиляции, предотвращению прорыва в рабочее помещение масс холодного воздуха при открывании ворот и дверей, что достигается устройством тамбуров, а также воздушных или тепловых завес, направляющих холодный наружный воздух вверх.

Однако при работе системы вентиляции не всегда возможно создать оптимальные условия труда. В этом случае устанавливают допустимые параметры микроклимата (таблица 47). [16]

Таблица 47 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах данного производственного помещения

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более
Холодный	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
Теплый	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4

4.1.2 Воздействие производственного шума

Источником шума являются вращающиеся части аппаратов.

Под влиянием производственного шума также возникают различные профессиональные заболевания: нарушается артериальное давление и ритм сердечной деятельности, снижается чувствительности слуха и возникают стойкие поражения слуховых органов. Шум является причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения и чувствительности к предупредительным сигналам. [17]

Нормируемые параметры шума на рабочих местах определены Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

По СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 уровень звука в данном производственном помещении должен быть не более 80 дБА. [18]

Мероприятия по защите от шума: рациональное размещение оборудования; звукопоглощение; звукоизоляция; применение средств индивидуальной защиты (наушники, шлемы, ушные вкладыши «Беруши»). [17]

4.1.3 Воздействие вибрации

Нормируемые параметры вибрации определены Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Согласно санитарным нормам для общей технологической вибрации типа «а» скорректированные и эквивалентные скорректированные значения и их уровни равны: для виброускорения 100дБ, для вибро скорости 92 дБ. [21]

Методы и средства защиты от вибраций: виброгашение; виброизоляция; вибродемпфирование; вибропоглощение; применение средств индивидуальной защиты (виброзащитные рукавицы, виброзащитная обувь). [17]

4.1.4 Недостаточная освещенность

Рациональное производственное освещение должно обеспечивать психологический комфорт, предупреждать зрительную и общую утомляемость и профессиональные заболевания глаз человека.

В помещениях, где находятся обслуживающий персонал сепаратора, применяется совмещенное освещение, которое должно создавать минимальную освещенность 200 лк согласно СП 52.13330.2016 для V-го разряда длительных работ (минимальный размер объекта различения от 1 до 5 мм). [19]

4.1.5 Пожар или взрыв аппарата, работающего под давлением

Сепаратор находится под давлением, намного превышающим атмосферное. В связи с этим для обеспечения безопасности и осуществления технологического процесса устанавливаются манометры для контроля за давлением. Превышение допустимых значений давления может привести к взрыву.

Для предотвращения образования давления превышающее рабочее устанавливаются предохранительные клапана с учетом пропускной способности. [20]

4.1.6 Поражение электрическим током

Поражение человека электрическим током может произойти при прикосновениях: к токоведущим частям, находящимся под напряжением; отключенным токоведущим частям, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате случайного включения; к металлическим нетоковедущим частям электроустановок после перехода на них напряжения с токоведущих частей. [23]

Для обеспечения электробезопасности согласно Правилам устройства электроустановок (ПУЭ) применяют следующие технические способы и средства защиты: применение малых напряжений; обеспечение недоступности токоведущих частей для случайного прикосновения; изоляция токоведущих частей; защитное заземление; защитное отключение; применение средств индивидуальной защиты, таких как диэлектрические перчатки, диэлектрические гало-

ши и боты, коврики и дорожки, указатели напряжения и т.д.; использование знаков безопасности и предупредительных плакатов и надписей. [22]

4.1.7 Термические ожоги

В данном производстве источниками опасности получения термических ожогов могут быть нагретые поверхности различной аппаратуры. Ожоги возникают вследствие воздействия высокой температуры из-за несоблюдения техники безопасности. От воздействия высоких температур происходит коагуляция белков кожи. Кожные клетки погибают и подвергаются некрозу. Чем выше температура травмирующего агента и длительное его воздействие, тем глубже поражение кожи.

Для предотвращения термических ожогов необходимо оградить работников от непосредственного контакта со стенками аппаратов, проводить проверку на герметичность во избежание выхода газообразных веществ, проводить инструктажи. Необходимо снабдить работников защитными средствами (рукавицы и халаты из огнеупорной ткани). [17]

4.1.8 Присутствие вредных веществ в воздухе

Нефть содержит в себе углеводороды, которые образуют при определенных концентрациях с воздухом взрывоопасные и пожароопасные смеси. Углеводороды действуют на организм человека наркотически раздражающе, возбуждают нервную систему, а при попадании на кожу человека могут вызывать раздражение.

По степени воздействия на организм человека, нефть относится к четвертому классу малоопасных веществ. Предельно допустимая концентрация (ПДК) углеводородов нефти C1 – C10 в воздухе рабочей зоны (в перерасчете на углерод) составляет 300 мг/м³.

Оздоровление воздушной среды достигается снижением содержания в ней вредных веществ до безопасных значений (не превышающих величины ПДК на данное вещество), а также поддержанием требуемых параметров микроклимата в производственном помещении. Снизить содержание вредных ве-

ществ в воздухе рабочей зоны можно, используя технологические процессы и оборудование, при которых вредные либо не образуются, либо не попадают в воздух рабочей зоны.

Для защиты от воздействия вредных веществ, находящихся в воздухе рабочей зоны, рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты работающих (респираторы, противогазы), однако следует учитывать, что при этом существенно снижается производительность труда персонала. [24]

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Защита атмосферы

Источниками загрязнения атмосферы на предприятии являются: факелы, дымовые трубы отопительной котельной, дымовые трубы трубчатых подогревателей; не герметичность оборудования и трубопроводов, аварийные ситуации, вентвыбросы.

Вредные вещества, выбрасываемые источниками загрязнения следующие: сажа и окись углерода, образующаяся в результате не полного сгорания газа, сернистый ангидрид (SO_2), образующийся при сгорании сероводорода, содержащегося в газе и оксиды азота, образующиеся при высоких температурах из азота воздуха; сырой газ, сухой газ, топливный газ.

Обеспечение безопасной работы аппарата, прежде всего, связано с обеспечением герметичности.

Меры, направленные на предотвращение разгерметизации оборудования следующие: материалы, конструкции рассчитаны на обеспечение прочности и надежной эксплуатации в рабочем диапазоне температур; все соединения сварные, за исключением фланцевых соединений в местах присоединения арматуры и аппаратов; расчетная толщина стенок аппарата определена с учетом расчетного срока эксплуатации и прибавки на компенсацию коррозии; наружная поверхность аппарата имеет антикоррозионное покрытие. [25]

4.2.2 Защита гидросферы

В результате технологического процесса на УПН образуются сточные воды, содержащие нефтяные и взвешенные вещества: пластовая вода; дождевые стоки с территории технологических площадок и обвалований резервуаров.

Для утилизации сточных вод запроектированы отдельные системы канализации: напорная сеть – транспортирующая пластовую воду от аппаратов подготовки нефти; производственно-ливневая; производственная.

Производственно-ливневые стоки по самотечным трубопроводам поступают в емкость для сбора промышленных стоков, а затем перекачиваются в отстойники пластовой воды, где в результате отстоя в течение 8–16 часов достигается очистка стоков до нужных концентраций. Пластовая вода и дождевые стоки проходят процесс очистки путем механического отстоя в резервуарах отстойниках (РВС 5000 м³). Очищенные стоки самотеком поступают на насосную откачку очищенных стоков и закачиваются в систему ППД.

Для предотвращения попадания вредных веществ в почву и грунтовые воды предусмотрены асфальтовые покрытия технологических площадок, обвалование резервуаров, сбор дождевых стоков, герметизированная система подготовки нефти, применение коррозионно-стойких труб; благоустройство территории площадок. [25]

4.2.3 Защита литосферы

Наибольший объем отходов образуется в виде шламов, скапливающихся в резервуарах. Шламы из резервуаров периодически перекачиваются в шламо-наполнитель, откуда вывозится автотранспортом на центр по отмывке шлама и нефтезагрязненных грунтов, где производится их очистка и дальнейшее использование при строительстве автодорог. Шламопоглотитель, в конструкции которого предусмотрен колодец для сбора отстоявшейся воды, которая поступает через дренажные отверстия в стенке колодца. Накопившаяся в колодце вода отводится самотеком по трубе в другой колодец большего диаметра, имеющего отстойную часть. По мере накопления воды из 2-го колодца вывозится ав-

томашинами в емкость для сбора промышленных стоков, откуда насосом перекачивается в резервуары-отстойники. Конструкция шламопоглотителя исключает загрязнения почв и грунтовых вод. [25]

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

4.3.1 Анализ возможных чрезвычайных ситуаций

В соответствии с ГОСТ Р.22.0.02.-2016 чрезвычайная ситуация (ЧС) – обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. [26]

Источники ЧС могут быть природного и техногенного характера. Источниками ЧС природного характера могут быть опасные природные явления: лесные и торфяные пожары; сильные морозы (ниже -40°C); метели и снежные заносы; ураганные ветры. Источниками ЧС техногенного характера могут быть опасные техногенные происшествия: это пожары; взрывы паровоздушных смесей; разливы сильнодействующих ядовитых веществ; отключение электроэнергии; отключение тепла и воды. [27]

Чтобы избежать лесных и торфяных пожаров, производится вырубка лесного массива вблизи с установкой ставятся ограждения. Летом производится покос травы. Зимой постоянно производят уборку территорий УПН от снега, все оборудование которое находится вне помещения снабжены изоляцией и теплоспутниками. Производится отопление помещений.

Для предотвращения террористических актов на территории цеха ведется видеонаблюдение и установлен контрольно пропускной режим. Вся территория цеха окружена ограждением. Персонал охраны осуществляет обход объекта по периметру с определенным интервалом времени.

На данном производстве могут произойти пожары и взрывы.

Причины пожара на данном производстве: открытый огонь технологических установок; раскаленные или нагретые стенки аппаратов и оборудования; искры трения деталей машин и оборудования; при нарушении правил пожарной безопасности и технологического процесса; короткое замыкание электроустановок. [28]

Причины взрыва на данном производстве: утечка горючих газов при нарушении герметичности аппаратуры и трубопроводов; разрушения и повреждения производственных аппаратуры и трубопроводов; отступление от установленного технологического режима (превышение давления внутри производственной аппаратуры и др.); отсутствие постоянного контроля за исправностью производственной аппаратуры и оборудования и своевременностью проведения плановых ремонтных работ. [29]

4.3.2 Мероприятия по предотвращению возникновения пожара или взрыва

Для предотвращения возникновения пожара или взрыва на предприятии предусмотрены меры пожарной профилактики, т.е. комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров и создание условий для их успешного тушения. Пожарная профилактика предусматривается при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений. Одна из главных задач пожарной профилактики – это создание безопасных условий для человека на производстве. [30]

Мероприятия пожарной защиты можно разделить на четыре группы:

- 1) организационные мероприятия: инструктаж для обучения работников правилам поведения при пожаре; организация добровольных пожарных дружин; разработка мероприятий по эвакуации людей и имущества;
- 2) эксплуатационные мероприятия: своевременные профилактические осмотры; ремонт и испытание технологического оборудования;

3) режимные мероприятия: запрещение курения в неустановленных местах; запрещение проведения сварочных и других огневых работ в пожаро- и взрывоопасных помещениях.

4) технические мероприятия: соблюдение правил и норм при проектировании и строительстве зданий с учетом категории; предотвращение возможности возникновения пожара или взрыва (герметизация оборудования и коммуникаций, рабочая и аварийная вентиляция, ограничение нагрева оборудования, предупреждение самовозгорания веществ, выбор оборудования в зависимости от зон класса помещения и т.д.); ограничение распространения возникшего, применение огнестойких конструкций зданий, применение противопожарных стен внутри зданий.

Организационно-технические мероприятия должны включать:

- составление необходимой для обеспечения пожарной безопасности документации (планов пожаротушения, инструкций о порядке работы с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима работы, инструкции о действиях персонала при возникновении пожара);
- проведение оперативного контроля за соблюдением норм и правил пожарной безопасности;
- определение порядка оповещения о пожаре личного состава пожарной охраны;
- проведение инструктажа по пожарной безопасности.

На каждом рабочем месте должна быть инструкция по пожарной безопасности, по которой не реже одного раза в шесть месяцев должен проводиться инструктаж персонала, закрепленного за данным рабочим местом. [17]

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно ТК РФ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии;
- получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

Форма трудового процесса – вахтовый метод. Работники в период нахождения на объекте производства работ проживают в специально создаваемых

работодателем вахтовых поселках. Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. В исключительных случаях на отдельных объектах продолжительность вахты может быть увеличена работодателем до трех месяцев с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке.

Работникам, выезжающим для выполнения работ вахтовым методом в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности из других районов: устанавливается районный коэффициент и выплачиваются процентные надбавки к заработной плате в порядке и размерах, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях. Предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих: в районах Крайнего Севера, - 24 календарных дня, в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, - 16 календарных дней. [31]

Организационные мероприятия по обеспечения безопасности:

- сепараторы быть оборудованы площадками и маршевыми лестницами для обслуживания;
- обеспечение рабочего места инструментами и расходными материалами, необходимые при работах по обслуживанию сепаратора;
- рабочее место работника должно быть изолировано от превышающих норм избытка тепла, пыли, влаги и вредных токсических газов. Для этого операторные располагают на расстоянии от работающих аппаратов. Для уменьшения воздействия тепла в летний период работы устанавливаются кондиционеры.
- организация освещения, вентиляции, шумоизоляции и пожарной безопасности. Для обслуживания аппаратов и трубопроводов в темное время суток устанавливается уличное освещения. Здание операторной оснащается вентиляцией, шумоизоляционными окнами, пожарным инвентарем и огнетушителями. [17]

4.5 Заключение по разделу «Социальная ответственность»

Для успешного функционирования организация должна уметь откликаться на проблемы, возникающие в социальной среде, чтобы сделать эту среду для себя более благоприятной. Расходы на социальную ответственность оправданы фактором совершенствования различных сегментов общества, а также улучшением отношения общественности к организации. Это должно вести к повышению лояльности потребителей к производителям продукции. Организация должна анализировать собственные действия и окружающую их среду и выбирать такие программы социальной ответственности, которые помогут этой среде в наибольшей мере.

Актуальность обусловлена высокой значимостью социальной ответственности организации для общества, поскольку вносит позитивный вклад в решение социальных проблем в целом. К тому же сейчас организации ответственно действуют в таких многочисленных сферах, как защита среды обитания, здравоохранение и безопасность, гражданские права, защита интересов потребителя и т.п.

В целом социальная ответственность определяется как уровень добровольного отклика организации на социальные проблемы общества, лежащие вне определяемых законом или регулируемыми органами требований. Кроме того, это реализация не только своих экономических интересов и целей, но и учет социальных последствий воздействия деловой активности на собственный персонал, потребителей и организации, совместно с которыми осуществляется та или иная деятельность. Организации несут социальную ответственность в отношении своих подразделений, в отношении окружающей среды и в отношении процветания общества в целом.

Заключение

Дипломная работа посвящена технологическому расчету вертикального двухфазного сепаратора, который включает в себя – материальный, тепловой, конструктивный и механический расчеты.

Вследствие проведенных расчетов были определены основные размеры сепаратора, которые составляют

- производительность по нефти: 238,1 т/ч;
- производительность по газу: 14,2 т/ч
- толщина тепловой изоляции: 57 мм;
- диаметр сепаратора: 2800 мм;
- высота сепаратора: 9800 мм;
- толщина стенки корпуса: 10 мм.
- диаметры штуцеров: входной для подачи нефти – 218,6 мм; выходной для нефти – 212,7 мм; выходной для газа – 762 мм.

Также был сделан расчет опор аппарата и подобран фильтр для удаления механических примесей, позволяющий очищать жидкости с тонкостью фильтрации до 5 мкм.

Во время исследования, был проведен экономический анализ, в котором рассчитан бюджет, включающий в себя учет всех необходимых затрат для проведения научных исследований и экономическая эффективность.

Также рассмотрена социальная ответственность, которая включила в себя перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды и нормативные документы, которые устанавливают нормы труда, обеспечивающие безопасную работу.

Список использованной литературы

1. Ишмурзин А.А., Матвеев Ю.Г. Машины и оборудование для добычи и подготовки нефти и газа: учебник. - Уфа: «Нефтегазовое дело», 2014. – 532 с.
2. Каспарьянц К.С. Процессы и аппараты для объектов промышленной подготовки нефти и газа. - Москва: «Недра». - 1977 г. – 78 с.
3. Продукция ГК «Газовик». // «Газ-Сервис». «Сепараторы НГС» [Электронный ресурс] - Саратов, 2014. Режим доступа: http://gazovik-pgo.ru/cat/separatory/separatori_so_sbrosom.html
4. Продукция компании «Weatherford». // «Weatherford». «TS-1440-42-10-N» [Электронный ресурс] - Швейцария, 2014. Режим доступа: <http://www.weatherford.com/>
5. Продукция компании «E». // «Surface Equipment Corporation». «Three Phase Horizontal Separators» [Электронный ресурс] - Техас, США, 2014. Режим доступа: <http://www.surfaceequip.com/two-three-phase-vertical-horizontal-separators-gas-scrubbers.html>
6. Продукция компании «Tetratex». // «Tetra Technologies, inc». «Horizontal Separators» [Электронный ресурс] - Колорадо, США, 2013. Режим доступа: <http://www.tetratex.com/>
7. Чичеров Л.Г., Молчанов Г.В., Рабинович А.Н. и др. Расчёт и конструирование нефтепромыслового оборудования: Учебное пособие для ВУЗов. - М.: Недра, 1987. – 422 с.
8. К.Арнольд, М.Стюарт. Справочник по оборудованию для комплексной подготовки нефти. Промысловая подготовка углеводородов/перевод с английского. – М.: ООО «Премиум Инжиниринг». - 2011. 776 с.
9. Леонтьев С.А., Галикеев Р.М. Фоминых О.В. Расчет процессов сбора и подготовки скважинной продукции. – Тюмень. – 2010. 148 с.
10. Шевелев Т.Г. Сооружение и эксплуатация объектов подготовки и хранения углеводородного сырья [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://designtest.lms.tpu.ru/pluginfile.php/28990/mod_resource/content/2/%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%B5

D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%BC%D0%B0%D1%82
%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BB_2.pdf

11. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1981. – 382 с.
12. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Издательство стандартов, 1980. – 65 с.
13. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник / Под ред. Е.Н. Судакова – М.: Химия, 1979. – 568 с.
14. Видяев И. Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 36 с.
15. Пашков Е.Н. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистра, специалиста и бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 24 с.
16. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.tehbez.ru/Docum/DocumShow_DocumID_333.html,
17. Акулин Д.Ф., Власов А.Ф. и др. Основы техники безопасности и противопожарной техники в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1966 г. – 288 с.
18. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://base.garant.ru/4174553/>
19. СП 52.1330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/456054197>

20. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/901866259>
21. Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://docs.cntd.ru/document/901703281>
22. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200001648>
23. Кукин П. П. Безопасность технологических процессов и производств. – М.: Высш. шк., 2001.
24. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 2007 г. – 616 с.
25. Нефть и связанные с ней проблемы экологии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neftok.ru/raznoe/neft-i-ekologiya.html>
26. ГОСТ Р.22.0.02.-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200139176>
27. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий [Электронный ресурс]. Режим доступа:
http://www.yondi.ru/inner_c_article_id_480.phtm
28. Пожар [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Пожар>
29. Взрыв [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/Взрыв>
30. Пожарная профилактика [Электронный ресурс]. Режим доступа:
<http://bse.sci-lib.com/article090505.html>
31. Трудовой кодекс РФ [Электронный ресурс]. Режим доступа:
http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/