

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»  
 Отделение нефтегазового дела

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технологический расчет трехфазного сепаратора

УДК 622.276.8.054.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E41	Сайдамов Евгений Владимирович		

Руководитель ВКР

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

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД ШБИП ТПУ	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
<b>Общекультурные компетенции</b>		
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>
<b>Профессиональные компетенции</b>		
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 процессов в нефтегазовой отрасли, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной продукции.	Требования ФГОС (ПК-7; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПК-2; ПК-4; ПК-16),

	состояние и остаточный ресурс действующего технологического оборудования, в случае необходимости обеспечивать ремонтно-восстановительные работы на производственных участках предприятия.	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	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

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

Министерство 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 нефтегазового дела

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	Сайдамову Евгению Владимировичу

Тема работы:

Технологический расчет трехфазного сепаратора	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1007/с 08.02.2019

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.05.2019
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Объектом исследования является трехфазный сепаратор.</p> <p>Q нефти = 17 000 м<sup>3</sup>/сутки</p> <p>Температура эмульсии, T = 20С<sup>o</sup></p> <p>Давление сепараторе, P = 1,0 МПа</p> <p>Плотность нефти, ρ нефти = 872,4 кг/м<sup>3</sup></p> <p>Вязкость нефти, μ нефти = 33,0 мм<sup>2</sup>/с</p> <p>Плотность нефти, ρ воды = 998,2 кг/м<sup>3</sup></p> <p>Вязкость нефти, μ воды = 1,006 мм<sup>2</sup>/с</p>
---	---

	Обводненность, $w = 22\%$ Газовый фактор, $\gamma_0 = 80 \text{ м}^3/\text{т}$
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Аналитический обзор литературы по сепараторам.</li> <li>• Исследование конструкции сепаратора и принципа его работы.</li> <li>• Описание технологической схемы.</li> <li>• Расчет трехфазного сепаратора.</li> <li>• Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность.</li> <li>• Социальная ответственность на нефтегазовом предприятии.</li> </ul>
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Чертеж сепаратора; Чертеж опоры; Спецификация.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент и ресурсоэффективность	<b>Трубникова Наталья Валерьевна</b>
Социальная ответственность	<b>Черемискина Мария Сергеевна</b>
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

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

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Зиякаев Григорий Ракинович	К.Т.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4E41	Сайдамов Евгений Владимирович		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 76 с., 19 рис., 28 табл., 30 источника.

Ключевые слова: трехфазный сепаратор, сепарация, нефть, технологическая схема, обводненность.

Объектом исследования является трехфазный сепаратор.

Цель работы – технологический расчет сепаратора.

В процессе исследования проводилось изучение конструкции сепаратора и принципа его работы, изучение технологической схемы, изучение методики расчета сепаратора.

В результате исследования был проведен технологический расчет сепаратора.

Область применения: нефтегазовое производство.



## **Определения, обозначения, сокращения**

ПНГ – попутный нефтяной газ

ГПЗ – газоперерабатывающий завод

ШФЛУ – широкая фракция легких углеводородов

СПБТ – сжиженный пропан-бутан технический

СГБ – стабильный газовый бензин

СПГ – сжиженный природный газ

ДНС – дожимная насосная станция

КСП – комплексный сборный пункт

ЦПС – центральный пункт сбора

КСУ – конечная сепарационная установка

КС – компрессорная станция

БКНС – блочная кустовая насосная станция

ГПУ – газопоршневая установка

ГТЭС – газотурбинная электростанция

УПН – установка подготовки нефти

## Оглавление

Введение.....	11
1 Обзор литературы.....	12
2 Трехфазный сепаратор.....	15
2.1 Принцип действия трехфазного сепаратора.....	17
2.2 Внутрикорпусные устройства трехфазных сепараторов.....	20
3 Описание технологической схемы.....	23
4 Расчет трехфазного сепаратора.....	25
4.1 Материальный баланс.....	25
4.2 Технологический расчет.....	26
4.3 Механический расчет.....	30
4.4 Гидравлический расчет.....	37
5 Финансовый менеджмент ресурсоэффективности и ресурсосбережения..	39
6 Социальная ответственность.....	61
Заключение.....	73
Список использованных источников.....	74

## **Введение**

Нефть, на сегодняшний день является основным энергоносителем в России, так как играет важную роль в экономике страны. Но сразу использовать нефть, добытую из скважин экономически не целесообразно, потому что в сырой нефти содержится большое количество механических примесей (песок, глина, часть бурового раствора и т.п.), а также большое содержание солей в пластовой воде. При использовании не подготовленной нефти, может вызвать ряд проблем в технологии и дальнейшей переработке. В целях уменьшения механических примесей в добываемой сырой нефти и увеличения качества товарной нефти необходима предварительная подготовка.

Большая часть месторождений России, пребывает на поздних стадиях разработки. В данном этапе добыча нефти усложняется большим объемом пластовой воды. Наличие пластовой воды усложняет работу трубопроводов, вызывает коррозию металла. Разделение добываемой скважиной продукции на три фазы становится актуальной. Можно решить данную проблему устанавливая два сепаратора «нефть/газ» и «нефть/вода» или установив один трехфазный сепаратор. Все эти варианты используются на производстве и в технологических схемах.

Целью данной выпускной работы является технологический расчет сепаратора.

Для достижения поставленной цели необходимо решить задачи:

1. Провести обзор литературы по теме работы.
2. Исследовать конструкцию сепаратора и принцип его работы.
3. Описать технологическую схему.
4. Провести расчет трехфазного сепаратора.

## 1 Обзор литературы

Прогрессирующие обводнение нефти характерная особенность нефтяных месторождений. В таких условиях, сброс пластовой воды на первоначальном участке сбора нефти имеет большое экономическое значение. Сброс позволяет сократить затраты энергии на транспортировку добываемой нефти и затраты на пунктах подготовки нефти.

Работы Антониади Д.Г., Андреева В.Е., Башкирцевой Н.Ю., Глущенко В.Н., Дроздова А.Н., Зейгмана Ю.В., Ибатуллина Р.Р., Мансурова Р.И., Маринина Н.С., Мищенко И.Т., Муслимова Р.Х., Петрова А.А., Позднышева Г.Н., Рогачева М.К., Саватеева Ю.Н., Сахабутдинова Р.З., Тронова В.П. и ряда других ученых внесли большой вклад технологию добычи, сбора и подготовки продукции скважин.

Рассмотрены вопросы сбора и подготовки скважинной продукции в работах: Г.Н. Позднышева, В.П. Тронова, Н.М. Байкова, Р.И. Мансурова, М.З. Мавлютова, В.А. Крюкова, Ю.Н. Савватеев, Н.С. Маринина, Г.С. Лутошкина, М.Д. Валеева, Д.М. Бриля, В.Ф. Голубева, Д.С. Баймухаметова, Ш.Г. Гатауллина, О.М. Юсупова, Б.Г. Валяева, В.В. Трофимова, К.Н. Фаттахова и др.

Научно-исследовательские институты БашНИПИнефть, ИПТЭР, Гипровостокнефть, ТатНИПИнефть, СибНИИНП, и др., занимаются исследования подготовки нефти

Ряд патентов посвящен конструкциям сепараторов. Так, например, в патенте № 1 126 309 представлен горизонтальный сепаратор. Данный сепаратор имеет повышенную эксплуатационную надежность, за счет усовершенствования конструкции (рисунок 1).

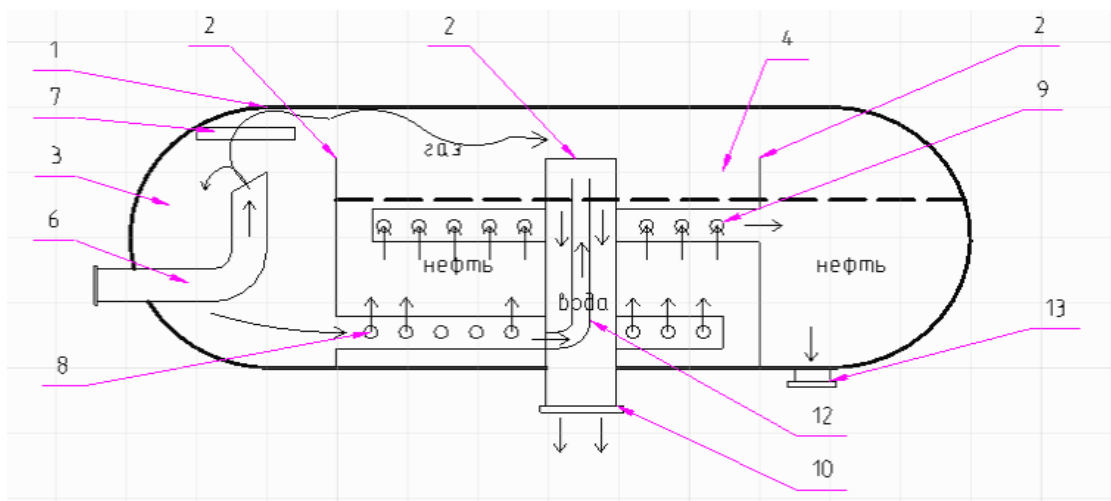


Рисунок 1 – Конструкция сепаратора из патента № 1 126 309: 1 – корпус сепаратора; 2 –перегородка для разделения отсеков; 3 – входной отсек; 4 – отстойный отсек; 5 – накопительный отсек; 6 – патрубок; 7 – каплеотбойник; 8 – распределители; 9 – отборники; 10 – устройство для вывода газа и тяжелой жидкости; 11 – наружная труба; 12 – внутренние трубы; 13 – патрубок.

Конструкция трёхфазного сепаратора так же представлена в патенте Сорокина А.В., Смирнова В.А., и Симонова В.А. № 2 050 923. Конструкция представлена на рисунке 2. Данный сепаратор в отличие от обычного снабжен дренажным стаканом для механических примесей.

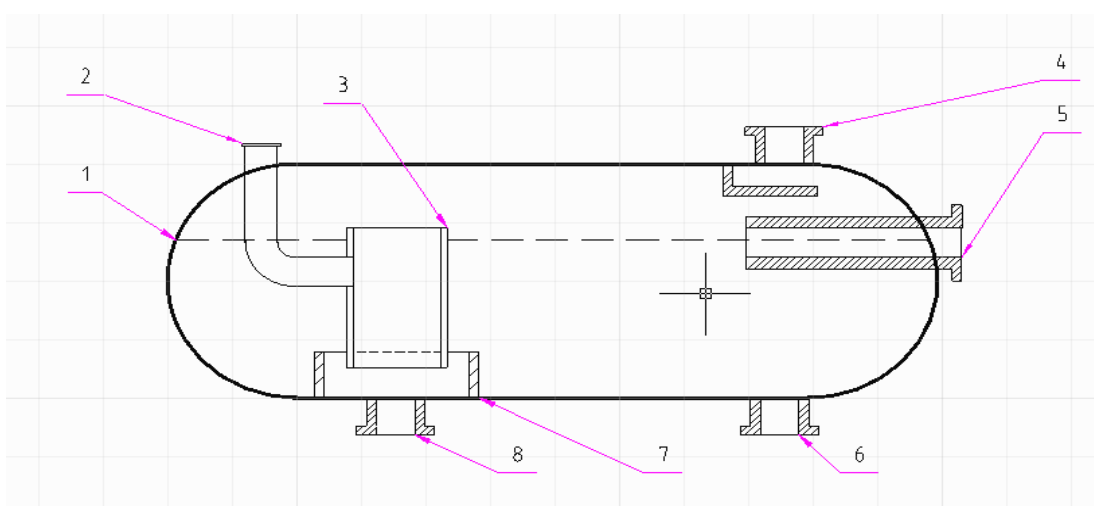


Рисунок 2 – Трёхфазный сепаратор: 1 – резервуар горизонтальный; 2 – патрубок для подачи эмульсии; 3 – вертикальный патрубок; 4 – патрубок выхода газа; 5 – патрубок выхода нефти; 6 – патрубок выхода воды; 7 – стакан дренажа механических примесей; 8 – патрубок вывода шлама

Работе сепаратора, моделированию процессов внутри него освещен ряд научных статей. Так, например, в статье Кима С.Ф., Ушевой Н.В., Самборской М.А., Мойзеса О.Е., Кузьменко Е.А. предложена математическая модель трёхфазного сепаратора. Модель отражает процессы сепарации каплеобразования и отстаивания. В диссертации Кривцова В.А. «Разработка на объектах добычи нефти технологии предварительного сброса воды» проведен анализ современного состояния подготовки нефти на промысле. Предложена простая технологическая схема сброса воды (рисунок 3).

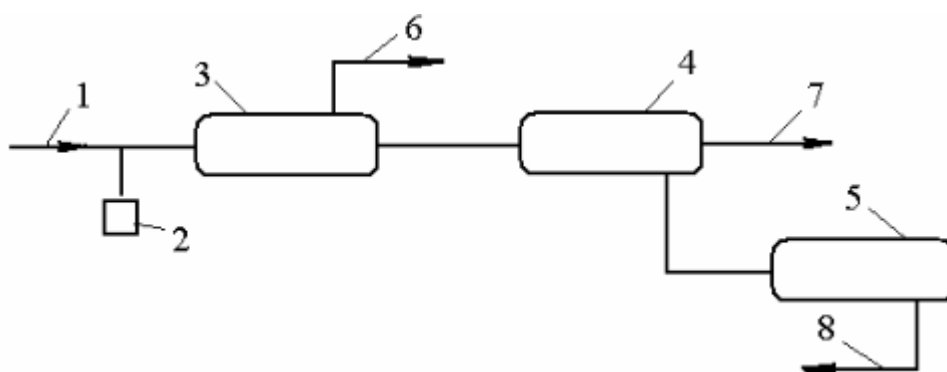


Рисунок 3 – Технологическая схема объекта предварительного сброса пластовой воды в системе сбора: 1 – нефтесборный коллектор ; 2 – блок ввода реагента – деэмульгатора; 3 – сепаратор; 4 – аппарат для предварительного сброса пластовой воды; 5 – емкость для пластовой воды; 6 – газопровод; 7 – нефтепровод; 8 – водопровод

При наличии такой схемы необходимо создать ряд условий по подготовки эмульсии к расслоению, и должен применяться эффективный сепаратор.

Для успешной реализации любого из вышеизложенных проектов, необходимы научные и технологические исследования. Сложности, с которыми специалисты сталкиваются на промысле лежат в основе научных изысканий.

## 2 Трехфазный сепаратор

Процесс отделения жидкой фазы от газообразной называется сепарация. Процесс сепарации происходит при снижении давления и увеличении температуры. Учитывая, что выделяемая жидкость и газ имеют избыточное давление, сепарацию осуществляют в сосудах, работающих под давлением – сепараторах.

В составе скважинной продукции, после прорыва воды появляется третья фаза (несмешиваемая) – вода. Во время разработки месторождения, для поддержания пластового давления применяют заводнения, что приводит к увеличению концентрации воды в нефти. Когда обводненность достигает критического уровня, эксплуатировать месторождение становится не рентабельно. В связи с этим, важно правильно сформировать систему транспортировки, очистки и закачки воды. Это будет способствовать увеличению время разработки месторождения, и как следствие получению большего объема нефти за период эксплуатации. Соответственно, задача разделения на три фазы актуальна при процессе разработки и эксплуатации месторождения.

Рассмотрим схему трехфазного сепаратора (рисунок 4). Данная конструкция сепаратора является базовой, она выполняет сброс объема свободного газа и воды. Перегородка 5 удерживает уровень жидкости в сепараторе, нефть переливается через перегородку в камеру сбора нефти и затем выходит из сепаратора через штуцер 8. Вода сбрасывается из сепаратора по штуцеру 9, которая находится перед перегородкой 5. Для углубления и интенсификации разделения фаз в сепараторах устанавливаются устройства распределения и гидродинамической коалесценции 4. [1-3]

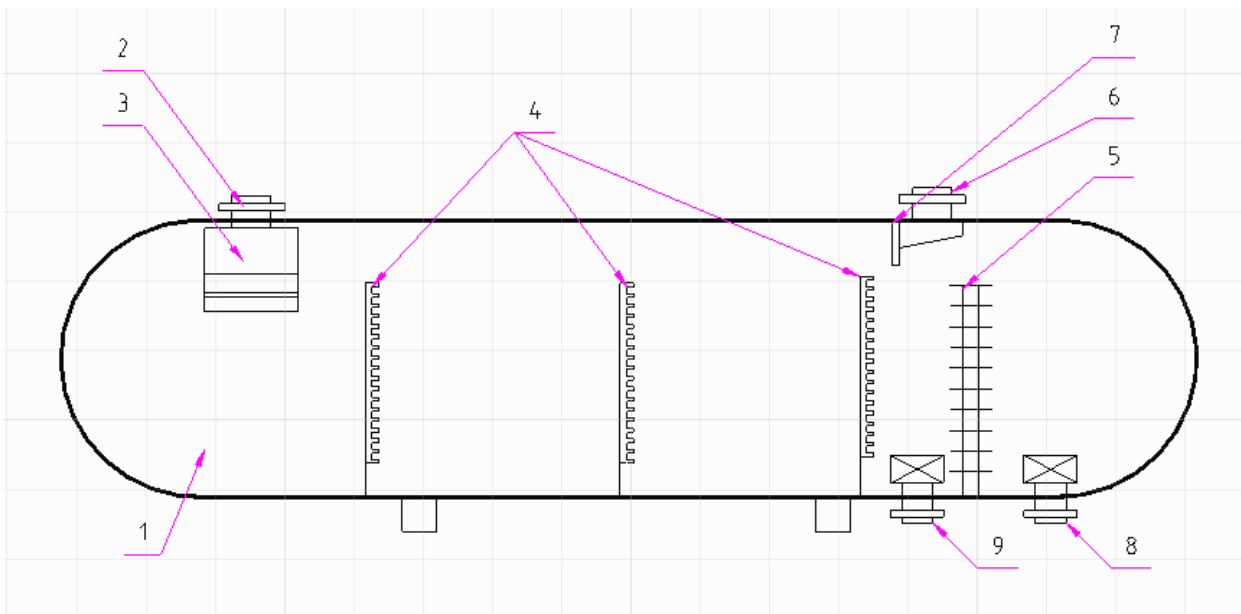


Рисунок 4 – Принципиальные конструкции трехфазных сепараторов:

1-корпус; 2 - штуцер ввода скважинной продукции; 3- устройство приема газожидкостной смеси;

4- устройства распределения и гидродинамической коалесценции; 5- переливная перегородка; 6- штуцер вывода газа, 7-каплеуловитель; 8- штуцер вывода нефти; 9- штуцер вывода воды

Функциями сепаратора являются:

- разделение добытых нефтепродуктов на три фракции: нефть, газовый конденсат и воду;
- очистка нефтяного газа от взвешенных частиц, нефти, конденсата и влаги;
- осуществление сброса и подготовка пластовой воды;
- обезвоживание нефти до 5-20%.



## 2.1 Принцип действия трехфазного сепаратора

Назначение трехфазного сепаратора в разделение нефти, газа и воды.

На рисунке 5 показана модель сепарации нефть-газ-вода.

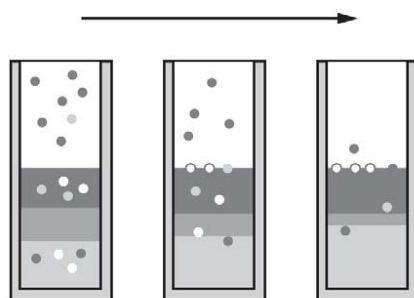


Рисунок 5 – Модель сепарации в системе нефть-газ-вода

Наличие дисперсной зоны между нефтью и водой является отличим двухфазной сепарации от трехфазной. В дисперсной зоне маленькие капельки одной фазы, рассеяны в другой фазе. Эта зона не является только нефтью или водой. Данная зона является нестабильной и за определенное время, и за счет коалесценции происходит переход рассеянных капель жидкостей в непрерывную фазу. За счет этого граница дисперсной зоны становятся менее четкими и затем происходит полное разделение фаз. Таким образом происходит разделение, капли воды переходят в водную зону, а капли нефти проходя через слой воды поднимаются в нефтяную фазу. Частицы газа находящиеся в обоих фазах поднимаются вверх, через зону воды и нефти. [4]

В процессе трехфазной сепарации одновременно осуществляется четыре процесса:

1. Пузырьки газа проходят через слой нефти и воды.
2. Капли воды оседают в слое нефти.
3. Капли нефти поднимаются в слое воды.
4. Коалесценция капель дисперсной фазы с соответствующей непрерывной зоной.

Процесс разделения фаз весьма долговременный, когда же фазы разделились, система приходит в термодинамическое равновесие. Данный процесс увеличивает сложность расчётов оборудования.

На рисунке 8 представлен принцип работы трехфазного сепаратора. Технологической особенностью трёхфазного сепаратора является то, что на постепенное разделение смеси происходит на входе в сепаратор, образуется дисперсная зона и ее постепенный размыв.

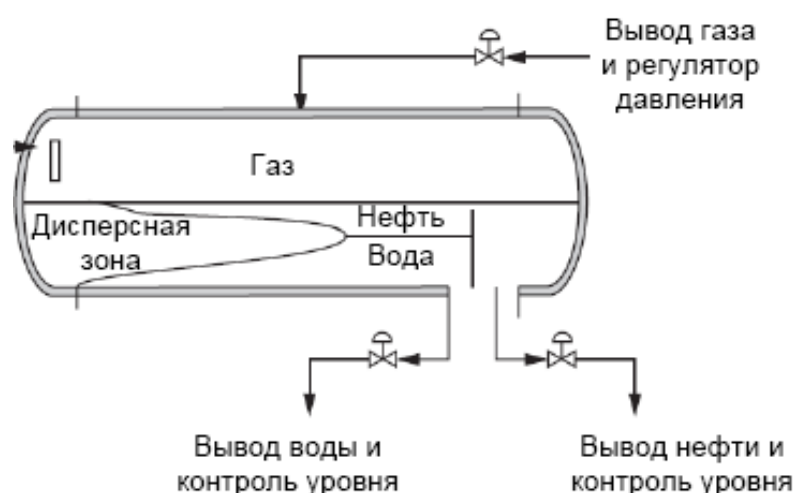


Рисунок 6 – Принцип работы трехфазного сепаратора

Трёхфазные сепараторы могут иметь как горизонтальную, так и вертикальную ориентацию (рисунок 7 и 8).



Рисунок 7 – Трёхфазный горизонтальный сепаратор



Рисунок 8 – Вертикальные сепараторы

Скважинная продукция попадает в емкость сепаратора. Из-за удара о входную перегородку резко снижает импульс потока. Первый этап разделение происходит на этой перегородке так же, как и в случае двухфазной сепарации, после прохождения многофазной смеси через входную перегородку, капли жидкости будут уноситься потоком газа в составе жидкой фазы, а пузырьки газа – всплывать из жидкости. В большинстве случаев в конструкции входной перегородки предусмотрена установка переточной трубы, которая подаёт двухфазную смесь нефть-вода ниже уровня раздела фаз газ-нефть.

На рисунке 10 показано принципиальное устройство вертикального трёхфазного сепаратора. Через входное отверстие трёхфазный поток входит в сепаратор. Сразу после прохождения через входную перегородку, отделившийся газ проходит в камеру для газа, а нефть и вода поступают через переточную трубу в нижнюю часть сепаратора, где и происходит разделение смеси на составляющие фазы. [3]

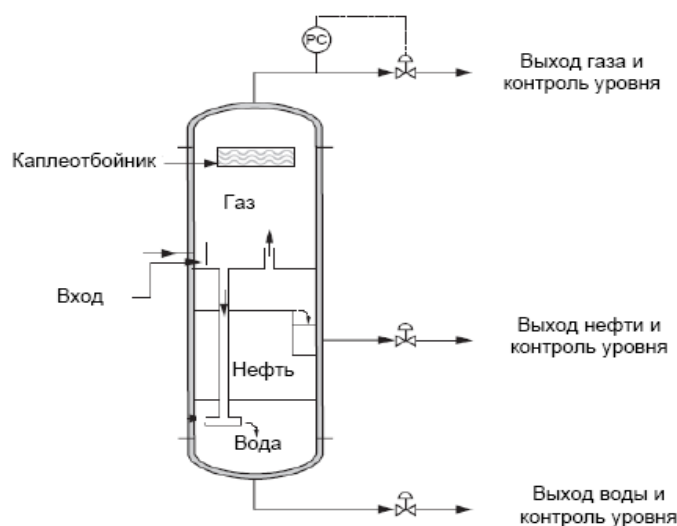


Рисунок 9 – Принципиальное устройство вертикального трехфазного сепаратора

## 2.2 Внутреннее корпусное устройства трехфазных сепараторов

Внутреннее корпусное устройства активно используются для повышения эффективности работы сепараторов. Большинство устройств, которые были описаны в разделе «нефтегазовые сепараторы» также нашли своё применение и в трёхфазных сепараторах. Однако существует ряд устройств, которые используются исключительно в случае трёхфазной сепарации. К ним относятся, например, коалесцирующие устройства.

Коалесцирующие устройства – это специальные устройства, которые помещают в сепаратор для увеличения диаметра частиц дисперсной фазы, в результате чего увеличивается скорость их осаждения. Таким образом, с помощью данных устройств можно уменьшить размеры сепаратора. Коалесцирующее устройство может представлять собой набивочный материал пластинчатого типа с поперечным потоком или набивку матричного типа.



Рисунок 10 – Коалесцирующие устройства

Переливные перегородки. Как уже было упомянуто ранее, отличительной особенностью процесса трёхфазной сепарации является образование дисперсной зоны между слоями нефти и воды. Конструкция выходной перегородки имеет принципиальное значение для точного разделения фаз, при этом жидкость из дисперсной зоны не должна попасть в выходные патрубки сепаратора. Поэтому для контроля межфазного уровня необходимо измерить разницу плотностей нефти и воды. Наличие эмульсий может препятствовать такому измерению. Уровни нефти или воды можно измерить плавающими датчиками уровня, которые сочетают простоту конструкционного решения и надежность в процессе эксплуатации.

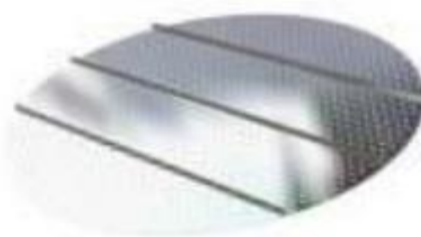


Рисунок 11 – Перегородка

Рассмотрим основные типы переливных перегородок, которые используются в конструкции трёхфазного сепаратора.

Простая переливная перегородка. Переливная перегородка является простой по конструкции и относительно недорогой. Она позволяет легко различать водную и нефтяную фазы в течение относительно короткого периода времени. Однако при этом необходимо обеспечить точный контроль межфазного уровня, а наличие отсека сбора нефти сокращает объем части сепаратора, предназначенной для сепарации.

Емкость и переливная перегородка. В данной конструкции нефть и межфазные уровни фиксируются соответственно перегородками для нефти и воды. В связи с этим используются только плавающие датчики уровня. В данном примере отсек сбора воды сокращает объем части сепаратора, предназначенный для сепарации.

Емкость и вертикальная труба: альтернативная конструкция предусматривает откачку нефти и воды с помощью насосов по вертикальным трубам вверх аппарата. Регуляторы уровня нефти и воды используются для контроля за включением/отключением насоса.

### 3 Описание технологической схемы

Технологическая схема центрального пункта сбора приведена на рисунке 12.

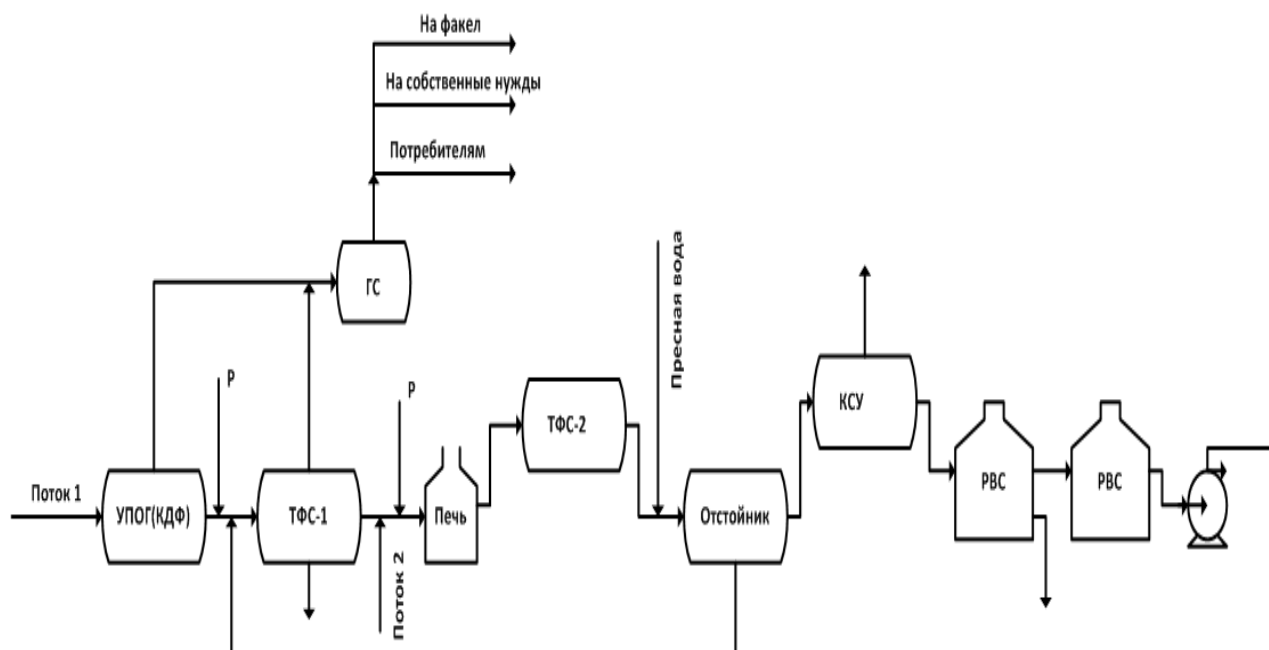


Рисунок 12 – Технологическая схема ЦПС: УПОГ – узел предварительного отбора газа; КДФ – концевой делитель фаз; ТФС-1, ТФС-2 – трехфазный сепаратор первой, второй ступени соответственно; ГС – газовый сепаратор; П – печь; О – отстойник; КСУ – концевая сепарационная установка; РВС – резервуар. Поток 1 – продукция скважин; поток 2 – предварительно подготовленный

Сырье, поступающее на пункт сбора, разделено на два потока:

- продукция скважин;
- частично подготовленное - после разгазирования и предварительного сброса воды.

Поток сырья 1 под давлением 0,6 МПа поступает на узел предварительного отбора газа (УПОГ), где происходит отделение свободного газа и трехфазный сепаратор (ТФС-1) объемом 50 м<sup>3</sup>, для частичного разгазирования и сброса свободной воды. Остаточное содержание воды на выходе из ТФС-1 составляет 10 %. Вместо УПОГ можно рекомендовать

использовать концевой делитель фаз (КДФ), остаточное содержание воды на выходе из которого составляет до 1-2%. Газ с УПОГ (КДФ) и ТФС-1, пройдя через газовый сепаратор ГС (давление 0,5 МПа), делится на три потока:

1. сжигается на факеле;
2. используется на собственные нужды;
3. отправляется внешним потребителям.

Перед входом в ТФС-1 в поток добавляется деэмульгатор. Ввод реагента можно осуществлять в товарном или разбавленном виде. Применение разбавленных растворов обеспечивает лучшее распределение деэмульгатора в обрабатываемой нефтяной среде, уменьшает время массообмена деэмульгатора с веществом адсорбированного слоя на глобулах эмульгированной пластовой воды и приводит к снижению расхода деэмульгатора на 15-20 %.

Нефть потока 1, пройдя предварительную подготовку, смешивается с потоком 2 (нефть, прошедшая подготовку на ДНС и УПСВ). Полученный поток смешивается с деэмульгатором и подается на печь, где подогревается до 40-50 °С. Поток после печи поступает в два параллельно работающих ТФС-2 объемом 200 м<sup>3</sup> каждый для сброса пластовой воды и стабилизации нефти при давлении 0,3 МПа.

Учитывая минерализацию пластовых вод, необходимо провести процесс обессоливания нефти. Поэтому далее нефтяная эмульсия смешивается с пресной водой и поступает в два параллельно работающих отстойника объемом 200 м<sup>3</sup> каждый. Рекомендуется процесс обессоливания нефти проводить в одну ступень с глубоким обезвоживанием. После отстойника нефть с содержанием воды 0,5 % поступает на концевую сепарационную установку (КСУ), где при давлении 0,105 МПа и температуре 39-42 °С происходит окончательная дегазация. Из КСУ нефть самотеком перетекает в товарный резервуар (РВС) и далее насосом откачивается в нефтепровод.



## 4. Расчет трехфазного сепаратора

### Исходные данные

Производительность нефти, $Q_{\text{нефти}}$	17 000 м <sup>3</sup> /сут
Температура эмульсии, T	20 С°
Давление сепараторе, P	1,0 МПа
Плотность нефти, $\rho_{\text{нефти}}$	872,4 кг/м <sup>3</sup>
Вязкость нефти, $\mu_{\text{нефти}}$	33,0 мм <sup>2</sup> /с
Плотность воды, $\rho_{\text{воды}}$	998,2 кг/м <sup>3</sup>
Вязкость воды, $\mu_{\text{воды}}$	1,006 мм <sup>2</sup> /с
Обводненность, w	22%
Газовый фактор, $g_0$	80 м <sup>3</sup> /т

### 4.1 Материальный баланс

Сепарация является по своей физической сущности сочетанием массообменных и физических процессов, протекающих между газовой и жидкой фазой, содержащими большое количество компонентов, т.е. является сложным многокомпонентным процессом.

$$Q_{\text{сырья}} = Q_{\text{нефти}} + Q_{\text{воды}} + Q_{\text{газа}}; \quad (1)$$

По условию задан газовый фактор равный 80 м<sup>3</sup>/т .

Производительность по нефти  $Q_{\text{нефти}} = 17\,000$  м<sup>3</sup>/сутки

Производительность в единицах массы:

$$M_{\text{нефть}} = \rho_{\text{нефть}} \cdot Q_{\text{нефти}} = 872,4 \cdot 17000 = 14830 \text{ т /сутки} \quad (2)$$

Выход газа, приведенного к нормальным условиям, составит:

$$Q_{\text{газа}} = 80 \cdot 17000 = 1360000 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

Если плотность газа при нормальных условиях составляет  $1,6 \text{ кг/м}^3$ , то производительность по газу составит:

$$M_{\text{газа}} = \rho_{\text{газа}} \cdot Q_{\text{газа}} = 1,6 \cdot 1360000 = 2176000 \text{ кг/сутки} = 2176 \text{ т/сутки}$$

Рассчитаем  $M_{\text{воды}}$  из отношения

$$w = \frac{M_{\text{воды}}}{M_{\text{воды}} + M_{\text{нефти}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

$w$  - начальная обводненность нефти, 22 % масс.

$$M_{\text{воды}} = w \cdot \frac{M_{\text{нефти}}}{100-w} = 22 \cdot \frac{14830}{78} = 4183 \text{ т/сутки} \quad (4)$$

Объем воды:

$$Q_{\text{воды}} = \frac{M_{\text{воды}}}{\rho_{\text{воды}}} = \frac{4183000}{998,2} = 4191 \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (5)$$

$$Q_{\text{сырья}} = 17000 + 4191 + 1360000 = 1\,381\,000 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

$$M_{\text{сырья}} = 14830 + 4183 + 2176 = 21\,190 \text{ т/сутки}$$

## 4.2 Технологический расчет

Для определения диаметра и высоты сепаратора необходимо выполнить технологический расчет. Первоначально был задан тип сепаратора, таким образом, необходимо вычислить размеры трёхфазного сепаратора для разделения скважинной продукции на фазы нефти, газа и воды.

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

$$Q_{\text{нефти}} = 17000 \text{ м}^3/\text{сутки} \cdot \frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,197 \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (6)$$

$$Q_{\text{вода}} = 4191 \text{ м}^3/\text{сутки} \cdot \frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,049 \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (7)$$

Для того чтобы вычислить расход газа в условиях сепарации, необходимо расход газа при стандартных условиях умножить на плотность газа при стандартных условиях и поделить на плотность газа в условиях сепарации.

$$Q_{\text{газа}} = Q_{\text{ст-газ}} \cdot \frac{\rho_{\text{ст-газ}}}{\rho_{\text{газ}}} = 1360000 \text{ м}^3/\text{сут} \cdot \frac{1}{24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot \frac{1,6}{4,6 \cdot 1,6} = 3,422 \text{ м}^3/\text{сутки} \quad (8)$$

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.

$$U_{\text{max}} = K \cdot \sqrt{\frac{(\rho_{\text{нефть}} - \rho_{\text{газ}})}{\rho_{\text{газ}}}} \quad (9)$$

В уравнении Саудер-Брауна значение коэффициента при горизонтальном виде сепаратора и наличии лопастного каплеотбойника принимают равным 0,12 м/с. [8]

$$U_{\text{max}} = 0,12 \cdot \sqrt{\frac{(872,4 - 7,36)}{7,36}} = 1,301 \text{ м/с}$$

Зная скорость и расход газа, вычисляем минимальную площадь сечения, необходимую для газовой фазы.

$$A_{\text{газ}} = \frac{Q_{\text{газа}}}{U_{\text{max}}} = \frac{3,422}{1,301} = 2,63 \text{ м}^2 \quad (10)$$

Вычислим скорость осаждения капли воды в слое нефти. Зададим дополнительное условие на размер капель воды в слое нефти, которые должны быть больше, чем 0,01 мм.

$$U_p = \frac{g \cdot d_p^2 \cdot (\rho_{\text{воды}} - \rho_{\text{нефти}})}{18 \cdot \mu_{\text{эф}} \cdot \rho_{\text{нефти}}} \quad (11)$$

где  $d_p$  – диаметр капли воды, м;

$$\mu_{\text{эф}} = \mu_{\text{нефти}} \cdot \frac{2 \cdot \mu_{\text{нефти}} + 3 \cdot \mu_{\text{воды}}}{3(\mu_{\text{нефти}} + \mu_{\text{воды}})} = 33,0 \cdot \frac{2 \cdot 33,0 + 3 \cdot 1,006}{3 \cdot (33,0 + 1,006)} = 22,325$$

Вычислим скорость оседания капель воды, диаметр которых  $2,5 \cdot 10^{-4}$  м.

$$U_p = \frac{9,81 \cdot (2,5 \cdot 10^{-4})^2 \cdot (998,2 - 872,4)}{18 \cdot 22,325 \cdot 10^{-6} \cdot 872,4} = 3,125 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Максимальная осевая скорость потока принимается скорости осаждения/всплытия капли, умноженной на пятнадцать:

$$U_{max} = 15 \cdot U_p = 15 \cdot 3,125 \cdot 10^{-3} = 0,047 \text{ м/с} \quad (12)$$

Для того чтобы не появилась турбулентные завихрения между фазами нефти и воды, аксиальные скорости движения этих двух фаз должна быть постоянны. Вычисляем необходимую минимальную площадь сечения сепаратора для разделения нефтяной и водной фазы. [10;11]

$$A_{\text{нефть}} = \frac{Q_{\text{нефть}}}{U_{ax}} = \frac{0,197}{0,047} = 4,2 \text{ м}^2 \quad (13)$$

$$A_{\text{вода}} = \frac{Q_{\text{вода}}}{U_{ax}} = \frac{0,049}{0,047} = 1,035 \text{ м}^2 \quad (14)$$

Таким образом, суммарная площадь сепаратора равна:

$$A_{\text{сеп}} = (A_{\text{газ}} + A_{\text{нефть}} + A_{\text{вода}}) = 4,2 + 1,035 + 2,63 = 7,86 \text{ м}^2 \quad (15)$$

Минимальный диаметр сепаратора равен:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,86}{3,14}} = 3,2 \text{ м} \quad (16)$$

Коэффициентом стройности сепаратора называется отношения диаметра к длине (SR – Slenderness Ratio). Данное соотношение для стандартных сепараторов обычно остаётся примерно постоянным и равно  $s=4,5$ . [12]

Минимальная длина сепаратора равна:

$$L = s \cdot D = 4,5 \cdot 3,2 = 14,25 \text{ м} \quad (17)$$

Объем сепаратора:

$$V = A \cdot L = 7,86 \cdot 14,25 = 116,9 \text{ м}^3 \quad (18)$$

Рассчитаем уровни раздела фаз в горизонтальном сепараторе. Для нахождения высоты сегментов воспользуемся диаграммой на рисунке 13.

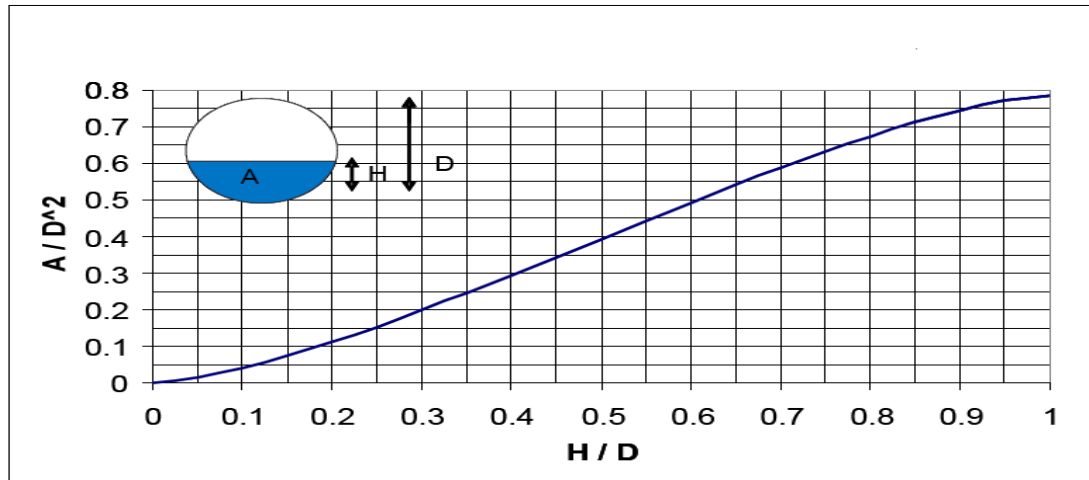


Рисунок 13 - Зависимость объема жидкости от уровня раздела фаз в горизонтальном сепараторе

Нижний сегмент занимает вода

$$\frac{A_{\text{вода}}}{D^2} = \frac{1,035}{3,164^2} = 0,103 \text{ м}$$

Для вычисления уровня нефти учитываем сумму площадей сечения воды и нефти:

$$\frac{A_{\text{вода}} + A_{\text{нефть}}}{D^2} = \frac{1,035 + 4,2}{3,164^2} = 0,523 \text{ м}$$

Определяем по диаграмме высоту уровня воды

$$\frac{h_{\text{вода}}}{D} = 0,18; \quad H_{\text{вода}} = 0,18 \cdot 3,164 = 0,57 \text{ м}$$

$$\frac{h_{\text{вода}} + h_{\text{нефть}}}{D} = 0,625; \quad h_{\text{вода}} + h_{\text{нефть}} = 0,625 \cdot 3,164 = 1,978 \text{ м}$$

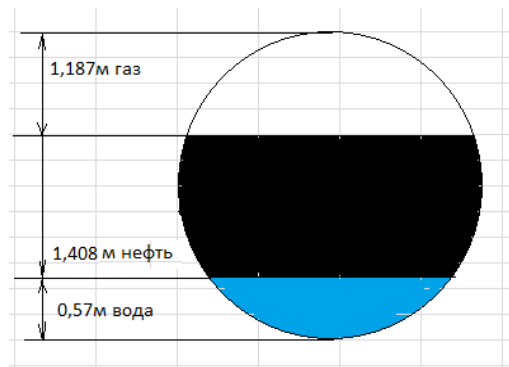


Рисунок 14 - Уровни раздела фаз

## 4.3 Механический расчет

Механический расчет включает этапы:

- расчет толщины обечайки;
- подбор крышки и днища;
- расчет конструктивных элементов;
- расчет и подбор опоры сепаратора.

### 4.3.1 Расчет толщины обечайки

Сепараторы НГСВ производятся из двух видов материалов:

Исполнение 1 – сталь 09Г2С-6. Сепараторы нефтегазовые НГСВ, изготовленные из этого материала, подходят для работы при температуре от минус 40°C.

Исполнение 2 – сталь 09Г2С-8. Сепараторы нефтегазовые НГСВ, изготовленные из этого материала, подходят для работы при температуре от минус 60°C.

Для изготовления обечайки и днища применяется сталь 09Г2С-8 (ГОСТ 5520-62), имеет широкий диапазон температурной выносливости от -70 до +450 градусов. При этом марка 09Г2С-8 отличается легкой свариваемостью. Это позволяет изготавливать из листового проката достаточно тонкие, но очень прочные конструкции для химической, нефтяной, газовой и других типов промышленности.

Расчет толщины обечайки выполняем в соответствии с ГОСТ 14249-80.

Исполнительная толщина тонкостенной гладкой цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением, рассчитывается по формуле:

$$s \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c \quad (19)$$

Для обечайки, имеющей диаметр  $D \geq 200$  мм, должно соблюдаться условие

$$(s - c)/D \leq 0,1 \quad (20)$$

Суммарную прибавку к номинальной расчетной толщине стенки определяем по формуле:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (21)$$

где  $C_1$  - прибавка на коррозию (1мм),  $C_2$  – прибавка на минусовое отклонение по толщине листа, примем 0,7 мм,  $C_3$  – технологическая прибавка, примем 0,5 мм.

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

Для марки стали 09Г2С рассчитывается допустимое напряжение по следующей формуле:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* \quad (22)$$

где  $\eta = 0,9$  – коэффициент для пожароопасных и взрывоопасных сред;  $\sigma^* = 183$  МПа – допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 20 °С.

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

$\varphi = 0,9$  – коэффициент прочности сварных швов: стыковых, выполненных автоматической или полуавтоматической сваркой с одной стороны, с флюсовой или керамической подкладкой, при контроле 100 % длины шва. [13]

Рассчитываем толщину стенки обечайки по формуле:

$$S \geq \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P} + c = \frac{1 \cdot 3,2}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 - 1} + 0,0023 = 0,013 \text{ м} \quad (23)$$

Примем толщину стенки обечайки равной 14мм.

Проверка условия:  $(11 - 2,3)/3164 \leq 0,1$ .

Допускаемое давление в обечайке определяем по формуле:

$$P_D = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi (s - c_k)}{D_b + (s - c_k)} = \frac{2 \cdot 164,7 \cdot 0,9 (11 - 1)}{3164 + (11 - 1)} = 0,934 \text{ МПа} \quad (24)$$

### 4.3.2 Расчет эллиптического днища и крышки

Расчет толщины крышки и днища выполняется аналогично расчету толщины обечайки.

$$\varphi_{\text{днища}} = \frac{D_a - d}{D_a} = \frac{3,2 - 0,01}{3,2} = 0,996 \text{ (ослабление отверстием)} \quad (25)$$

$$S \geq \frac{1 \cdot 3,2}{2 \cdot 164,7 \cdot 0,996 - 1} + 0,0023 = 0,012 \text{ м}$$

Принимаем толщину днища равной толщине обечайки – 14 мм.

Форма днища эллиптическая с отбортовкой на цилиндр является самой используемой формой днищ в сварных сепараторах. Для нашего сепаратора подбираем два стандартных эллиптических отбортованных стальных днища с внутренними базовыми размерами типа: «Днище 3000×12-40-09Г2С ГОСТ 6533 – 68».

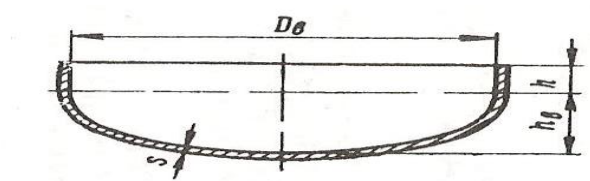


Рисунок 15 - Схема днища по ГОСТ 1235 - 67

Параметры днища приведены в таблице 1:

Таблица 1 - Параметры днища (крышки)

$D_B$ , мм	$s$ , мм	$h_n$ , мм	$h$ , мм	$F$ , м <sup>2</sup>	$V$ , м <sup>3</sup>	Масса, кг
3400	12	850	100	13.17	5.666	1251.6

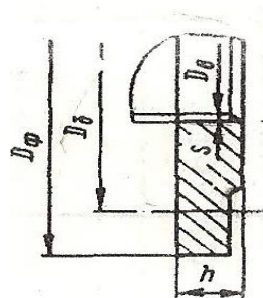


Рисунок 16 - Фланцевое крепление



Соединение обечайки с днищем и крышкой выполняют сваркой либо используют крепление на фланцах. Выбираем фланцевое соединение. Стальной плоский приварной фланец для присоединения крышки и днища к корпусу соответствует ГОСТ 1235-67. Внешний вид фланца приведен на рисунке 16.

Таблица 2 - Размеры фланца для днища и крышки

D, мм	S <sub>min</sub>	D <sub>б</sub> , мм	D <sub>ф</sub> , мм	h, мм	болты		Масса, кг
					d <sub>б</sub>	z	
3400	12	3510	3550	100	20	96	430

#### 4.3.3 Расчет конструктивных элементов

Штуцеры выбираются исходя из соответствия их конструкции и прочности рабочему давлению внутри сепаратора. Они должны обеспечивать герметичность сепаратора.

Штуцеры изготавливают из стальных труб, диаметр которых соответствует заданным параметрам. Выбирают размеры фланцев в зависимости от рабочего давления внутри сепаратора. Определяться толщина стенок штуцера по расчетам на плотность по рабочему давлению в сепараторе и нагрузкам, которые возникающим присоединении деталей трубопроводов и арматуры, но она не должна быть меньше половины толщины стенки сепаратора, к которому они привариваются. Высоту штуцера при выборе необходимо исходить из условий монтажа болтов во фланцы со стороны сепаратора, а также учитывать толщину слоя изоляции на поверхности сепаратора.

Расчет внутренних диаметров входного и выходных патрубков.

Примем скорость сырья  $\omega = 1,5$  м/с.

Расчёт диаметра патрубка для подачи скважинной жидкости:

$$d_{\text{патр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{сырья}}}{\pi \cdot \omega}} \quad (26)$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,285}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,492 = 492 \text{ мм.}$$

Расчет выходного патрубка воды:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,049}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,203 \text{ м} = 203 \text{ мм.}$$

Расчет выходного патрубка нефти:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,197}{3,14 \cdot 2}} = 0,409 \text{ м} = 409 \text{ мм.}$$

Расчет выходного патрубка газа:

Скорость газа равна 1,05 м/с.

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,422}{3,14 \cdot 15}} = 0,539 \text{ м} = 539 \text{ мм.}$$

Расчитанные диаметры округляются до ближайшего большего значения. Результаты расчета и подбора штуцеров приведены в таблице 3.

Исходя из диаметров патрубков подбираем стандартные стальные фланцы по ГОСТ 1235 – 67.

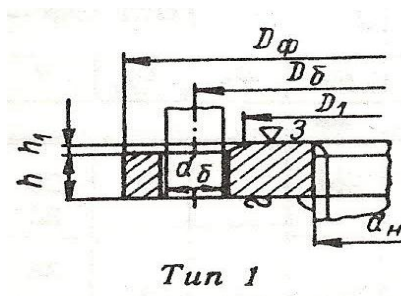


Рисунок 17 - Схема фланца по ГОСТ 1235-67

Таблица 3 - Результаты расчета и подбора штуцеров

Назначение штуцера	$D_y$ , мм	$d_n$ , мм	$D_\phi$ , мм	$h$ , мм	$D_6$ , мм	$D_1$ , мм	m, кг	болты	
								$d_6$	z
Вход смеси	600	630	625	31	625	685	39,4	M27	20
Выход газа	500	480	475	12	475	600	35	M12	4
Выход воды	200	273	270	25	270	320	28	M20	12
Выход нефти	500	530	475	31	475	600	35	M27	20

Для обслуживания сепаратора выберем люк с плоской фланцевой крышкой и откидными болтами.

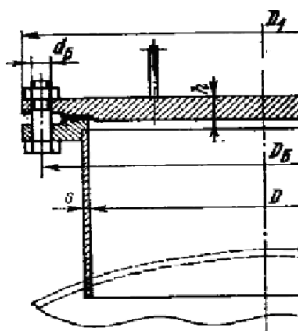


Рисунок 18 - Люк для обслуживания сепаратора

Таблица 4 - Характеристики люка для обслуживания сепаратора

$D_6$ , мм	$D_\phi$ , мм	$D_6$ , мм	$h$ , мм	$s$ , мм	$s_l$ , мм	$L$ , мм	$l$ , мм	$l_l$ , мм	Болты		Масса, кг
									$d_6$ , мм	z	
400	610	540	63	590	50	16	440	260	M36	16	230

Выберем стандартный сепаратор нефтегазовый со сбросом воды НГСВ-1,0-3400. Параметры аппарата приведены в таблице.

Таблица 5 - Параметры сепаратора НГСВ-1,0-3400

Диаметр, $D_{вн}$ , мм	Длина, $L$ , мм	Объем, $V$ , м <sup>3</sup>	Срок службы, лет, не менее	Масса, кг	Давление Условное, Мпа	Толщина стенки обечайки, мм	Люк- лаз, $D$ , мм	Коли- чество опор, шт
3400	15240	100	20	25900	0,6	12	600	2

В конструкции для обслуживания сепаратора предусмотрена стремянка. Установлен каплеуловитель струнного типа на выходе сепарированного попутного газа. Высота переливной перегородки согласно расчетам равна 612 мм.

#### 4.3.4 Расчет опор

Выбираются опоры для сепаратора в нефтяной промышленности согласно расчету максимальной нагрузки, которую во время испытания должна выдержать опора. Для подбора опоры сепаратора надо определить вес сепаратора при полном заполнении его водой.

Масса аппарата 25900 кг. Объем сепаратора 200 м<sup>3</sup>.

Масса жидкости будет равна:

$$M_{ж} = \rho \cdot V = 1000 \cdot 100 = 200000 \text{ кг} \quad (27)$$

Масса сепаратора при полном наполнении жидкостью

$$M_{ж} = M_{ж} + M_{сеп} = 200000 + 25900 = 225900 \text{ кг} \quad (28)$$

Тогда вес сепаратора равен 2,26 Мн или 2260 кН. Примем 2 опоры. Нагрузка на каждую будет составлять 1130 кН. Примем опоры П 630-1520-1 ОСТ 26-2091-93.

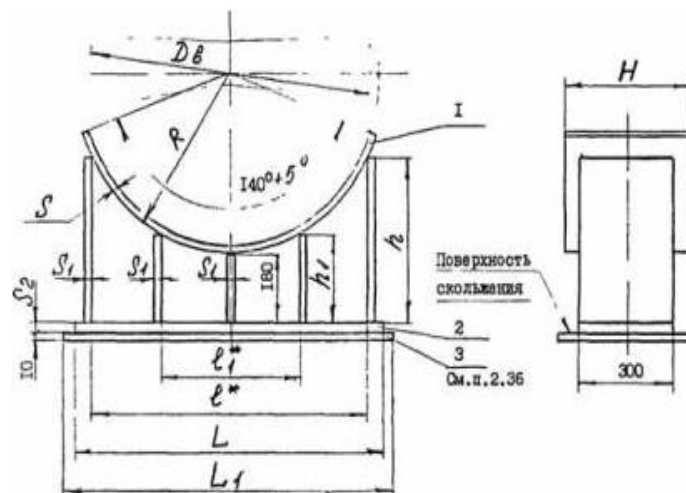


Рисунок 19 - Опора П 630-1520-1

Таблица 6 - Основные размеры опоры.

R, мм	L, мм	L1, мм	l1, мм	h, мм	h1, мм	s2, мм	s1, мм	m, кг
1520	2640	2660	1246	880	320	20	14	316,0

Подберем стандартные штуцера:

Таблица 7 – Параметры штуцеров

Вход смеси, Ду,мм	Выход газа Ду,мм	Выход нефти Ду,мм	Выход воды Ду,мм	Для предохранительного клапана Ду,мм	Для дренажа Ду,мм	Для пропарок Ду,мм
600	500	500	300	200	150	50

Выберем стандартные штуцера для датчиков автоматизации:

Таблица 8 – Параметры штуцеров для датчиков автоматизации

Для датчиков ур-ня Ду,мм	Для датчиков в ур-ня Ду,мм	Для регуляторов ур-ня Ду,мм	Для сигнализаторов ур-ня Ду,мм	Для термометра Ду,мм	Для дифманометра Ду,мм	Для манометра Ду,мм	Для термометра сопротивления Ду,мм	Для указателя ур-ня Ду,мм
150	65	50	50	50 M27x2	25 M20x1.,5	25 M20x1.,5	25 M20x1.,5	25

#### 4.4 Гидравлический расчет

Расчет гидравлического сопротивления необходим для определения затрат энергии на перемещение технологической среды и подбора насоса для перемещения.

Гидравлическое сопротивление обусловлено сопротивлением трения и местными сопротивлениями, возникающими при изменении скорости потока по величине и направлению.

Для определения потерь на трение и местные сопротивления рассчитывают критерий Рейнольдса:

$$Re = \frac{wD\rho}{\mu} \quad (29)$$

где  $w$  — скорость входного потока в сепаратор, м/с;

$D$  — диаметр сепаратора, м;

$\rho$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  — вязкость газа динамическая, Па·с.

Динамическую вязкость газа посчитали в программе Nysys,  $\mu=0,99 \cdot 10^{-5}$  Па·с.

Скорость входного потока в сепараторе примем равной 1,5 м/с.

$$Re = \frac{wD\rho}{\mu} = \frac{1,5 \cdot 3,4 \cdot 1,6}{0,99 \cdot 10^{-5}} = 824242,4 \quad (30)$$

Следовательно, режим движения среды турбулентный.

Абсолютную шероховатость стенок сепаратора принимаем равной  $\Delta = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м. Тогда относительная шероховатость стенок сепаратора равна:

$$e = \frac{\Delta}{D} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{3,4} = 0,02941 \quad (31)$$

Далее определяют следующие величины:  $\frac{1}{e} = 34000$ ;  $560 \cdot \frac{1}{e} = 19040000$

$$10 \cdot \frac{1}{e} = 340000$$

Поскольку  $10 \cdot \frac{1}{e} \leq Re \leq 560 \cdot \frac{1}{e}$ , принимаем, что в сепараторе имеет место смешанное трение. В этом случае коэффициент трения определяется по формуле [22]:

$$\lambda = 0,11 \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} = 9,125 \cdot 10^{-3} \quad (32)$$

Гидравлическое сопротивление сепаратора рассчитаем по формуле:

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{D} \cdot \frac{w^2 \rho}{2} \quad (33)$$

где  $L, D$  — длина и диаметр сепаратора, м;

$w$  — скорость газовой фазы, м/с;

$\rho$  — плотность жидкой фазы, кг/м<sup>3</sup>.

$$\Delta p = 9,125 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{15,240}{3,4} \cdot \frac{1,5^2 \cdot 872,4}{2} = 200,53 \text{ Па}$$

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
З-4Е41	Сайдамову Евгению Владимировичу

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>	<i>Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску. Стоимость электроэнергии - 5,8 руб. кВт*ч – для юр лиц. Стоимость интернета – 360 руб. в месяц. Оклад руководителя проекта –18800руб. в месяц. Оклад студента – 17000 руб. в месяц. Человеческие ресурсы – 2чел..</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Учитываются следующие нормы и нормативы оплат труда:30 % премии - за отсутствие недостатков в работе, 1,3 районный коэффициент.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Общая система налогообложения с учетом льгот для образовательных учреждений: 27,1% - отчисления во внебюджетные фонды.</i>

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

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

	6. Дополнительная заработная плата исполнителей темы. 7. Отчисление во внебюджетные фонды. 8. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	1. Расчет интегрального показателя финансовой эффективности разработки. 2. Расчет интегральных показателей ресурсоэффективности вариантов исполнения объектов исследования.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений;
2. Матрица SWOT;
3. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований;
4. Альтернативы проведения НИ;
5. График проведения и бюджет НИ.

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

**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
3-4Е41	Сайдамов Евгений Владимирович		






## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1. Потенциальные потребители результатов исследования

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

Таблица 9 – Потенциальные потребители

		Вид исследования		
		Расчет сепаратора	подбор и анализ работы	Конструирование сепаратора
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

 - «Газпром нефть»  - «Томскнефть»  - «Дагнефтегаз»

В различных исследованиях трехфазных сепараторов нуждаются в основном крупные компании, так как у них очень большие объемы добываемых ископаемых. Крупным компаниям важен расчет и подбор сепаратора, так как каждый состав нефти требует к себе различные характеристики.

### 5.2 Анализ конкурентных технических решений

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

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 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>Ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>Ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Срок службы	0,11	4	4	3	0,44	0,44	0,33
2. Ремонтпригодность	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	1	3	0,40	0,1	0,3
5. Удобство в эксплуатации	0,08	5	4	2	0,40	0,32	0,16
6. Простота эксплуатации	0,06	5	2	3	0,30	0,12	0,18
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
2. Цена	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,08	4	4	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	49	32	33	4,38	2,91	2,93

Б<sub>Ф</sub> – Применение трехфазного сепаратора;

Б<sub>к1</sub> – Применение двух двухфазных сепараторов;

Б<sub>к2</sub> – применение других видов оборудования.

По таблице 10 видно, что наиболее эффективно использовать трехфазный сепаратор, так же он является наиболее надежным по сравнению с другими способами очистки.

1. Конкурент 1 – применение двух двухфазных сепараторов.

$$k1 = \frac{Б_{Ф}}{Б_{к1}} = \frac{49}{32} = 1,53; \quad (35)$$

2. Конкурент 2 – применение других видов оборудования.

$$k_2 = \frac{B_{к2}}{B_{к1}} = \frac{33}{32} = 1,03; \quad (36)$$

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

### 5.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ инженерного проекта. Его применяют для того, чтобы перед организацией или менеджером проекта появилась отчетливая картина, состоящая из лучшей возможной информации и данных, а также сложилось понимание внешних сил, тенденций и подводных камней, в условиях которых научно-исследовательский проект будет реализовываться.

В первом этапе обычно описываются сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в табличной форме (смотреть табл. 6).

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 табл. 11, табл. 12, табл. 13, табл. 14.

Таблица 11 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	-	0	+
	B2	-	-	0	-
	B3	-	0	0	-

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

Таблица 12 – 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 13 – 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 14 – 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 (табл. 15).

Таблица 15 – Матрица SWOT

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1: Надежность; С2 Простота эксплуатации; С3: Меньшие габариты; С4 Использование инновационной структуры ТПУ.	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1: Большой период сепарации; Сл2: Большой срок поставок материалов; Сл3: Внутренние производственные проблемы; Сл4: Отставание в области исследования и разработок.
<b>Возможности:</b> В1: Сотрудничество с изготовителями сепараторов; В2: Повышение стоимости конкурентных разработок; В3: Использование других материалов для сепаратора.	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.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»: В1Сл1 – использовать другие материалы, которые повышают надежность разработки.
<b>Угрозы:</b> У1: Отсутствие спроса на новые продукты; У2: Снижение бюджета на разработку; У3: Высокая конкуренция в данной отрасли.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»: У1С4 – заключение договоров с контрагентами ТПУ.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»: У1Сл1 – увеличить срок службы за счет использования новых материалов, увеличивает спрос на новый продукт.

## 5.4 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 трехфазного сепаратора приведен в табл. 7.

Таблица 16 - Морфологическая матрица для фильтра

	1	2	3
А. Привод	Автоматический	Полуавтоматический	Ручной
Б. Типы очистки	Механическая	Химическая	Биологическая
В. Тип установки	Стационарная	Передвижная	
Г. Количество ступеней очистки	Две фазы	Три фазы	Многоступенчатый
Д. Типы наполнителя фильтра	Синтетический уголь	сорбент	
Е. Способы добычи воды	Скважины	Водоёмы	Снег

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: А1Б2В1Г3Д2Е1; А2Б1В1Г2Д2Е2; А3Б1В1Г1Д2Е3.

## 5.5 Планирование научно-исследовательских работ

### 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. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка тех. 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

## 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  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}; \quad (37)$$

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

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

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

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}; \quad (38)$$

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

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

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



## 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}; \quad (39)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}; \quad (40)$$

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

$T_{\text{вых}} = 52$  – количество выходных дней в году;

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

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в табл. 18.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
	$t_{\text{min}}$ , Чел-дни	$t_{\text{max}}$ , Чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , Чел-дни			
Составление и утверждение тех.	2	4	2,8	Руководитель	3	4

задания						
Календарное планирование работ по теме	2	5	3,2	Руководитель Исполнитель проекта	2	3
Согласование материалов по теме	5	9	6,6	Руководитель	7	9
Подбор и изучение материалов по теме	11	15	12,6	Исполнитель Проекта	13	15
Проведение теоретических расчетов и обоснование	6	18	10,8	Исполнитель проекта	11	14
Составление схемы гидрообеспечения месторождения	3	10	5,8	Исполнитель проекта	6	8
Оценка результатов исследования	3	7	4,6	Руководитель, Исполнитель проекта	3	4
Составление пояснительной записки	9	18	12,6	Руководитель, Исполнитель проекта	7	9

На основе таблицы 18 строим план график, представленный в таблице 19.

Таблица 19 - Календарный план график проведения НИР по теме

№ р	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кп</sub> , 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	4	■												
2	Календарное планирование работ по теме	Р, Д	2	■												
3	Подбор и изучение материалов по теме	Д	15	□	□											
4	Согласование материалов по теме	Р	9													
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Д	13			■	■									
6	Составление схемы	Д	7													



	гидрообеспечения месторождения													
7	Оценка результатов исследования	Р, Д	2											
8	Составление пояснительной записки	Р, Д	7											

 - руководитель (Р)
  - дипломник (Д)

### **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.

### **Материальные затраты**

Затраты на покупку компьютера:

$$Z = d_k + d_{по} = 35000 + 2000 = 37000 \text{ руб}; \quad (41)$$

где  $d_k$  – стоимость компьютера;

$d_{по}$  – стоимость программного обеспечения.

Установка специальных программ для исследования и моделирования объекта производятся бесплатно.

### **Основная заработная плата исполнителей темы**

В данную статью 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 20 - Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1	Составление и утверждение тех. задания	Руководитель	2,8	2027	5675,6
2	Выбор направления исследований	Руководитель	6,6	2027	13178,2
3	Подбор и изучение материалов по теме	Исполнитель проекта	12,6	2115,8	26659
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Исполнитель проекта	3,2	2115,8	6770,5
5	Проведение теоретических расчетов и обоснование	Исполнитель проекта	10,8	88,8	959
6	Разработка опытного образца	Исполнитель проекта	5,8	88,8	515
7	Оценка результатов исследования	Руководитель, Исполнитель проекта	4,6	2115,8	9734,7
8	Составление пояснительной записки	Руководитель, Исполнитель проекта	12,6	2115,8	26659
Итого:					90150,8

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

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}; \quad (42)$$

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:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн}; \quad (43)$$

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:

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{38800 \cdot 10,4}{199} = 2027 \text{ руб. – руководитель}; \quad (44)$$

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{17000 \cdot 10,4}{199} = 88,8 \text{ руб. – исполнитель},$$

где  $Z_M$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 21 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель проекта
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
- выходные		
- праздничные	66	66
Потери рабочего времени:		
- отпуск	58	48
- невыходы по болезни	14	14
Действительный годовой фонд	227	237

рабочего времени		
------------------	--	--

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр}) \cdot k_p = 38800 \cdot (1 + 0,3) \cdot 1,3 = 65572 \text{ руб}; \quad (45)$$

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

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

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

Тарифная заработная плата  $Z_{tc}$  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 22 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{tc}$ , тыс. руб.	$k_{пр}$	$k_p$	$Z_m$ , тыс. руб.	$Z_{дн}$ , тыс. руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , тыс. руб.
Руководитель	38800	0,3	1,3	65572	2027	21	42567
Исполнитель проекта	17000	0	1,3	22100	88,8	48	4262,4
Итого:							46829,4

### Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (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:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,13 \cdot 42576 = 5534,88 \text{ руб}; \quad (46)$$

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,13 \cdot 4262,4 = 554 \text{ руб,}$$

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

### 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,271 \cdot (42576 + 5534,88) = 13038 \text{ руб; (47)}$$

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, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 23 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб	Дополнительная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1	
Руководитель	42576	5534
Исполнитель проекта	4262,4	554
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Исполнение 1	13037	
Исполнение 2	13660	
Исполнение 3	15760	

## Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}) \cdot 0,16 = \\ (42576 + 5534 + 13038) \cdot 0,16 = 9783,6 \text{ руб}; \quad (48)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

## 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 24 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	42576	
2. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5534	
3. Отчисления во внебюджетные фонды	13038	
4. Затраты на покупку компьютера	37000	
5. Накладные расходы	9783,6	16% от суммы 1-2
6. Бюджет затрат НТИ	107931,6	Сумма ст. 1-5



## 5.6 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:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{107931,6}{112800} = 0,95; \quad (49)$$

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

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (50)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент разработки;

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

Таблица 25 - Сравнительная оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэф.	Применение фильтра сорбционного	Применение электрохимической системы очистки	Применение другой системы отчистки
1. Безопасность	0,16	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	4
3. Срок службы	0,2	3	3	5
4. Ремонтопригодность	0,14	5	3	3
5. Надёжность	0,25	4	4	3
6. Материалоёмкость	0,1	4	4	4
Итого:	1	4,25	3,66	3,65

Рассчитываем показатель ресурсоэффективности:

$$I_p = 0,16 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 3 + 0,14 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,25.$$

$$I_p = 0,16 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,14 \cdot 3 + 0,25 \cdot 4 + 0,1 \cdot 3 = 3,66.$$

$$I_p = 0,16 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,14 \cdot 3 + 0,25 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 3,65.$$

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

По расчетам видно следующее, что самый наибольший коэффициент интегральности является у фильтра сорбционного.

Таким образом, фильтр сорбционный остается эффективным и сохраняет конкурентоспособность.

В ходе выполнения данной части выпускной работы была доказана конкурентоспособность данного технического решения, был произведен SWOT-анализ. Также был посчитан бюджет НТИ равный 107931,6 руб. основная часть которого приходится на зарплаты сотрудников.

Данный раздел выполнялся на основе рекомендаций [5].

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-4Е41	Сайдамову Евгению Владимировичу

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОНД</b>
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"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Рабочим местом является здание операторной и площадка обслуживания трехфазного сепаратора.</p>
<p>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</p>	<p>ГОСТ Р 12.4.296-20132; ГОСТ 5542-2014; ГОСТ 12.1.005-88; ГОСТ 2222-95; ГОСТ 12.2.007-03</p>

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

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе.</li> <li>2. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися.</li> <li>3. Превышение уровней шума.</li> <li>4. Повышенная загазованность.</li> </ol>
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением).</li> <li>2. Электрический ток.</li> <li>3. Статическое электричество.</li> </ol>

<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- защита селитебной зоны</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>Негативного воздействия на окружающую природную среду. Литосферу: 1. Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреактивами и др. Атмосферу: 1. Выбросы загрязняющих веществ при пусках установки, при продувке аппаратов, технологического оборудования. 2. Залповые выбросы загрязняющих веществ, при сбросах на свечи и факела. Гидросфера: 1. Разлив нефти при транспортировке.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>- выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>- разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>- разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>- разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>Чрезвычайные ситуации. 1. Техногенного характера: -пожары (взрывы); -аварии с выбросом или с угрозой выброса химических опасных веществ; 2. Природного характера: -метеорологические и агрометеорологические опасные явления (сильный мороз, сильная метель, бури).</p>
<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018) статьи 297; 372; п.1 ст. 86. 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.</p>
<p><b>Перечень графического материала:</b></p>	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	

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

**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	Сайдамов Е.В.		

## **6. Социальная ответственность**

Рассматривается технологическая схема трехфазного сепаратора. Произведены технологические, механические расчеты и подбор трехфазового сепаратора.

Трехфазный сепаратор расположен Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении в Мирнинском улусе (районе) Республики Саха (Якутия). Расположен в 130 км к востоку от г. Мирный. Трехфазный сепаратор относится к категории опасных производственных объектов и представляет собой потенциальный риск для персонала и окружающей среды.

Целью раздела социальной ответственности является анализ вредных и опасных факторов труда работников обслуживающих трехфазный сепаратор и организация мер защиты от них. В разделе также рассматриваются требования техники безопасности при проведении работ, охрана труда и промышленной безопасности, охрана окружающей среды и экологической безопасности, применяемых на предприятии.

## 6.1 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать. В таблице 26 представлены «Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы».

Таблица 26 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этап работы		Нормативный документ
	операторская я (записи показаний приборов)	работа на площадке (снятия показаний КИП, мелкие слесарные работы)	
Отклонение показателей климата на открытом воздухе		+	Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды ПРИКАЗ от 9 декабря 2009 г. №970н. [6]
Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися	+	+	Одежда специальная для защиты от насекомых и паукообразных ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ. [7] Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562–96. [8] Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения ГОСТ 5542-2014. [9]
Превышение уровней шума		+	Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ПБ 03-576-03. [10]
Повышенная загазованность		+	Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 1984 ППБ-С. [11;12]
Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением)		+	Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. ГОСТ 12.2.007-03. [13]
Электрический ток	+	+	Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. [14]
Статическое электричество	+	+	Средства защиты от статического электричества. ГОСТ 12.4.124-83. [15]
Пожароопасность	+	+	Об отходах производства и потребления Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ. [16]

## **6.2 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

Персонал, обслуживающий трехфазный сепаратор подвержен воздействию вредных факторов.

1. Отклонение показателей климата на открытом воздухе. Работы по обслуживанию трехфазного сепаратора происходят на открытых площадках. Климат на территории выполнения работ резко-континентальный. Зимой температура воздуха понижается до минус 50° – минус 60°С, а летом поднимается до 35° – 40°С. Холодная температура может привести к обморожению и переохлаждению, а высокая температура может привести гипертермии и солнечному удару.

Работающий персонал на улице на открытой местности зимой и летом в каждом из климатических регионов должны быть обеспечены спецодеждой.[6]

2. Повреждения в результате контакта с животными, насекомыми, пресмыкающимися. В летний период сотрудники, работающие в таёжной местности подвержены воздействию укусов насекомых. Насекомые наносят урон самочувствию человека, а еще считаются переносчиками всевозможных болезней. К этим насекомым относятся: клещи, комары, слепни. Средствами индивидуальной защиты от воздействия насекомых являются: противоэнцефалитные костюмы, сетки павловского, инсектицидные средства, репелленты для отпугивания насекомых. (ГОСТ Р 12.4.296-2013).[7]

3. Превышение уровней шума.

Технологические процессы в нефтегазовой промышленности вырабатывают сильный шум воздействующие на общее состояние и здоровье

персонала. В результате исследований установлено, что шум осложняет условия труда.

Действие шума быстро утомляет, мешает средоточию и вредно влияет на слуховой аппарат человека. Максимально допустимые значения до 75 децибел. Регламентируются согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. В таблице 27 приведены допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука. [8]

Таблица 27 – Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственным и циклами.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75

Методы борьбы с шумом при обслуживании трехфазного сепаратора:

- для газопроводов и нефтепроводов выбраны оптимальные диаметры труб;
- средства индивидуальной защиты (СИЗ): наушники;

#### 4. Повышенная загазованность.

Загазованность при обслуживании трехфазного сепаратора способствует достижения взрывоопасной концентрации газа в воздухе. Предел допустимой взрывоопасной концентрации газа в воздухе составляет 300 мг/м<sup>3</sup> согласно ГОСТ 5542-2014.[9]



Требуется постоянный контроль газовоздушной среды, не допускать утечек газа из установок. Для анализа газовоздушной среды работник должен применять газоанализатор. В трехфазном сепараторе должны предусматриваться мероприятия по герметизации сепаратора и установки датчиков анализа газовоздушной среды.

### **6.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

При ведении технологического процесса в трехфазном сепараторе присутствуют различные опасные факторы, такие как: давление, электрический ток, статический ток.

#### **1. Давление (разрушение аппарата, работающего под давлением).**

Трехфазные сепараторы находятся 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. Представлены требования в ПБ 03-576-03[10] к ремонту и эксплуатации сосудов под давлением.

Для предотвращения образования давления превышающее рабочее устанавливаются предохранительные клапана с учетом пропускной способности. [10]

#### **2. Электрический ток.**

Работники обслуживающие трехфазный сепаратор подвержены воздействию электрического тока при эксплуатации средств автоматизации, при проведении огневых работ. Проводятся мероприятия по электробезопасности для предотвращения опасных ситуаций для здоровья и жизни работника. Они включают в себя:

- при эксплуатации средств автоматизации необходимо соблюдать «ПУЭ», «ПЭЭП» и «ППБ-С ПТБЭП»; [11;12]
- на всех устройствах токоведущие части изолированы ( $R_{из} \geq 0,5$  МОм);
- изделия средств автоматического управления соответствуют по способу защиты классам 1 и 2 и классу 3 по ГОСТ 12.2.007-03; [13]
- имеют заземление согласно ГОСТ 12.1.030-96;
- находящиеся под напряжением части устройств установлены в корпусах, которые обеспечивают защиту персонала от поражения током;
- на устройствах установлены световые индикаторы включения питающей сети.

### 3. Статическое электричество.

При трении двух диэлектриков или диэлектриков об металл появляется статическое электричество, могут накапливаться заряды на поверхностях трущихся веществ. Может произойти разряд при определенной величине, который может воспламенить горючую смесь.

Все металлическая аппаратура и сепараторы для защиты от статического электричества должны быть заземлены. Заземление проверяется после ремонтных работ и один раз в год в обязательном порядке. [14]

По принципу действия средства коллективной защиты от статического электричества делятся на следующие виды: нейтрализаторы, заземляющие устройства, антиэлектростатические вещества, увлажняющие устройства, экранирующие устройства. [15]

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения делятся на: предохранительные приспособления антиэлектростатические

приспособления, антиэлектростатическая обувь, антиэлектростатическую спец.одежда, антиэлектростатическая защита рук. [16]

#### 6.4 Экологическая безопасность

Для организации охраны окружающей среды при обслуживании и эксплуатации сепаратора задачей считается определение определенных источников неблагоприятного влияния на основные элементы окружающей природной среды - атмосферу, гидросферу, литосферу.

В таблице 3 представлены источники неблагоприятного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 28 – Неблагоприятные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при обслуживании и эксплуатации трехфазного сепаратора

Элемент окружающей природной среды	Негативное воздействие на окружающую среду	Природоохранное мероприятие
Литосфера	Загрязнение почвы нефтепродуктами, химреагентами и др.	Предусмотреть сбор отходов, места и условия их временного хранения. Вывоз для утилизации, уничтожения, захоронения остатков нефтепродуктов, химреагентов, мусора, загрязненной земли согласно ФЗ от 24.06.1998 (ред. от 29.12.2015). [16]
Атмосферу	Выбросы загрязняющих веществ при пусках установки, при продувке аппаратов, технологического оборудования. Залповые выбросы загрязняющих веществ при сбросах на свечи и факела.	Мероприятия согласно пособию к СНИП 11-01-95 от 01.01.1970. [17] Планировочные мероприятия: - размещение объектов и предприятия на площадке таким образом, чтобы исключалось попадание дымовых факелов на селитебную зону; - рациональное расположение заслона между жилым районом и предприятием в виде горной гряды, леса и т.д.; - устройство санитарно-защитной зоны; Технологические мероприятия: - кооперацию проектируемого объекта с другими предприятиями с целью уменьшения количества "грязных производств" на предприятии;

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- использование более прогрессивной технологии по сравнению с применяющейся на других предприятиях для получения той же продукции;</li> <li>- увеличение единичной мощности агрегатов при одинаковой суммарной производительности;</li> <li>- применение рециркуляции дымовых газов;</li> <li>- внедрение наиболее совершенной структуры газового баланса предприятия, обеспечивающей оптимизацию распределения топлива между технологическими агрегатами с целью уменьшения загрязнения атмосферного воздуха продуктами сгорания;</li> </ul>
Гидросфера	Разлив нефти при транспортировании.	<p>Исключить размещения объектов и трубопроводов вблизи озер и рек.</p> <p>Обеспечить герметичность трубопроводов и емкостей при транспортировке нефтепродуктов.</p>

## 6.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При эксплуатации трех фазного сепаратора могут возникнуть следующие виды чрезвычайных ситуаций:

### 1) Техногенного характера:

- пожары и взрывы;
- аварии с выбросом и угрозой выброса химически опасных веществ;

### 2) Природного характера:

- метеорологические и агрометеорологические явления (сильный мороз, сильная метель, бури);

Далее разберем наиболее вероятный вид ЧС пожар.

Основными причинами пожаров являются: не осторожное обращение с огнем, неисправность производственного оборудования, выделение горючих газов, искрение в электрических машинах, токи коротких

замыканий, электростатические разряды, оставление без присмотра нагревательных приборов, разогрев деталей открытым огнем.

Пожарная безопасность является единым комплексом технических, организационных, эксплуатационных и режимных мероприятий по предупреждению взрывов и пожаров. Требования к пожарной безопасности изложены в Федеральном законе от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 13.07.2015). [18]

На территории нефтегазовой промышленности необходимо соблюдать следующие требования по пожарной безопасности:

1) в производственных помещениях и территориях запрещается курить, должны быть вывешены знаки и плакаты с надписью: «курение запрещено». В отведенных местах для курения вывешивают знаки или плакаты «место для курения»;

2) в каждом производственном помещении должны быть первичные средства пожаротушения: огнетушители переносного и передвижного типа, пожарный инвентарь, пожарные краны.

3) пожарные краны комплектуются пожарными рукавами и стволами, закрытые и опломбированные в пожарных шкафах.

4) проведения анализа газовоздушной среды;

В случае возникновения пожара необходимо выполнить следующие действия:

- вызвать пожарную команду, сообщить о пожаре начальнику подразделения, диспетчеру ПДС, при необходимости вызвать скорую помощь;

- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты (оповещение людей о пожаре, пожаротушения) в случае отказа автоматики произвести ручной запуск;
- произвести аварийную остановку установки и согласованных с ней установок;
- при необходимости отключить электроэнергию, выключить вентиляторы, перекрыть трубопроводы, прекратить любые работы в пожарной зоне, кроме работ, связанных с ликвидацией пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- принять меры по ликвидации пожара первичными стационарными и передвижными средствами пожаротушения (например, ручными огнетушителями) до прибытия подразделений пожарной охраны;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара;

## **6.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В Среднеботуобинском нефтегазоконденсатном месторождении форма осуществления трудового процесса вахтовый метод. Работники, привлекаемый к работам вахтовым методом, в период нахождения на объекте производства работ проживают в специально создаваемых работодателем вахтовых поселках, представляющих собой комплекс зданий и сооружений, предназначенные для обеспечения жизнедеятельности работников во время выполнения ими работ и междусменного отдыха. Согласно от 30 июня 2006 г. № 90 ФЗ статьи 297 . [19] Продолжительность вахты не должна превышать одного месяца. Рабочее время и время отдыха в пределах учетного периода регламентируются графиком работы на вахте, который утверждается

работодателем с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 настоящего Кодекса для принятия локальных нормативных актов, и доводится до сведения работников не позднее чем за два месяца до введения его в действие.

В указанном графике предусматривается время, необходимое для доставки работников на вахту в Среднеботуобинское нефтегазоконденсатное месторождение и обратно. Дни нахождения в пути к месту работы и обратно в рабочее время не включаются и могут приходиться на дни междувахтового отдыха.

Каждый день отдыха в связи с переработкой рабочего времени в пределах графика работы на вахте (день междувахтового отдыха) оплачивается в размере дневной тарифной ставки, дневной ставки (части оклада (должностного оклада) за день работы), если более высокая оплата не установлена коллективным договором, локальным нормативным актом или трудовым договором.

Часы переработки рабочего времени в пределах графика работы на вахте, не кратные целому рабочему дню, могут накапливаться в течение календарного года и суммироваться до целых рабочих дней с последующим предоставлением дополнительных дней междувахтового отдыха.

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.

#### Основные эргономические требования:

1. Сепараторы и ёмкости должны быть оборудованы площадками и маршевыми лестницами для обслуживания. Устанавливаются переходы через трубопроводы. Все они должны иметь перила высотой не менее 1250 мм.

2. Обеспечения рабочего места инструментами и расходными материалами, необходимые при работах по обслуживанию сепаратора.

3. Рабочее место оператора в операторной должно быть изолирована от превышающих норм избытка тепла, пыли, влаги и вредных токсических газов. Для этого операторные располагают на расстоянии от сепараторов, емкостей и трубопроводов. Устанавливаются кондиционеры для уменьшения воздействия тепла в летний период работы.

4. Должно быть организовано хорошее освещение, вентиляция, шумоизоляция и пожарная безопасность. Для обслуживания трубопроводов, запорной арматуры и сепараторов в темное время суток устанавливается уличное освещения. Здание операторной оснащается вентиляцией, шумоизоляционными окнами, пожарным инвентарем и огнетушителями.



## **Заключение**

Трехфазные сепараторы используются в качестве нефтесепарационных установок, в составе установок предварительного сброса воды и установок товарной подготовки нефти на нефтепромысловых предприятиях. Нефтяная эмульсия добывается с большим количеством газов, примесей и пластовой воды. Прежде чем из сырой нефти получить товарную, исходный нефтепродукт следует обезвожить и дегазировать, то есть избавиться ее от молекул воды и газа соответственно, так как они снижают эффективность процесса подготовки нефти и негативно воздействуют на транспортные трубопроводы. Поэтому для получения качественных продуктов на выходе сырую нефть необходимо подготовить.

Данная выпускная квалификационная работа посвящена расчету сепаратора. В ходе работы были рассмотрены литературные источники по модернизации конструкции сепараторов. Изучен принцип действия трехфазного сепаратора, его наружное и внутреннее устройство. Были определены диаметра и высоты сепаратора по исходным данным, проведен расчет конструктивных элементов.

В разделе «Финансовый менеджмент» был проведен расчет затрат на исследование, выполнен SWOT-анализ. В разделе «Социальная ответственность» был проведен анализ вредных и опасных производственных факторов, разработаны методы защиты. Рассмотрено влияние объекта на атмосферу, гидросферу, литосферу. Проанализированные типовые ЧС и разработан план действий по предупреждению и ликвидации.

## Список использованных источников

1. Шевелев Т.Г. Сооружение и эксплуатация объектов подготовки и хранения углеводородного сырья. - Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела ТПУ, 2004 – 206с.
2. Лутошкин Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. — М.: Недра, 1979. — 319с.
3. Каспарьянц К.С. и др. Процессы и аппараты для объектов промысловой подготовки нефти и газа. — М.: Недра, 1977. — 136с.
4. Рид Р., Праусниц Дж., Шервуд Т. Свойства газов и жидкостей. — Л.: Химия, 1982. — 592 с.
5. Лащинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. — М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.
6. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов/под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.
7. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. Часть 1. — М., Химия, 1972. — 360 с.
8. Синайский Э.Г., Лапига Е.Я., Зайцев Ю.В. Сепарация многофазных многокомпонентных систем. – М.:Недра, 2002. – 622с.
9. Гуревич Г.Р., Карлинский Е.Д. Сепарация природного газа на газоконденсатных месторождениях. — М., Недра, 1982. — 197 с.
10. Молоканов Ю.К. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. — М., Химия, 1980. — 408 с.
11. Нефтепромысловое оборудование: Комплект каталогов /под ред. В.Г. Креца, В.Г. Лукьянова. — Томск: Изд-во Том. ун-та, 1999. — 500 с.
12. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для химико-технологических вузов. – 8-е изд. перераб. – М.: Химия, 1971. – 784 с., ил.

13. Тронов В.П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти. — Казань: «Фен», 2002. — 408 с.

14. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию: учебное пособие / Под ред. Ю. И. Дытнерского. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1991. – 496 с.

15. Никифоров А.Д., Беленький В.А. Поплавский Ю.В. Типовые технологические процессы изготовления аппаратов для химических производств. Атлас. Учебное пособие для вузов. — М., Машиностроение, 1979. — 280 с.

16. Криницина З.В., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ Криницина З.В., Видяев И.Г.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. - 73

17. ПРИКАЗ от 9 декабря 2009 г. №970н «Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением».

18. ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования. Методы испытаний. 2014.

19. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. М: Минздрав России, 1997.

20. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия. – М: Стандартиформ, 2015.

21. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Госгортехнадзор РФ. 2013.

22. Правила устройства электроустановок ПУЭ. УТВЕРЖДЕНЫ Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 №204. 38. Правила эксплуатации электроустановок потребителей. – М. 1997.

23. ППБ-С Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. 1984.

24. ГОСТ 12.2.007-03. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования. 2003.

9. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Защитное заземление, зануление.

25. ГОСТ 12.4.124-83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества. 1984. 46. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об отходах производства и потребления".

26. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ред. от 29.12.2015) "Об отходах производства и потребления".

27. "Пособие к СНИП 11-01-95 по разработке раздела проектной документации "охрана окружающей среды". 1970.

28. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

29. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).

30. Федеральный закон от 30.06.2006 № 90-ФЗ статьи 297.