

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка программно – аппаратного комплекса физического подобиия "Двухфазный сепаратор"

УДК 004.412.2:530.17:621.928

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ван Цзыхань		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	К.Т.Н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Брусник Олег Владимирович	К.П.Н. доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений.
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде.
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах).
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов.
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи.
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности.
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению.
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда.
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.
ОПК(У)-3	Способен использовать современные информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности.
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные

Код компетенции	Наименование компетенции
	для проектирования технологических процессов изготовления продукции, средств и систем автоматизации, контроля, технологического оснащения, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством; участвовать в работах по расчету и проектированию процессов изготовления продукции и указанных средств и систем с использованием современных информационных технологий, методов и средств проектирования.
ПК(У)-2	Способен выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.
ПК(У)-3	Готов применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов, современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых технологий, средства автоматизации технологических процессов и производств.
ПК(У)-4	Способен участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры его взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых и нравственных аспектов профессиональной деятельности, в разработке проектов изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров, в разработке проектов модернизации действующих производств, создании новых, в разработке средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации расчетов и проектирования.
ПК(У)-5	Способен участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.
ПК(У)-6	Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа.
ПК(У)-7	Способен участвовать в разработке проектов по автоматизации производственных и технологических процессов, технических средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, в практическом освоении и совершенствовании данных процессов,

Код компетенции	Наименование компетенции
	средств и систем.
ПК(У)-8	Способен выполнять работы по автоматизации технологических процессов и производств, их обеспечению средствами автоматизации и управления, готовностью использовать современные методы и средства автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-9	Способен определять номенклатуру параметров продукции и технологических процессов ее изготовления, подлежащих контролю и измерению, устанавливать оптимальные нормы точности продукции, измерений и достоверности контроля, разрабатывать локальные поверочные схемы и выполнять проверку и отладку систем и средств автоматизации технологических процессов, контроля, диагностики, испытаний, управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, а также их ремонт и выбор; осваивать средства обеспечения автоматизации и управления.
ПК(У)-10	Способен проводить оценку уровня брака продукции, анализировать причины его появления, разрабатывать мероприятия по его предупреждению и устранению, по совершенствованию продукции, технологических процессов, средств автоматизации и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, систем экологического менеджмента предприятия, по сертификации продукции, процессов, средств автоматизации и управления.
ПК(У)-11	Способен участвовать: в разработке планов, программ, методик, связанных с автоматизацией технологических процессов и производств, управлением процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством, инструкций по эксплуатации оборудования, средств и систем автоматизации, управления и сертификации и другой текстовой документации, входящей в конструкторскую и технологическую документацию, в работах по экспертизе технической документации, надзору и контролю за состоянием технологических процессов, систем, средств автоматизации и управления, оборудования, выявлению их резервов, определению причин недостатков и возникающих неисправностей при эксплуатации, принятию мер по их устранению и повышению эффективности использования.
ПК(У)-18	Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции, компьютерных систем управления ее качеством.
ПК(У)-19	Способен участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами.
ПК(У)-20	Способен проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания

Код компетенции	Наименование компетенции
	выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.
ПК(У)-21	Способен составлять научные отчеты по выполненному заданию и участвовать во внедрении результатов исследований и разработок в области автоматизации технологических процессов и производств, автоматизированного управления жизненным циклом продукции и ее качеством.
ПК(У)-22	Способен участвовать: в разработке программ учебных дисциплин и курсов на основе изучения научной, технической и научно-методической литературы, а также собственных результатов исследований; в постановке и модернизации отдельных лабораторных работ и практикумов по дисциплинам профилей направления; способностью проводить отдельные виды аудиторных учебных занятий (лабораторные и практические), применять новые образовательные технологии, включая системы компьютерного и дистанционного обучения.

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

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
158Т82	Ван Цзыхань

Тема работы:

Разработка программно – аппаратного комплекса физического подобия "Двухфазный сепаратор"	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – Разработка стенда «Двухфазного сепаратора» с целью повышения эффективности процесса разделения водонефтяной эмульсии на месторождении Чанцин. Предназначение стенда – для изучения процесса создания и разрушения водонефтяной эмульсии, а также выявления способа интенсификации данных процессов.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы автоматизации Разработка алгоритма работы системы Разработка функциональной схемы автоматизации Проведение теоретических расчетов Построение математической модели работы стенда Подбор средств реализации АС.
Перечень графического материала	Структурная схема автоматизации; Функциональная схема автоматизации; Схема соединения внешних проводок; Схема алгоритма работы системы;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Былкова Татьяна Васильевна, доцент ОСГН, к.э.н.
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна, старший преподаватель
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение (Conclusion)	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ван Цзыхань		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Уровень образования – Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Период выполнения – Весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
27.05.2022 г.	<i>Основная часть ВКР</i>	60
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Социальная ответственность»</i>	20
30.05.2022 г.	<i>Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Филипас Александр Александрович	К.Т.Н., доцент		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОНД ИШПР	Брусник Олег Владимирович	К.П.Н. доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	К.Т.Н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
158Т82	Ван Цзыхань

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость ресурсов определялась по средней рыночной стоимости, и в соответствии с окладами сотрудников организации.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Районный коэффициент – 30%, коэффициент дополнительной заработной платы – 12%, накладные расходы – 20%
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Представить возможные альтернативы проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Разработать план научно-исследовательских работ и рассчитать затраты.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определить интегральный показатель эффективности научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
2. <i>Оценка ресурсной, финансовой эффективности НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН, ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ван Цзыхань		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 158T82		ФИО Ван Цзыхань	
Школа	Информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Разработка программно – аппаратного комплекса физического подобия "Двухфазный сепаратор"	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение —	<p>Объектом исследования: является автоматизированный стенд двухфазного сепаратора нефти технологического процесса подготовки товарной нефти на месторождении Чанцин. Стенд включает в себя аппаратную и программную часть. Аппаратная часть включает в себя сепаратор, смеситель и блок управления. Программная часть осуществляет управление, сбор данных и формирование отчетов.</p> <p>Областью применения являются лабораторные и учебные помещения организаций, производящих исследования в области подготовки нефти.</p> <p>Рабочей зоной является офис и лаборатория.</p> <p>Размеры помещения - не менее 20м*20м.</p> <p>Количество и наименование оборудования рабочей зоны - количества не более 5 комплектов системы стенда, включая стенды, шкафы и мониторы.</p> <p>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: ежедневно перед монитором находится 1-2 человека, занимающихся задачами мониторинга оборудования. Оборудование обычно работает в автоматизированном состоянии.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации —	<ul style="list-style-type: none"> — ГОСТ 21889-76. Система «человек-машина». Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. — Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	<p>Вредные факторы: отклонение показателей микроклимата; превышение уровня шума и вибрации; недостаточная освещенность</p> <p>Опасные факторы: поражение электрическим током; Короткое замыкание Статическое электричество</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Осветительные приборы; — Предохранительные устройства; Противошумные вкладыши.

<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ воздействия на атмосферу: Газ, содержащийся в водонефтяной эмульсии, выбрасывается в атмосферу. – Анализ воздействия на селитебную зону: заражение территории при аварии, класс опасности V, СЗЗ – порядка 50м. – Анализ воздействия на гидросферу: Утилизация отходов при поломке оборудования, а также нефти и воды, использующихся в процессе работы стенда, продуктов жизнедеятельности персонала – Анализ воздействия на литосферу: образование отходов при утилизации нефти, содержащейся в стенде и поломке компьютера, утилизация люминесцентных ламп и макулатуры
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); Геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); Техногенные аварии (обвал производственного здания или оборудования, пожар в случае неправильной эксплуатации или ошибки при сборке и сварке) Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
158Т82	Ван Цзыхань		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 96 с., 34 рис., 24 табл., 25 источников, 6 прил.

Ключевые слова: разработка, двухфазный сепаратор, разрушение эмульсии, разделения нефти и воды, автоматизированная система.

Объектом исследования является разработка стенда «Двухфазного сепаратора» с целью повышения эффективности процесса разделения водонефтяной эмульсии на месторождении Чанцин.

Целью работы является разработка автоматизированной системы управления стенда физического подобия "Двухфазный сепаратор" для повышения производительности процесса сепарации нефтесодержащей смеси по ГОСТ Р 51858 – 2002, объединя процесс добычи нефти и газа на нефтяном месторождении Чанцин.

В результате исследования разработан стенд физического подобия «Двухфазный сепаратор скважинной жидкости», приведены решения по автоматизации работы стенда, выборы контроллерного оборудования и датчиков, разработка алгоритмов режимов работы системы стенда.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработка данного стенда в основном используется для повышения эффективности разрушения эмульсии нефти и воды.

Область применения: используется для процесса разрушения эмульсии в звене подготовки нефти и газа на площадке эксплуатации месторождения.

В будущем планируется: уточнить план улучшения за счет эксплуатации системы на производственной площадке и улучшить алгоритм работы системы.

Содержание

Ведение.....	16
1.Анализ технологических процессов сбора и подготовки скважинной продукции на нефтяном месторождении	18
1.1 Технологический процесс подготовки нефти на месторождении Чанцин	18
1.2 Обзор технических объектов на месторождении.....	19
1.2.1 Кусты скважин.....	19
1.2.2 Установки подготовки нефти (УПН)	20
1.2.3 Резервуарный парк (РП)	20
1.2.4 Система для поддержания пластового давления	22
1.3 Характеристики эмульсий	24
1.4 Методы создания эмульсий	25
1.4.1 Конденсационные методы.....	26
1.4.2 Диспергационные методы.....	26
1.5 Методы разрушения эмульсий	27
1.5.1 Химический метод	27
1.5.2 Термический метод	28
1.5.3 Физические методы.....	28
1.3 Вывод к разделу.....	29
2.Анализ характеристики сеператора	30
2.1 Классификация и обзор конструкции промышленных сеператоров	30
2.1.1 Контейнер основного корпуса	31
2.1.2 Отдельная часть.....	32
2.1.3 Секция управления.....	33
2.2 Технические требования к конструкции сепаратора	33
2.3 Принцип разделения нефти и воды	34
2.4 Требование к системе в целом	35

3. Моделирования стенда сеператора	36
3.1 Разработка структурной схемы стенда.....	36
3.2 Разработка алгоритмов работы стенда.....	38
3.3 Алгоритм работы стенда в статическом режиме	38
3.4 Алгоритм работы стенда в статическом режиме	39
3.5 Разработка математической имитационной модели стенда.....	41
4. Выбор оборудования.....	47
4.1 Выбор контроллера.....	47
4.2 Выбор датчики уровня.....	49
4.3 Выбор насосов	54
4.4 Выбор клапанов.....	55
4.5 Выбор датчиков давления	56
4.6 Выбор датчиков температуры.....	58
4.7 Выбор датчиков компрессор.....	59
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	62
5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования	62
5.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ	63
5.2 Бюджет научно-технического исследования	65
5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ	65
5.2.2 . Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	66
5.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы	67
5.2.4 Дополнительная заработная плата	69
5.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды	70
5.2.6 Накладные расходы	70
5.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	70
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	71
6 Социальная ответственность	74

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	
74	
6.2 Профессиональная социальная безопасность	75
6.3 Отклонения показателей микроклимата	76
6.4 Превышение уровня шума	78
6.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны	79
6.6 Электробезопасность	79
6.7 Превышение уровня электромагнитных излучений.....	80
6.8 Экологическая безопасность.....	81
6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
6.10 Выводы по разделу социальная ответственность.....	84
Заключение	85
Conclusion.....	86
Список литературы	87

Ведение

Актуальность исследования: В современной промышленности нефть по-прежнему является незаменимым промышленным сырьем, особенно в области материаловедения и химической промышленности. С развитием технологий возрастает потребность рынка в новых материалах, а требования к технологии материалов становятся все более жесткими. Это также способствует постоянному совершенствованию добычи нефти и постоянному развитию технологий добычи и переработки. Поэтому техническому процессу подготовки нефти уделяется большое внимание. Однако по мере того, как основные нефтегазодобывающие районы мира находятся на средней и поздней стадиях разработки, они сталкиваются с такими проблемами, как резкий скачок содержания воды в сырой нефти, старение оборудования и снижение эффективности производства. В процессе добычи нефти и газа нефтыводоной сепаратор является основной частью. Повышая эффективность разделения водомасляного сепаратора, можно эффективно повысить эффективность всего процесса добычи и производства нефти. Месторождение Чанцин расположено в бассейне Ордос на северо-западе Китая и является одним из важнейших нефтяных месторождений с самой большой добычей в Китае. Месторождение было введено в эксплуатацию в 1970 году, пластовое давление исчерпано, и для поддержания добычи сырой нефти в скважину необходимо постоянно закачивать воду. Таким образом, среднее содержание воды в сырой нефти из скважины превысило 80% и продолжает увеличиваться из года в год. Необходимо срочно внедрить более эффективную технологию управления процессом разделения нефти и воды.

Целью работы является разработкой автоматизированной системы управления стенда физического подобия "Двухфазный сепаратор" для повышения производительности процесса сепарации нефтесодержащей смеси по ГОСТ Р 51858 – 2002, объединя процесс добычи нефти и газа на нефтяном месторождении Чанцин.

Объект исследования: Разработка стенда «Двухфазного сепаратора» с целью повышения эффективности процесса разделения водонефтяной эмульсии на месторождении Чанцин.

Предмет исследования: Модели, алгоритмы контроля и регулирования разделения на фазы нефтесодержащей смеси.

Для достижения цели необходимо решить следующие основные задачи:

1. Изучение нормативных технической документации по проектированию и эксплуатации сепаратора
2. Анализ методов повышения производительности процесса сепарации нефтесодержащей смеси
3. Разработка рекомендации по созданию структуры стенда
4. Построение математической имитационной модели стенда, проверка данных, полученных путём теоретического анализа.

Научная новизна:

1. На основе существующей теории предложен метод автоматического управления разделением водонефтяной смешанной эмульсии.
2. Разработана математическая модель трехфазного нефтегазового сепаратора, позволяющая отслеживать процесс водонефтяного разделения.
4. По образованию сплошных фазовых слоев была разработана имитационная модель для определения оптимального времени разделения, не влияющего на эффект разделения нефти и воды.

1. Анализ технологических процессов сбора и подготовки скважинной продукции на нефтяном месторождении

1.1 Технологический процесс подготовки нефти на месторождении

Чанцин

Месторождение Чанцин полностью оборудовано для обеспечения всего производственного цикла от сбора до доставки нефтепродуктов потребителям. Переработка сырой нефти начинается на дожимной насосной станции и заканчивается на комплексном пункте сбора.

Конкретное описание процесса:

Сырая нефть не соответствует требованиям ГОСТ т.к. в ней большое содержание воды. Подготовка нефтяных месторождений необходима для того, чтобы обеспечить надлежащее качество энергии перед ее отправкой на промышленные предприятия. Эта процедура также сводит к минимуму присутствие вредных веществ в сырье, что гарантирует длительный срок службы нефтепроводов. Обычно, после извлечения сырой нефти из скважины, производительность одиночной скважины измеряется АГЗУ (Автоматизированная групповая замерная установка). Жидкости одной скважины объединяются и сначала поступают в нагревательную печь для нагрева и нагрева, а затем поступают в сепаратор для разделения масляная фаза, газовая фаза и водная фаза после удаления песка. Отсепарированная малообводненная нефть поступает в зону хранения нефти, откуда транспортируется дожимным насосом и нефтепроводом на УПН (Установка подготовки нефти) на предварительную подготовку. Отсепарированные стоки поступают в РП (Резервуарный парк) и под действием насосной станции закачиваются обратно в скважину.

Схема процесса выглядит следующим образом.

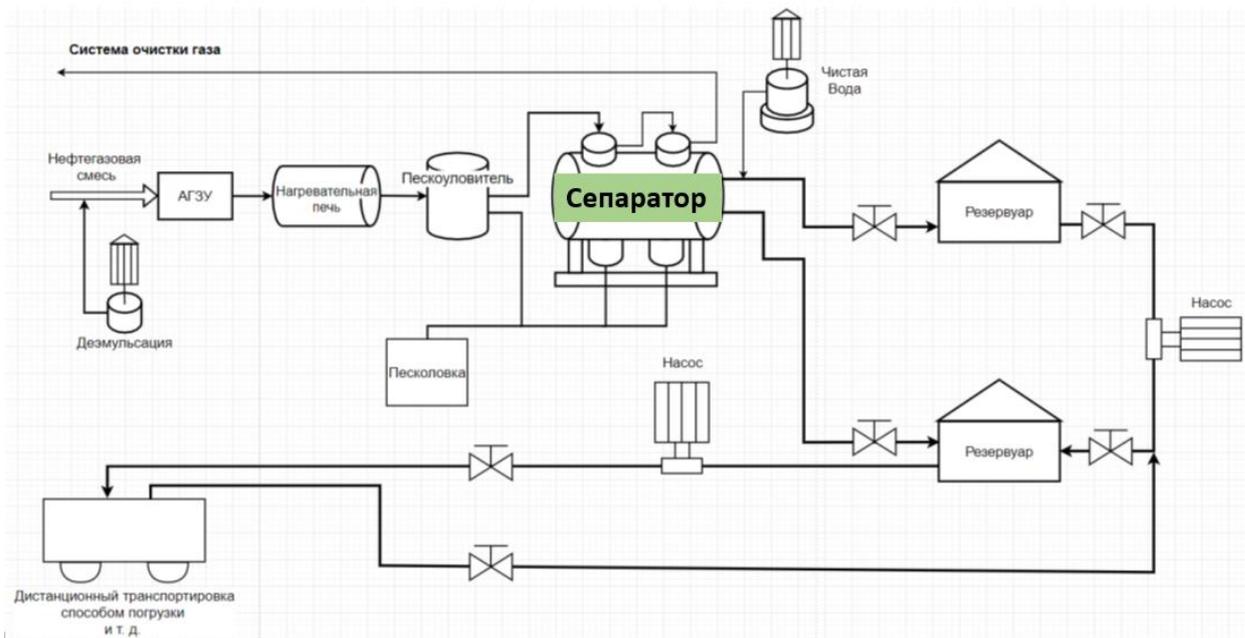


Рисунок 1.1 - Схема технологического процесса месторождения Чанцин

1.2 Обзор технических объектов на месторождении

1.2.1 Кусты скважин

Скважины размещают группами по 2-4 скважины на расстоянии 5 м друг от друга. Расстояние между группами составляет 15-22 м, а экономический эффект от добычи и бурения зависит от количества скважин на буровой площадке, от 4-5 до 16-18 скважин.

Бурение осуществляется в соответствии с нормативными документами и нормами проектирования. Отверстия для колодок располагаются вдоль линий.

В состав кустовой площадки также входят следующие конструкции:

- Сборочная линия, соединяющая добывающую скважину с узлом группового учета;
- Групповые замеры для контроля добывающих скважин;
- Водонагнетательные скважины закачивают в пласт воду и газ (необходимые для поддержания пластового давления);
- Водораспределительные и газораспределительные коллекторы, обеспечивающие учет и распределение закачиваемых в пласт химикатов;

- Приемные скважины, необходимые для получения дополнительной воды для закачки в пласт;

- Устройства подачи реагентов в нефтяные скважины для замедления процесса коррозии нефтепроводов и устранения отложений асфальта, смолы и парафина;

- Локальная кустовая канализация для сбора и утилизации нефти и пластовых вод, вытекших в процессе эксплуатации, а также для ремонта скважин и наземного оборудования, сбора дождевых вод с участков с твердым покрытием;

- Кластерное электропитание и блок управления.

Соединение скважин куста с узлом группового учета осуществляется через обводные линии.

1.2.2 Установки подготовки нефти (УПН)

Обычно для повышения эффективности первичная обработка (отделение воды от сырой нефти) происходит в пункте сбора и обработки ДНС (ДНС), которая затем перекачивается обратно в пласт кустовой насосной станцией через водораспределительную трубопроводную систему, исключая из других источников забор воды.

В состав дожимной насосной станции входят:

- Сепаратор разделяет смесь на газ, нефть и воду;
- Технология жидкостного нагревателя;
- Насосная станция для внешней перекачки масла.
- Отстойник разделения воды и масла;
- Отстойник разделения нефти и воды,

1.2.3 Резервуарный парк (РП)

Бустерная насосная станция в основном состоит из двух групп резервуаров: одна группа резервуаров для нефти и другая группа отдельных резервуаров для воды.

Топливный бак предназначен для:

1. Завершите подготовку нефти (разделение нефти и воды).

2. Собрание нефти, прошедшее процедуру подготовки.

3. Хранение товарной нефти на случай аварии в транспортной системе (сохранение свободного объема).

Вода и газ отделяются от нефти с помощью процедуры отстаивания, которая занимает сутки. Эта процедура является последней процедурой подготовки нефтяного месторождения.

Очищенная нефть собирается в резервуаре для хранения и подается в главную систему маслопровода с помощью внешнего перекачивающего насоса. В целях контроля качества рафинированной нефти его отбирают.

Объем резервуаров в парке предусмотрен в соответствии с техническим заданием и эквивалентен производительности завода, что эквивалентно трем суткам.

Работа резервуаров в парке осуществляется по одному из трех режимов:

1. Движение нефти осуществляется последовательно по резервуарам, что позволяет реализовать 2-3 ступенчатое отстаивание воды от нефти. При этом нефть движется из резервуара в резервуар, где осуществляется отделение воды. При последовательном отстаивании в крайнем резервуаре собирается нефть с наименьшим содержанием воды. Данная нефть насосами внешней перекачки направляется в систему магистральных нефтепроводов.

2. Работа резервуаров по циклу. При этом во всех резервуарах поочередно осуществляется один из следующих процессов:

- прием нефти;
- отстаивание от воды с осуществлением контроля качества;
- направление нефти внешнему потребителю.

Данный режим отличается малым объемом резервуаров, которые могут принять товарную нефть в случае возникновения аварийной ситуации в системе.

3. Работа с постоянным уровнем нефти (стационарный режим). В данном режиме резервуары работают при заполнении 45-50 % объема и все процессы осуществляются в каждом резервуаре одновременно.

Наиболее эффективным является третий режим работы резервуаров. При нем обеспечиваются наилучшие показатели при решении всех задач резервуарного парка.

Резервуары для подтоварной воды осуществляют окончательную подготовку воды перед закачкой в нефтяной пласт. Аналогично нефтяным резервуарам самым эффективным режимом работы водяных резервуаров является третий, так как они решают аналогичные задачи. Так же он позволяет осуществить надежное удаление нефтяной пленки с поверхности воды.

1.2.4 Система для поддержания пластового давления

Системы поддержания пластового давления предназначены для утилизации пластовой воды, отделяемой от нефти в процессе подготовки, и создания необходимого перепада на пласте, содержащем необходимый дебит скважины.

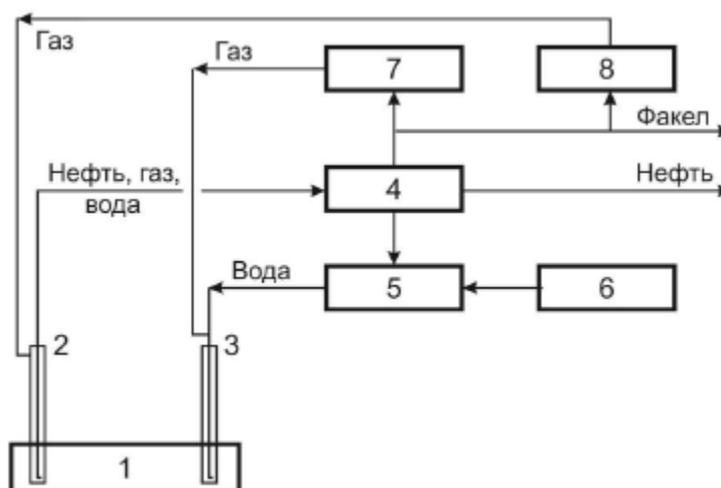


Рисунок 1.2.4 - Блок-схема системы поддержания пластового давления

- где 1 - резервуар;
- 2 - эксплуатационные скважины;
- 3 - нагнетательная скважина;
- 4 - место сбора и сепарации масла;
- 5 - кустовая насосная станция;
- 6 - водозаборник;

7 - Компрессорная станция закачки газа в пласт;

8 - Газлифтная компрессорная станция.

Компрессор высокого давления используется для закачки газа в пласт для поддержания пластового давления.

- Пластовое давление обеспечивается:
- Водозаборные сооружения;
- Установка очистки производственной воды;
- Трубопровод низкого давления;
- Кустовая насосная станция;
- Трубы высокого давления и водораспределительные коллекторы;
- Нагнетательные скважины.

Колодцы используются как водозаборные устройства. Оборудование, использующее пресную воду из озер и рек, используется реже. Пресная вода богата кислородом, который ускоряет процесс коррозии стальных труб в системе, поэтому пресная вода не используется.

Основным оборудованием на установках подготовки воды являются отстойники гравитационного типа. Для удаления газа, они производятся дополнительная сепарация, при этом процессе также отделяются механические примеси и слои нефти.

Подготовленная вода подается на вход кустовой насосной станции (КНС).

Нагнетание воды в пласт осуществляется центробежным насосом с высоким энергетическим напором 12-20 МПа. Вода от канализационной насосной станции по трубопроводам высокого давления подается на кустовую площадку на расстоянии 10-18 километров от скважинной насосной станции. Трубопроводы высокого давления прокладываются в нефтепромысловых коммуникационных коридорах общего пользования в составе системы ППД, где проложены нефтесборные сети, линии электропередач, дороги и газопроводы.

Водораспределительный блок снабжен средствами индивидуального регулирования объема закачки каждой скважины, а также средствами регулирования объема притока.

Таким образом, сеть систем поддержания давления распределяет воду из водопровода КНС на несколько нагнетательных скважин.

1.3 Характеристики эмульсий

Эмульсия – дисперсная система, состоящая из взаимно нерастворимых жидкостей, одна из которых распределена в другой в виде капель. Жидкость, в которой распределяются капли, является дисперсной средой, а распределяемая – дисперсной фазой [1].

Эмульсии являются микронеоднородными системами, которые состоят из двух почти взаимно нерастворимых жидкостей, отталкивающихся между собой по характеру молекул. В случае, когда одна из жидкостей полярна, как, например, вода, то вторая – неполярна либо алополярна, как, например, органические жидкости [2].

Малополярные органические жидкости – бензин, керосин, бензол, анилин, и др. – независимо от их химической природы, называют маслом.

Водонефтяные эмульсии являются неустойчивыми, так как имеют высокий уровень свободной поверхностной энергии и стремятся его понизить, за счет процессов укрупнения капель и расслоения эмульсии на нефть и воду [3].

Существует три основных типа эмульсий:

- эмульсия обратного типа – вода в нефти
- эмульсия прямого типа – нефть в воде;
- множественная эмульсия – вода-нефть-вода или нефть-вода-нефть.

Распространенный тип эмульсии в нефтяной промышленности – вода в нефти – это эмульсия, состоящая из капель воды (дисперсной фазы) рассеянных в нефти, представляющей собой дисперсную среду. Эмульсия нефть в воде – это противоположность предыдущему типу эмульсии.

Множественная эмульсия представляет собой относительно большие капли воды, распределенные в нефти, в которых распределены глобулы нефти и наоборот.

В настоящее время почти 80 % сырой нефти в мире добывается в виде эмульсии болотной воды [1], особенно в/м эмульсии, вязкость которой часто в несколько раз и даже в сотни раз превышает вязкость однокомпонентной фазы воды или равновесия. Существует множество факторов, влияющих на вязкость швартовной эмульсии, наиболее важными из которых являются вязкость внешней фазы и объемная доля внутренней фазы, а также на них влияют термические и сдвиговые условия. Кроме того, размер и распределение капель дисперсной фазы, поверхностный заряд частиц внутренней фазы и форма капель могут изменять свойства эмульсии.

Для оценки эффективности эмульсии существует несколько характеристик, в основном:

- Диспергирование эмульсии;
- Стабильность во времени;
- Концентрация дисперсной фазы.

Дисперсность эмульсии определяется крупностью и размером частиц дисперсной фазы. Если эмульсия полидисперсная, то для ее характеристики отображают гранулометрический состав, чаще всего в виде гистограммы.

Для водонефтяных эмульсионных систем реология очень сложна, и в то же время существует определенная корреляция между различными влияющими факторами. Понижение температуры приведет к значительному увеличению вязкости непрерывной фазы, а скорость сдвига будет приводить к размеру и форме капель дисперсной фазы, а их распределения различны, поэтому сложно установить единую модель расчета смешанной вязкости, включающую все влияющие факторы.[2]

1.4 Методы создания эмульсий

Существует несколько методов создания эмульсий [4].

1.4.1 Конденсационные методы

Конденсационные методы заключаются в выращивании дисперсной фазы из малых центров каплеобразования:

- конденсация из паров – пар одной жидкости – будущей дисперсионной фазы – подается под поверхность другой жидкости – будущей дисперсионной среды. Далее следуют процессы перенасыщения и конденсации пара в виде капель;

- замена растворителя – вещество растворяют в «хорошем» растворителе.

1.4.2 Диспергационные методы

Диспергационные методы заключаются в дроблении дисперсной системы, состоящей из несмешиваемых слоёв жидкостей:

- методы, в основе которых лежит взбалтывание;

- методы, в основе которых лежит перемешивание.

Для использования последних существуют смесители различной конструкции: пропеллерные и турбосмесители, коллоидные мельницы, гомогенизаторы. Гомогенизатор — это устройство, которое обеспечивает диспергирование жидкости путем пропускания жидкости через маленькие отверстия под высоким давлением.

Простые лопастные мешалки подходят, когда требуемый размер капель превышает ~ 10 мкм, но для получения более мелких капель обычно требуется более высокий сдвиг. Обычно используются роторно-статорные смесители с высоким сдвигом.

Нефтяные эмульсии обратного типа могут быть грубодисперсными – с каплями воды размером от 50 до 100 мкм, среднедисперсными – с каплями воды размером от 20 до 50 мкм, и мелкодисперсными – с каплями воды размером от 0,2 до 20 мкм [5].

Таким образом, эмульсия с каплями размером 10 мкм и более удовлетворяет размерам капель даже мелкодисперсной реальной нефтяной

эмульсии, к тому же данный способ является наиболее простым в реализации, настройке и использовании. Поэтому в качестве способа приготовления эмульсии в процессе работы стенда, было выбрано смешивание с помощью лопастной мешалки, управляемой приводом.

1.5 Методы разрушения эмульсий

По экспериментальным данным на реальных объектах не происходит полного разрушения эмульсии, а образуются две эмульсии, одна из которых богаче дисперсной фазой. Капля радиусом r и плотностью ρ будет всплывать в более тяжелой жидкости с плотностью ρ_0 и вязкостью η со скоростью $U_{сед}$ по уравнению Стокса:

$$U_{сед} = \frac{2 \cdot g \cdot r^2 (\rho - \rho_0)}{9 \cdot \eta}$$

При $\rho > \rho_0$ капля воды опускается на дно под действием силы тяжести. Таким образом, осаждение капель в эмульсиях является результатом образования больших капель и большой разницы в плотности жидкости. Для ускорения процесса используют центрифугирование [3].

В промышленности эмульсии распадаются:

- химический метод;
- термический метод;
- физические методы;
- Электрический метод.

Используют и несколько методов одновременно.

1.5.1 Химический метод

Суть химического метода разрушения заключается в «растворении» защитных пленок с помощью химических веществ. Существует 2 способа нейтрализации защитного слоя: с помощью деэмульгаторов и с помощью другого эмульгатора.

Так, в первом случае прямую эмульсию, стабилизированную эмульгатором, можно разрушить добавлением электролита с поливалентными ионами, переводя тем самым эмульгатор в труднорастворимую форму.

Во втором случае эмульсию можно разрушить добавлением вещества, которое само по себе не образует прочной пленки и является более поверхностно-активным, чем стабилизирующий ее эмульгатор. [5].

1.5.2 Термический метод

Также разрушить многие эмульсии можно повышением или понижением температуры.

Нагрев ускоряет химические реакции, протекающие в эмульсии, увеличивает силы Ван-дер-Ваальса, усиливает броуновское движение, может увеличивать скорость хемосорбции и снижать вязкость эмульсии, тем самым снижая прочность защитного слоя и увеличивая скорость деэмульгирования.

При замерзании образуются кристаллы льда, кристаллы льда растут, задерживая влагу, а капельки масла сжимаются. Кроме того, соли, растворенные в эмульсии, кристаллизуются. При этом рвется внешняя оболочка, препятствующая слиянию [5].

1.5.3 Физические методы

К этой группе методов относятся осаждение под действием силы тяжести или центробежной силы, фильтрация эмульсий через слой волокнистого или дисперсного фильтрующего материала, воздействие электричества и ультразвука.

Гравитационное осаждение или осаждение эффективно только для макроэмульсий, содержащих крупные капли. Их держат в отстойнике, а капли остаются во взвешенном состоянии.

Электрическое воздействие применяется в тех случаях, когда в качестве дисперсной фазы представлена вода. При электрическом воздействии на

эмульсию происходит поляризация капель воды, они вытягиваются и стремятся к расположению вдоль силовых линий. Поляризованные капли представляют из себя диполи, притягивающиеся друг к другу, что ведет к разрушению адсорбционных оболочек и слиянию капель.

Одним из перспективных направлений усовершенствования процесса является использование высокоинтенсивных ультразвуковых частот энергии механических колебаний.

Эффективность УЗ воздействий на различные технологические процессы подтверждена многочисленными исследованиями и опытом, позволившими установить следующее: применение ультразвуковых колебаний высокой интенсивности обеспечивает (10 – 1000) кратное ускорение процессов, протекающие между двумя или несколькими неоднородными средами, в том числе деэмульсацию [6].

Поэтому применение данного метода в качестве интенсификации процесса деэмульсации было решено применить для реализации процесса разрушения эмульсии в разрабатываемом стенде.

1.3 Вывод к разделу

В ходе разработки данного раздела были проанализированы технологический процесс и функции каждого узла в современном процессе добычи нефти и газа. Проанализированы способы повышения эффективности производства и предварительно уточнено требования к конструкции данного проекта - стенд сепаратора.

2. Анализ характеристики сепаратора

2.1 Классификация и обзор конструкции промышленных сепараторов

Разновидности нефтегазовых сепараторов представлены следующей таблице.

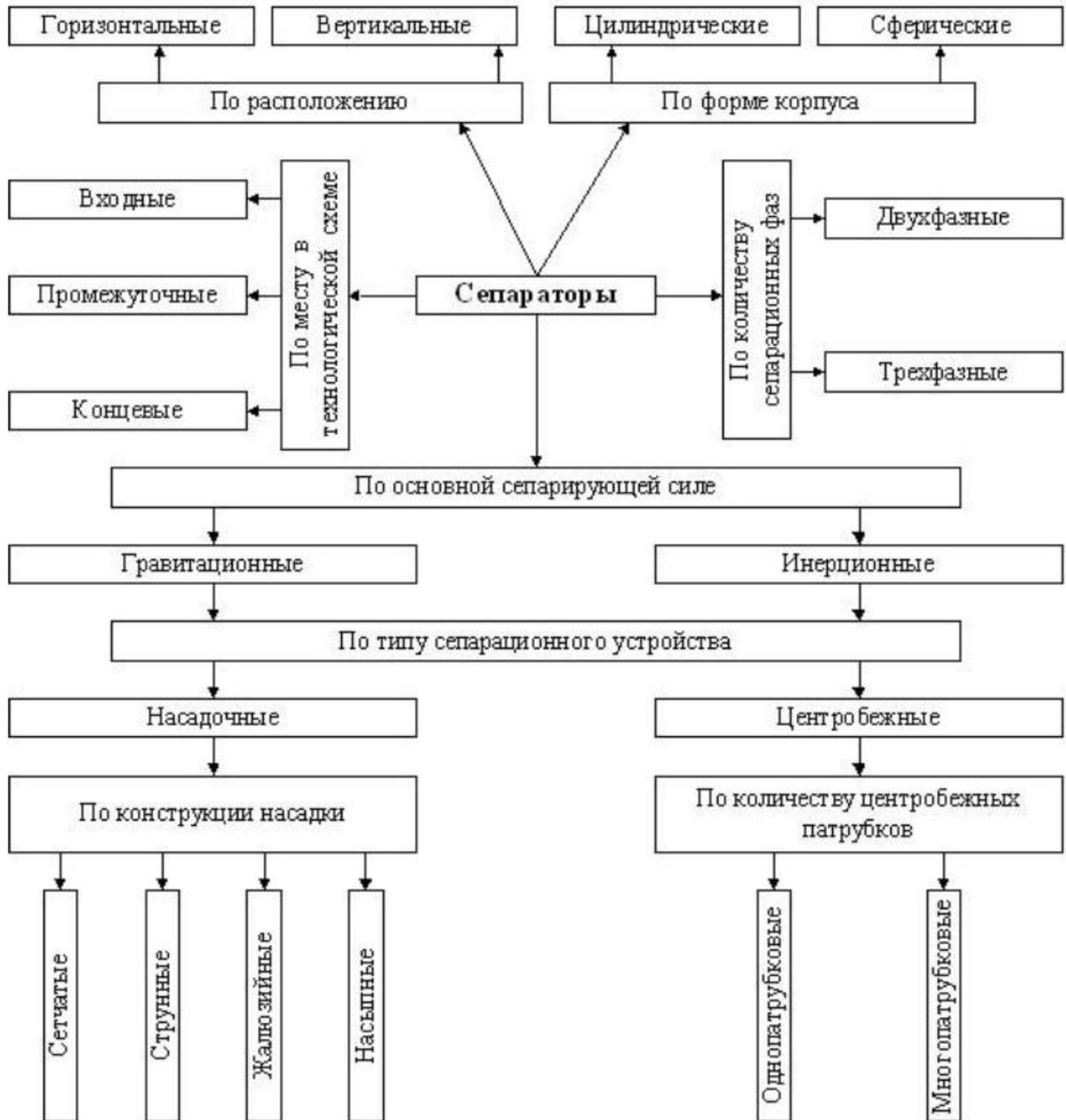


Рисунок - Классификация сепараторов по основным функциональным и конструктивным признакам

Обычно, производственные сепараторы можно разделить на вертикальные и горизонтальные сепараторы в зависимости от их формы.

По сравнению с горизонтальными сепараторами, вертикальные сепараторы более продуктивны, но они имеют более высокую цену. Вертикальные сепараторы подходят для предприятий с высокими производственными мощностями, а также при большом количестве содержания эмульсия твердых частиц.

В установках процесса подготовки нефти наиболее распространены являются горизонтальными сепараторами. Их устанавливают как на первых, так и на конечных ступенях сепарации. Основное преимущество горизонтальных цилиндрических сепараторов заключается в том, что они могут иметь большую единичную производительность. В горизонтальном сепараторе направление падения гравитационно-осаждающей части и направление движения воздушного потока перпендикулярны друг другу, поэтому эти сепараторы предназначены для разделения газожидкостных смесей с высоким содержанием жидкости или для разделения жидкостей, склонных к пенообразованию. Недостатком является то, что твердые примеси в сепараторе трудно удаляются и занимают большую площадь.

Поскольку в работе в основном происходит разработку оптимизации процесса нефтяного разделения, необходимо игнорировать влияние газовой фазы в сепараторе. Кроме этого, по сравнению с вертикальными сепараторами, горизонтальные сепараторы легче устанавливать, обслуживать и обслуживать, а также их легче транспортировать. Поэтому данная операция будет сосредоточена на анализе работы горизонтального гравитационного двухфазного сепаратора.

Горизонтальный двухфазный сепаратор обычно состоит из основной контейнерной части, разделительной части и регулирующей части.

2.1.1 Контейнер основного корпуса

Основная емкость является самой основной частью сепаратора, которая определяет габаритные размеры и рабочие параметры всего сепаратора.

Основная часть контейнера выполнена в виде цилиндра с затворами на обоих концах. Основная часть контейнера в основном соединена с входным отверстием смеси масла и воды, портом предохранительного клапана, выходом газа, выходом сырой нефти, выходом воды, выходом сточных вод, портом манометра, портом контроля уровня жидкости и т. Д.

2.1.2 Отдельная часть

Разделительная часть горизонтального двухфазного сепаратора обычно состоит из четырех частей: зона начального разделения, зона газовой фазы, зона масляной фазы, зона водной фазы (вместе именуемые зоной жидкой фазы с зоной масляной фазы) и зона обезвоживания.

Зона первичной сепарации в основном отвечает за предварительное разделение газожидкостной смеси для получения двух частей, которые в основном представляют собой газофазный поток и жидкофазный поток соответственно, и заставляют их течь в двух разных направлениях. В сепарационной части нефть и газ должны быть максимально разделены, и во время процесса не должно образовываться слишком много пузырьков воздуха, чтобы облегчить последующее дальнейшее разделение. Поэтому в разделительной части обычно предусматривают входной направляющий элемент и буферный элемент, а для снижения расхода и создания условий для последующего процесса разделения следует предусмотреть контур управления, который может регулировать расход газожидкостной смеси. .

Зона газовой фазы в основном отвечает за гравитационное осаждение разделения более крупных капель, переносимых потоком газовой фазы. В газовой фазе обычно предусмотрены выпрямляющие элементы для усиления эффекта осаждения капель.

Зона жидкой фазы в основном отвечает за отделение газа, переносимого потоком жидкой фазы, и за то, чтобы смешанная эмульсия нефти и воды, полученная после отделения газа, оседала в основной камере. Для достижения

лучшего эффекта разделения зона жидкой фазы должна быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить достаточное время пребывания жидкости.

Зона удаления тумана в первую очередь отвечает за дальнейшее отделение капель, увлекаемых потоком газовой фазы. Обычно в противозапотевающей части устанавливается противозапотевающий элемент, а свободные капли в газе улавливаются по принципу разделения при столкновении.

2.1.3 Секция управления

Часть управления сепаратора в основном включает в себя часть обнаружения и контроля давления, часть обнаружения и контроля температуры и часть обнаружения и контроля уровня жидкости. Рабочее давление в сосуде регулируется регулирующим клапаном, установленным на трубопроводе отвода газовой фазы. Уровень жидкости в контейнере регулируется поплавковым рычажным механизмом, установленным на выпускной трубе жидкой фазы.

2.2 Технические требования к конструкции сепаратора

При проектировании водомасляного сепаратора в основном учитываются два аспекта:

- оседание капель,
- время пребывания

В части разделения нефти и воды трудно определить размер капель воды в масле, и обычно считается, что капли воды размером 500 мкм или более могут осаждаться из масляного слоя.

Время пребывания представляет собой среднее время, в течение которого жидкая мицелла остается в контейнере, при условии, что поток жидкости остановлен. Таким образом, время пребывания равно объему жидкости, хранящейся в сепараторе, деленному на скорость потока жидкости. Для того чтобы свободная вода успела слиться в достаточно крупные тонущие капли, необходимо, чтобы жидкость имела достаточное время пребывания в

контейнере для накопления определенной толщины масляного слоя. Экспериментально определяемое возможное время пребывания обычно колеблется от 3 до 30 мин. Время пребывания обычно увеличивается с относительной плотностью и вязкостью сырой нефти. Для водной фазы толщина водного слоя должна обеспечивать, чтобы у большинства капель нефти в воде было достаточно времени для слияния и всплытия на поверхность раздела нефть-вода, что приводит к достаточному разделению масляной и водной фаз. При этом принято, что среднее время нахождения жидкости в сосуде равно 8 мин [3].

2.3 Принцип разделения нефти и воды

В гравитационном сепараторе поток капель нефти, плавающих в воде, или капель воды, осевших в нефти и окружающей жидкости, обычно является ламинарным, что соответствует закону Стокса. Более приближенной формулой для характеристики разделения нефти и воды является модифицированная формула Стокса, а именно:

$$\omega = \frac{2gr^2(\rho_o - \rho_o)(\mu_o + \mu_o)}{3\mu_o(3\mu_o + 2\mu_o)} \quad (2.1)$$

Где:

ω - Оседание капель или скорость всплытия

r - Радиус капли дисперсной фазы

ρ_o - Плотность дисперсной фазы

ρ_o - Непрерывная фазовая плотность

μ_o - Кинематическая вязкость дисперсной фазы

μ_o - Кинематическая вязкость непрерывной фазы

Обычно вязкость нефтей намного выше, чем у воды, а скорость плавания капель нефтей в воде намного больше, чем скорость опускания капель воды в нефть, поэтому нижняя подача разделения нефти и воды может изменить

процесс обезвоживания. для процесса обезжиривания водой и промывки водой. Эффект деэмульгирования повышает эффективность разделения сепаратора. Поскольку часть воды отделяется от сырой нефти, замедление восходящего потока сырой нефти от границы раздела нефть-вода по сечению сепаратора создает благоприятные условия для осаждения более мелких капель воды в сырой нефти. , Когда сырая нефть поднимается до верхнего уровня жидкости осажденной части, содержание влаги значительно снижается. Таким образом, в отстойнике нефть и вода разделяются в основном за счет промывающего действия нижнего слоя воды и осаждения капель воды в верхнем слое сырой нефти.

2.4 Требование к системе в целом

Проектируемый стенд должен обеспечивать 2 рабочих режима: статический и динамический,.

Статический режим работы стенда должен обеспечивать последовательное выполнение следующих действий:

- подготовка водотопливной эмульсии в смесителе;
- заполнение основной емкости сепаратора эмульсией;
- разделение эмульсии;
- перекачка разделившейся нефти и воды в отдельные емкости.

Динамический режим работы должен обеспечивать одновременное выполнение вышеперечисленных функций.[9]

3. Моделирования стенда сепаратора

3.1 Разработка структурной схемы стенда

Основными составными структурами стенда включатся: емкость для нефти, емкость для воды, смеситель, отстойник, сепаратор, контрольно-измерительные приборы и исполнительные механизмы.

Структурная схема стенда создана в среде программа TRACE Mode6. Как представлено на рисунке 3.1.1.

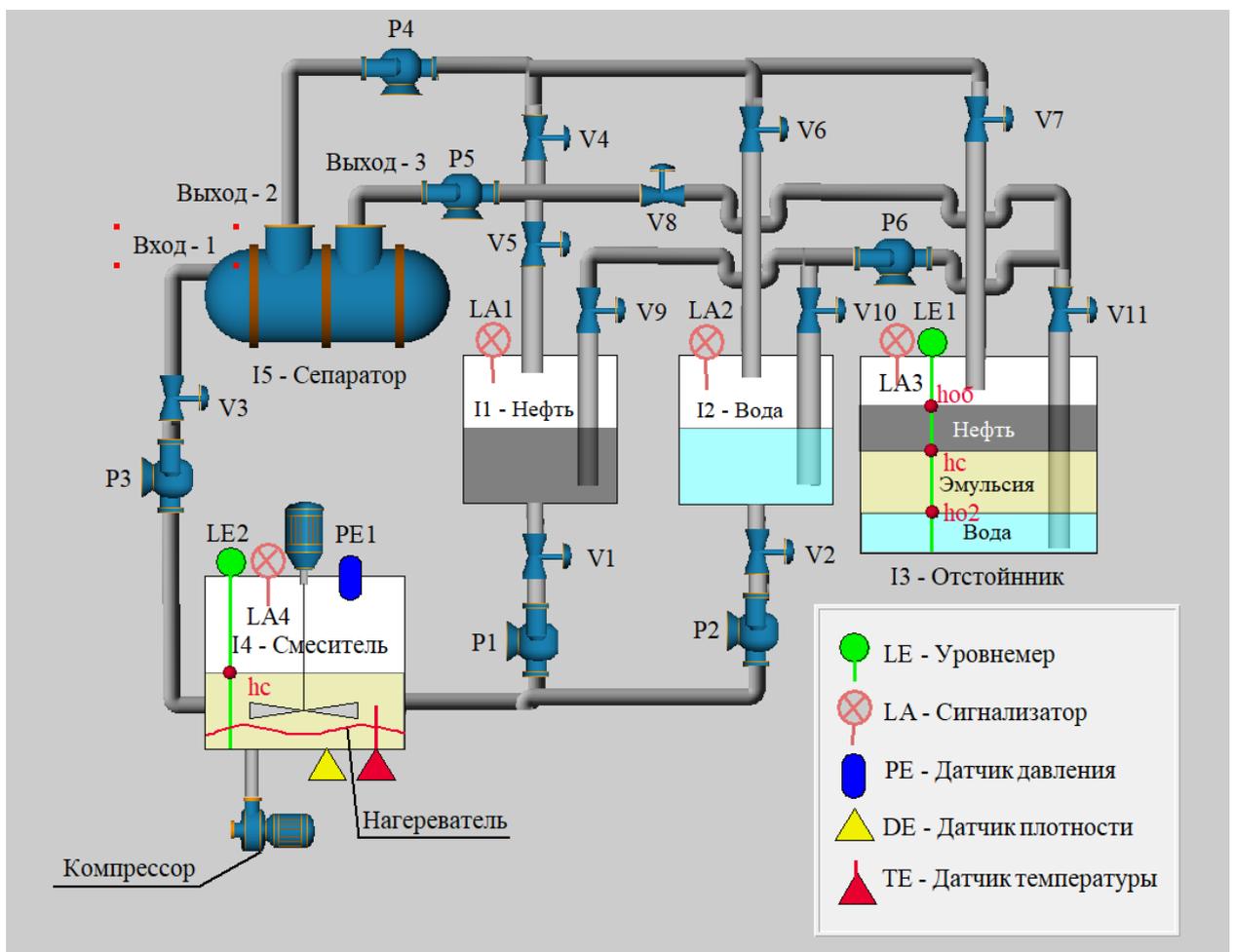


Рисунок 3.1.1 - Структурная схема стенда

Внутренняя структурная схема сепаратора показано на рисунке.

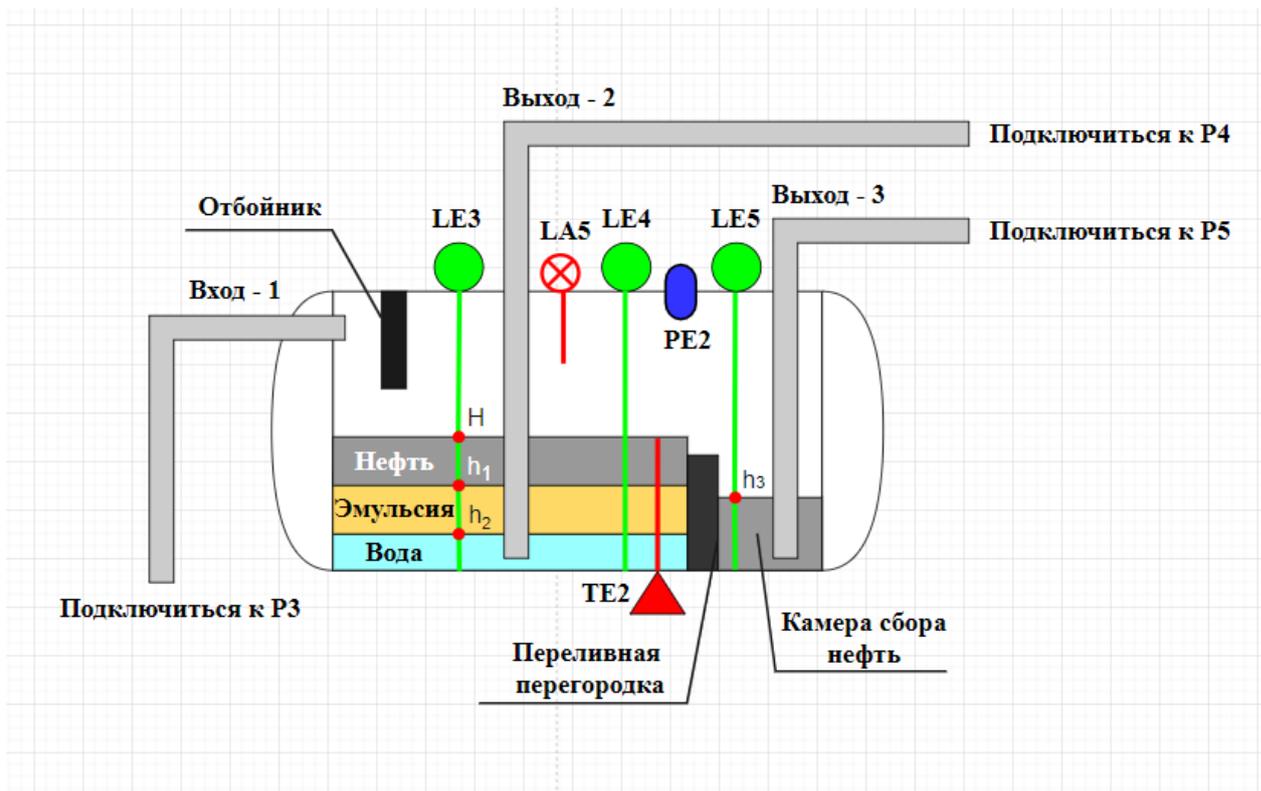


Рисунок 3.1.2 - Внутренняя структурная схема сепаратора

Где: М1-М6 – насосы;

V1-V11 - электромагнитный клапан;

LA1-LA5 - сигнализатор уровня;

LE1-LE5 - уровнемер;

DE1 - датчик плотности;

TE1-TE2 - датчики температуры; PE1-PE2 – датчики давления;

Н – уровень жидкости в I5;

h₁ – граница раздела фаз «нефть и эмульсия» в I5;

h₂ - граница раздела фаз «эмульсия и вода» в I5;

h₃ –уровень жидкости в камере сбора нефти в I5;

h_с – уровень жидкости в I4;

h_{об} – уровень жидкости в I3;

h_{о1} - граница раздела фаз нефть/эмульсия в I3;

h_{о2} -граница раздела фаз эмульсия/вода в I3.

3.2 Разработка алгоритмов работы стенда

Разрабатываемый стенд может работать в двух режимах:

- статический режим;
- динамический режим.

3.3 Алгоритм работы стенда в статическом режиме

Для эксплуатации при статическом режиме необходимо ввести следующие данные:

- объем воды;
- объем нефти;
- нагрева температуру эмульсии в смесителе;
- продолжительность смешивания жидкости;
- давление сжатого воздуха;
- продолжительность подачи сжатого воздуха;
- время сепарации.

При статическом режиме система проверит наличие жидкости в емкостях I3, I4, I5. При наличии жидкостей их перекачивают в емкости I1, I2. Если в I4, I5 есть эмульсия, закачать ее в бак I3. Если неразделенная эмульсия останется в I3, она будет продолжать отстаиваться до полного разделения.

После этого включают насос P1 и вентиль V1 для заполнения смесителя I4 нефтей, затем включают насос P2 и вентиль V2 для заполнения водой, при этом уровень жидкости в емкости I4 достигает $h_c = 15$ мм. Затем включите миксер, чтобы смешать воду и нефти. Затем включается нагреватель и нагревается по заданному пользователем температурному параметру, а также включается компрессор для подачи сжатого воздуха к эмульсии.

Включите насос P3 и вентиль V3, чтобы закачать приготовленную эмульсию в основную камеру сепаратора I5. После того, как эмульсия попадает в сепаратор, она ударяется о перегородку, что способствует разделению воды, нефти и газ (для двухфазного сепаратора газ пока не рассматривается).

Основной бак сепаратора заполнен до отметки $h_1=300$ мм (объем жидкости 15 литров), жидкость не будет переливаться через барьерную перегородку. Границы раздела «нефть и эмульсия» и «эмульсия и вода» в основной камере сепаратора контролируются по обратным сигналам от датчика уровня LE3, LE4.

В процессе сепарации считываются и записываются данные с датчиков (LE3, LE4, LA5, PE2, TE2) в основной камере сепаратора.

После завершения процесса сепарации включаются насос Р4 и вентиль V6, и отсепарированная вода перекачивается из основной камеры сепаратора I5 в емкость для воды I2. Если слой эмульсии (смесь воды и нефтей) все еще присутствует, включите насос Р4 и откройте вентиль V7, чтобы перекачать его в емкость I3 и дать ему отстояться до полного разделения воды и нефти.

После открытия насоса Р4 и клапана V4, V5 перекачивает оставшееся нефти в бак I1.

При повторном запуске эстакады в любом режиме и полном отделении эмульсии в емкости I3 включают насос Р6, открывают вентили V9, V10, V11 и перекачивают воду и нефти, отделенные из I3, в емкости I2 и I1 соответственно.

3.4 Алгоритм работы стенда в статическом режиме

Для эксплуатации при динамическом режиме необходимо ввести следующие данные:

- объем воды;
- объем нефти;
- нагрева температуру эмульсии в смесителе;
- продолжительность смешивания;
- давление сжатого воздуха;
- продолжительность работы стенда;
- продолжительность подачи сжатого воздуха;
- выбор правил остановки стенда (время, объем нефти).

Отличие динамического режима от статического состоит в том, что приготовление эмульсии в смесителе I4 и разделение природного газа и воды в сепараторе I5 осуществляются одновременно, а отделенная нефть подается в сепаратор через перепускную перегородку, а затем Насос в бак II (насос P5 включен, клапан V5 открыт).

Основная камера сепаратора заполнена эмульсией до уровня $h_1 = 270$ мм на отметке уровня. Эмульсия разделяется на нефть и воду, над слоем эмульсии образуется слой нефти, который начинает течь через переливную перегородку, а под эмульсией образуется слой воды. Когда граница раздела эмульсии или воды достигает отметки уровня $h_2 = 50$ мм, включают насос P4, открывают клапан V6 и перекачивают воду в бак I2.

Когда уровень жидкости h_1 остается постоянным, образующийся слой нефти накапливается и продолжает перетекать через переливную перегородку.

После достижения отметки уровня $h_3 = 100$ мм разлитая нефть перекачивается в емкость II.

Рабочий процесс стенда продолжается до тех пор, пока время работы $T_п$ стенда не достигнет заданного оператором времени $T_з$ или пока из сепаратора не будет откачено определенное количество нефтей ($V_H > V_з$).

Кроме того, включить насос P4 и открыть вентиль V6, перекачать воду из основной камеры сепаратора в бак I2 и включить насос P4 и открыть вентиль V6 для перекачки эмульсии в бак I3, также включить насос P4 и открыть краны V4 и V5 для перекачки нефти Насос в емкость II. Оставшаяся нефть в нефтесборной камере сепаратора перекачивается в бак II (открыть насос P5 и открыть клапан V5).

Затем выведите данные датчиков и создайте отчеты.

Перезапустить стенд в любом режиме, когда эмульсия полностью отделится в I3, включить насос P6, открыть клапан V9, вода и нефти, разделенные V10, V11, будут перекачиваться в баки I2 и II соответственно.

3.5 Разработка математической имитационной модели стенда

Поскольку смесь (эмульсия) нефти и воды неоднородна по плотности и составу, изменение этих величин не дискретное, а непрерывное, а градиент изменения определяется действием силы тяжести. Из-за наличия этих вариаций процесс разделения в сепараторе осуществить сложно. Поэтому при моделировании объекта управления обычно игнорируется непрерывный переход между фазами, а также тот факт, что слой нефти, слой эмульсии и слой воды взаимопроникают друг в друга.

Блок-схема автоматического управления процессом сепарации на основе контроля и регулирования плотности нефтесодержащей смеси представлена на рисунке.

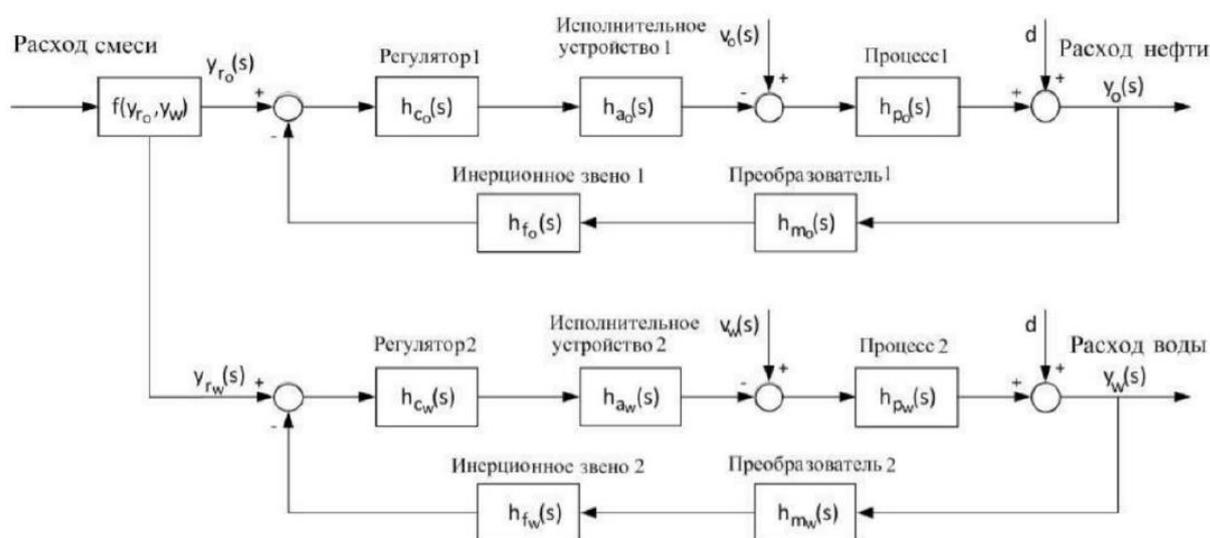


Рисунок 3.5.1 - Блок-схема управления технологическим процессом

Определить передаточную функцию объекта управления, идентифицируя переходную характеристику объекта. Процесс определения следующий.

$$W_s = \frac{Y_s}{X_s} \quad (3.1)$$

где Y_s - изображение по Лапласу выходной величины;

X_s - изображение по Лапласу входной величины.

Для нахождения передаточной функции объекта воспользуемся переходными характеристиками сепаратора (как показано в рисунке 3.5.2 и

3.5.3) [4] для системы регулирования уровня отсепарированной водонефтяной эмульсии при ступенчатом изменении регулирующего органа.

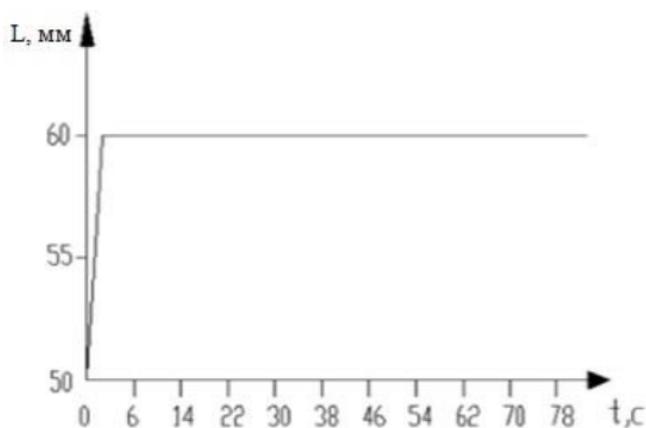


Рисунок 3.5.2 - Задающее воздействие

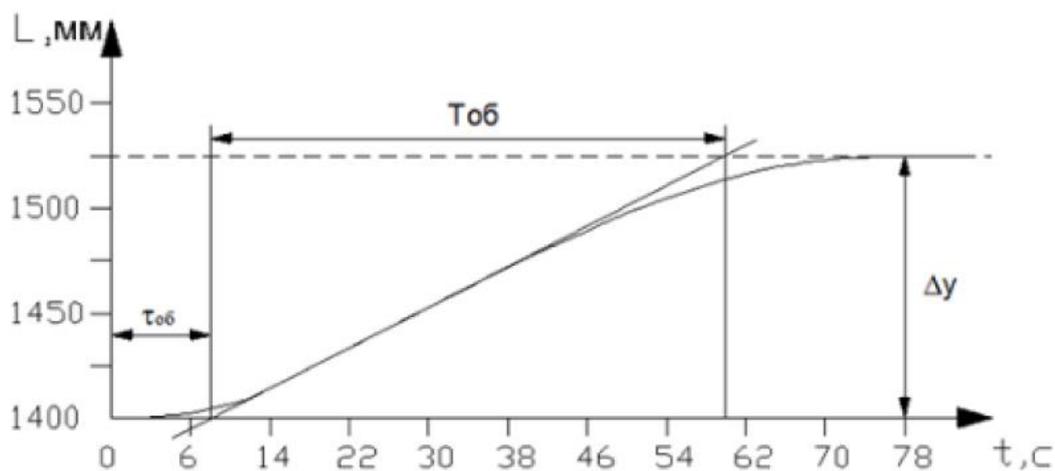


Рисунок 3.5.3 - Переходная характеристика

Передаточная функция объекта управления в нефтегазовой отрасли обычно аппроксимируется аperiodическим звеном первого порядка с запаздыванием, как показано в следующий вид.

$$W_{об}(s) = \frac{K_{об}}{T_{об}s + 1} \cdot e^{-s\tau_{об}} \quad (3.2)$$

где $K_{об}$ - коэффициент усиления объекта управления,

$\tau_{об}$ - время запаздывания объекта;

$T_{об}$ - постоянная времени объекта;

Вышеуказанные параметры являются динамическими параметрами

настраиваемого объекта.

Относительные изменения параметров регулирования имеет в виду.

$$\Delta G = \frac{\Delta Y_y - Y_n}{Y_n} \cdot 100\% \quad (3.3)$$

$$\Delta G = \frac{1525 - 1400}{1400} \cdot 100\% = 8.9\%$$

где ΔG - относительное изменение выходной величины;

Y_y - установившееся значение;

Y_n - номинальное значение.

Относительное изменение параметра положения управляющего уровня в следующем виде.

$$\mu = H_{\text{макс}} - H_n \quad (3.4)$$

$$\mu = 60 - 50 = 10\%$$

где $H_{\text{макс}}$ - максимальное значение положения управляющего уровня;

H_n - номинальное значение положения управляющего уровня;

Т.е. коэффициент усиления передаточной функции имеет в виду:

$$K_{об} = \frac{\Delta G}{\mu} \cdot 100\% \quad (3.5)$$

$$K_{об} = \frac{8.9\%}{10\%} \cdot 100\% = 0.89$$

Установлено постоянной времени объекта $T_{об} = 52\text{с}$, и время запаздывания $\tau_{об} = 8\text{с}$.

Т.е. передаточная функция объекта имеет следующий вид:

$$W_{об}(s) = \frac{0.89}{52s + 1} \cdot e^{-8s}$$

Далее проводится точное математическое моделирование сепаратора.

Наполнение основной камеры сепаратора объемом 15 л (отметка 300 мм) с помощью насоса производительностью 14 л/мин занимает 64 с.

Данным параметрам соответствует следующая передаточная функция:

$$W_n(s) = \frac{0.08}{Ts + 1} \quad (3.5)$$

Основная камера, камера сбора нефти сепаратора и емкости для сбора воды и нефти представляют собой интегратор $\frac{1}{Ts}$.

Входным значением является граница раздела «нефть и эмульсия»:

$$h_1 = 300 \text{ мм.}$$

Заполнение сепарационной камеры осуществляется до этой отметки и остается постоянным на протяжении всей работы системы.

Математическая имитационная модель может быть построена по полученной формуле в среде Simulink программ Matlab.

При создании модели были сделаны следующие допущения:

- Работа двигателя подачи жидкости всегда происходит в линейной части механической характеристики.
- Момент инерции груза не учитывается.
- Электромагнитные явления в двигатели не учитывается.

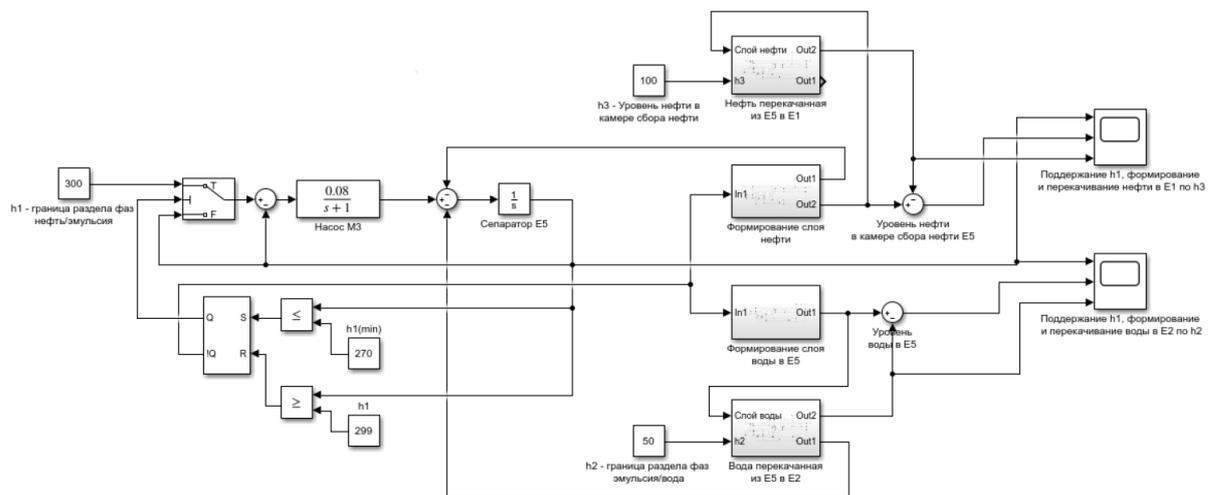


Рисунок 3.5.4 – Имитационная модель работы стенда в среде Simulink

Полученный в ходе моделирования график поддержания границы раздела фаз h_1 , а также образования и перекачки отсепарированной воды из I5 в I2 представлен на рисунке 3.5.6.

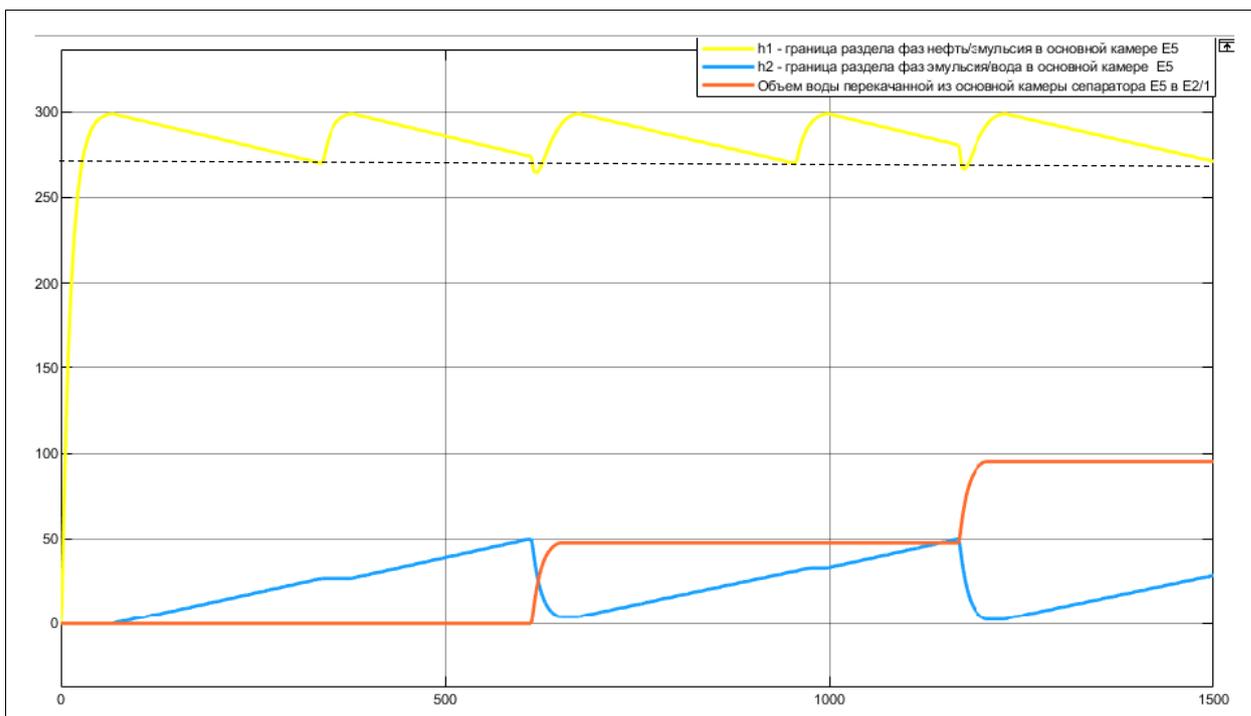


Рисунок 3.5.6 – Поддержание границы раздела фаз h_1 и перекачивание отделившейся воды из I5 в I2

На рисунке показано заполнение сепарационной камеры и поддержание h_1 в диапазоне от 270 мм до 300 мм. По мере отделения масла от эмульсии h_1 уменьшается. При достижении h_1 отметки 270 мм основная камера сепаратора I5 заполняется эмульсией из смесителя I4 в h_1 .

На рисунке также показано формирование слоя воды в основной камере сепаратора I5. После достижения воды h_2 отделившаяся вода перекачивается в резервуар для воды I2. Процесс накачки должен уменьшить границу раздела фаз h_1 , как показано на рисунке 3.5.7.

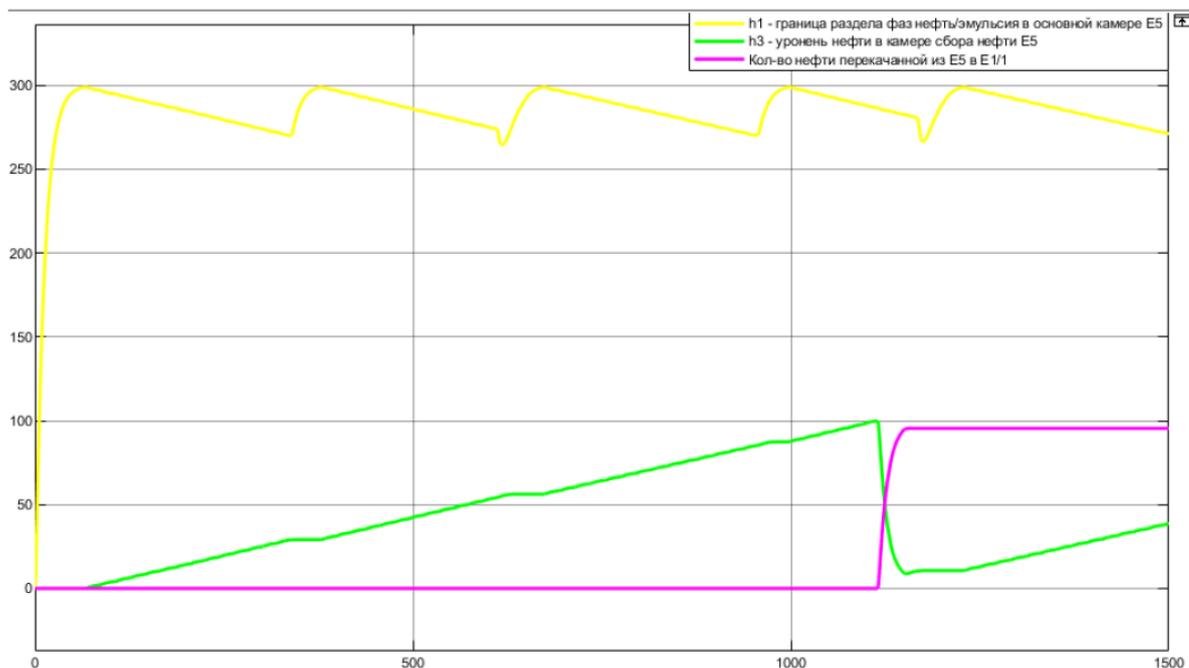


Рисунок 3.5.7 – Поддержание границы раздела фаз h_1 и перекачивание отделившейся нефти из I5 в II

На данном рисунке отображено заполнение камеры сепаратора и поддержание h_1 в диапазоне от 270 до 300 мм. Отсепарированное нефть скапливается в сборной камере сепаратора I5 и перекачивается в емкость II при достижении отметки h_3 - 100 мм. На графике также отображено количество перекачанной нефти в емкость II.

4. Выбор оборудования

4.1 Выбор контроллера

Одним из основных элементов для разработки стенда является программируемый логический контроллер. ПЛК должен соответствовать следующим требованиям:

- работать в неблагоприятных условиях;
- поддерживать периферию (модули).
- работать без длительного обслуживания;

Реализация ПЛК собирает информацию с датчиков и формирует управляющие команды для исполнительных механизмов, таких как насосы для перекачки жидкостей, включение приводов смесителей и т.д.

Для сравнения было рассмотрено три варианта контроллеров:

- Modicon Premium
- SIEMENS S7-1200;
- ОВЕН ПЛК-160.

Сравнение характеристик контроллеров приведено в таблице 4.1.1.



Рисунок 4.1.1 – Modicon Premium



Рисунок 4.1.2 – Овен ПЛК-160



Рисунок 4.1.3 – SIMATIC s7-1200

Таблица 4.1.1 – Сравнение характеристик контроллеров

Контроллер	Modicon Premium	Овен ПЛК-160	SIMATIC s7-1200
Процессор	TSX H57 24М/44М	RISC-процессор на базе ядра ARM-9, 32 разряда, 180МГц	CPU 1214C
Память	256 Мбайт	8 Мб, 1 Мб для кода, 128 кб для переменных	-рабочая 50 кБайт; - загружаемая 2 Мбайт; - расширяемая картой 24 МБайта.
Время цикла, мс	1	1	5
Количество каналов ввода/вывода	1024	40	388
Количество аналоговых входов	-	8	-
Количество аналоговых выходов	-	4	-
Количество дискретных входов	-	16	-
Количество дискретных выходов	-	12	-
Типы интерфейсов	RS-485, RS-485, Ethernet, Profibus	RS-485, Ethernet	1xPROFINET, RJ45
Напряжение питания, В	24	22-28	24
Потребляемая мощность, Вт	3	40	12
Температура окружающей среды, °С	от 0 до 70	от минус 10 до 55	от 0 до 55
Степень защиты	IP67	IP20	IP20
Цена, руб	89 802	33 480	28 783

В ходе анализа характеристик наиболее подходящим является контроллер ОВЕН ПЛК-160, который имеет встроенные модули ввода-вывода, более короткое время цикла, чем SIMATIC s7-1200, и более низкую цену, чем Modicon Premium.

Так как базового количества интерфейсов аналогового ввода и вывода на контроллере ОВЕН ПЛК-160 недостаточно, нам необходимо подключить дополнительные интерфейсы ввода и вывода на контроллере. Мы выберем модуль ввода-вывода аналогового ввода с универсальными входами (Ethernet) MB210 и дискретного ввода/вывода (Ethernet) MK210.

Характеристики модулей представлены в таблице 4.1.2.

Таблица 4.1.2 –

Модуль	MB210	MK210
Цена, руб	8 910	7 860
Количество аналоговых входов	-	8
Количество аналоговых выходов	-	-
Количество дискретных входов	6	-
Количество дискретных выходов	8	-
Интерфейс конфигурирования	USB 2.0, Ethernet	USB 2.0, Ethernet
Напряжение питания, В	(10 – 48)	(10 – 48)
Потребляемая мощность, Вт	4	6
Температура окружающей среды, °С	от минус 40 до 55	от минус 40 до 55
Степень защиты	IP20	IP20

4.2 Выбор датчики уровня

В ходе разработки системе используются датчики уровня раздела фаз и датчики уровня жидкости с непрерывным аналоговым сигналом.

При выборе датчика раздела фаз были рассмотрены датчики, способные измерять одновременно несколько уровней: ДУУ2М, Овен ПДУ и АТ100.



Рисунок 4.2.1 – датчик уровня ДУУ2М

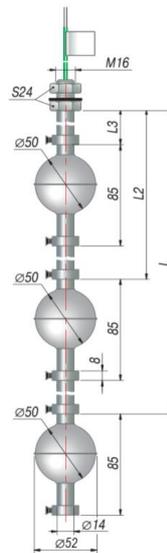


Рисунок 4.2.2 – датчик уровня Овен ПДУ 1.3



Рисунок – 4.2.3 датчик уровня АТ100

Сравнение параметров приведено в таблице 4.2.1.

Таблица 4.2.1 – Сравнение характеристик датчиков уровня

Датчик	Овен – ПДУ 1.3	ДУУ2М	АТ100
Цена, руб.	от 66 600	3 720	от 26 000
Диапазон измерения, м	до 4	до 3	До 22,3
Количество одновременно измеряемых уровней	2	до 3	2
Базовая погрешность, %	±0,01	± 0,01	±0,01
Выходные сигналы	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	Modbus RTU, RS485
Напряжение питания, В	12	(12 – 36)	(13,5 – 36)
Температура рабочей среды, °С	от минус 45 до 65	от минус 40 до 105	от минус 196 до 427
Давление рабочей среды, МПа	до 2	до 1,6	до 207
Степень защиты	IP168	IP168	IP168

Видно, самым подходящим является датчик Овен ПДУ, который способен измерять одновременно 3 уровня (общий уровень жидкости, границы раздела эмульсия-нефть и вода-эмульсия), что необходимо для основной емкости сепаратора и отстойника. Также он отвечает всем требованиям (рабочая температура и давления, степень защиты) и обладает наиболее низкой ценой.

Овен ПДУ является датчиком поплавкового типа. Поплавок, внутри которого находится постоянный магнит, передвигается по вертикальному штоку, внутри которого находится геркон. При достижении поплавком геркона, контакт под действием магнитного поля замыкается, как показано на рисунке 4.2.4 [11].

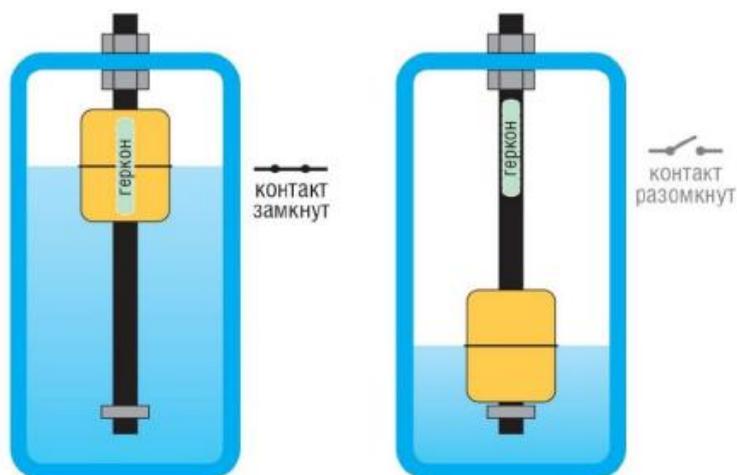


Рисунок 4.2.4 – Принцип работы поплавкового датчика уровня.

Поплавок для измерения верхнего уровня рассчитывается таким образом, чтобы он всегда находился на поверхности нефти. Второй поплавок игнорирует верхнюю жидкость и находится на границе раздела сред нефть-эмульсия, а третий – на границе раздела сред эмульсия – вода.

Кроме отслеживания границ раздела фаз и уровня жидкости в сепараторе и отстойнике необходимо контролировать уровень жидкости в смесителе, а также в емкостях для нефти и воды. Для этого были рассмотрены следующие датчики с аналоговым сигналом: МРМ436W, ОБЕН ПДУ, DLM-35N. Сравнение технико-экономических характеристик данных датчиков показано в таблице 4.2.2.



Рисунок 4.2.5 – Датчик уровня МРМ436W



Рисунок 4.2.6 – Датчик уровня ОВЕН ПДУ



Рисунок 4.2.7 – Датчик уровня DLM-35N

Таблица 4.2.2 – Сравнение характеристик датчиков уровня

Датчик	МРМ436W	Овен ПДУ 2.1	DLM-35N
Цена, руб.	4 680	От 1 740	35 000
Диапазон измерения, м	(0 – 0,5)	(0,1 – 3)	(0 – 2)
Базовая погрешность, %	$\pm 0,5...1$	$\pm 0,1$	$\pm 0,05...1$
Выходные сигналы	0-10В (аналоговый) 4 - 20 мА, 0 - 10/20 мА	(4 – 20) мА	0-10В, (4 – 20) мА
Напряжение питания, В	(15 – 30)	(12 – 36)	(12 – 34)
Температура рабочей среды, °С	от минус 40 до 100	от минус 40 до 105	От 0 до 200
Давление рабочей среды, МПа	До 1,6	До 2	До 0,1
Степень защиты	IP68	IP68	IP68

При анализе технико-экономических характеристики, в качестве датчика уровня для смесителя был выбран ОВЕН ПДУ в модификации 2.1.400 (цилиндрический поплавок, длина штока – 400мм). Данный датчик удовлетворяет всем рабочим условиям, а также обладает самой низкой ценой.

4.3 Выбор насосов

Необходимо обеспечить установку насосами. Было рассмотрено три варианта электронасосов: ROVER POMPE NOVAX, Flojet R4300-142A, Singflo FP-12.

Сравнение характеристик насосов приведено в таблице 4.3.1.



Рисунок 4.3.1 – Насос Flojet R4300-142A



Рисунок 4.3.2 – Насос Singflo FP-12



Рисунок 4.3.3 – Насос ROVER POMPE NOVAX

Таблица 4.3.1

Насос	Flojet R4300-142A	Singflo FP-12	ROVER POMPE NOVAX
Цена, руб	15 990	8 990	14 924
Перекачиваемая жидкость	Вода	Масла, вода	Нефтепродукты, жидкие масла
Напряжение питания, В	12	12	220
Производительность, л/мин	14	12	28
Температура рабочей среды, °С	от плюс 4 до 54	от минус 10 до 60	от 0 до 90
Подъем жидкости, м	2,4	3	7
Реверс	-	+	+
Вес, кг	2	2,48	7

При рассмотрении насосов был выбран Singflo FP-12, который наилучшее подходит для перекачки и нефти и воды, а также обладает наименьшей ценой.

4.4 Выбор клапанов

Электромагнитные клапаны устанавливаются на трубопроводы для дистанционного управления открытием или закрытием потока рабочей среды. Для стенда применим клапаны 2/2 (2-линейные, т.е. 1 вход и 1 выход, 2-позиционные, т.е. открытое и закрытое состояние). Для работы стенда больше подходят нормально закрытые клапаны.

В качестве клапанов были рассмотрены два варианта электромагнитных клапанов: SMART SF62322 DN15 G1; СК-12-15 ВД.



Рисунок 4.4.1 – Клапан SMART SF6232



Рисунок 4.4.2 – Клапан СК-12-15 ВД

Сравнение характеристик клапанов приведено в таблице 4.4.1.

Таблица 4.4.1 – Сравнение характеристик клапанов

Клапан	SMART SF6232	СК-12-15 ВД
Цена, руб	2 271	2 015
Тип	Нормально-закрытый	Нормально-закрытый
Напряжение питания, В	12	24
Температура рабочей среды, °С	от 0 до 65	от минус 5 до 120
Рабочая среда	Нейтральные жидкости и газы	Вода, масло, сжатый воздух и т.д.
Время срабатывания, мс	-	(100 – 300)

По результатам сравнения, был выбран клапан СК-12-15 ВД, который удовлетворяет всем требованиям и обладает наименьшей ценой.

4.5 Выбор датчиков давления

При подготовке эмульсии в смесителе осуществляется подача воздуха. Для контроля давления в смесителе и сепараторе необходимо установить датчики давления.

Было рассмотрено три варианта датчиков избыточного давления: Овен ПД100, Корунд-ДИ-001М, DMP 330L.

Сравнение характеристик датчиков приведено в таблице 4.5.1.



Рисунок 4.5.1 – датчик давления Корунд-ДИ-001М



Рисунок 4.5.2 – датчик давления Овен ПД100



Рисунок 4.5.3 – датчик давления DMP 330L

Таблица 4.5.1 – Сравнение характеристик датчиков избыточного давления

Датчик	Корунд-ДИ-001М	Овен ПД100	DMP 330L
Цена, руб	3500	11340	9580
Диапазон измерения, МПа	(0,001 – 25)	(0,2 – 10)	(0 – 16)
Допустимая погрешность, %	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,5$
Выходные сигналы	(4 – 20) мА, (0 – 5) В	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, (0 – 10) В
Напряжение питания, В	(9 – 36)	(12 – 36)	(2 – 36)
Температура рабочей среды,	от минус 40 до 125	от минус 50 до 80	от минус 20 до 125

°C			
Измеряемая среда	Вода, воздух, бензин, масла	Пар, вода, газы, масло	сжатый воздух, неагрессивные газы, вода, бензин

При рассмотрении характеристик, был выбран датчик Корунд-ДИ-001М, так как его характеристики соответствуют требованиям и при этом его стоимость является наименьшей.

4.6 Выбор датчиков температуры

При подготовке эмульсии в смесителе и разделении в сепараторе необходимо контролировать температуру. Было рассмотрено три варианта датчиков температуры: Метран 274, WIKA TR10-C и TC5008ex. Сравнение характеристик датчиков приведено в таблице 4.6.1.



Рисунок 4.6.1 – датчик температуры Метран 274



Рисунок 4.6.2 – датчик температуры WIKA TR10



Рисунок 4.6.3 – датчик температуры TC5008ex

Таблица 4.6.1 – Сравнение характеристик датчиков температуры

Датчик	Метран 274	WIKА TR10	TC5008ex
Цена, руб	7575	8550	7690
Диапазон измерения, °С	от минус 50 до 180	от минус 200 до 600	от минус 50 до 400
Предел допустимой погрешности	± 0,25 %	± 0,1 °С	± 0,5 %
Выходные сигналы	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА	(4 – 20) мА, (0 – 5) В
Напряжение питания, В	(18 – 42)	(9 – 28)	(17– 42)
Степень пылевлагозащиты	IP65	IP68	IP65

При рассмотрении характеристик, был выбран датчик Метран 274, который имеет самую привлекательную цену и удовлетворяет требованиям рабочих режимов стенда.

Данный датчик – это термометр сопротивления, то есть изменяет электрическое сопротивление чувствительного элемента в зависимости от температуры.

4.7 Выбор датчиков компрессор

в процессе приготовления эмульсии, необходимо использовать компрессор для подачи сжатого воздуха в емкость смесителя. Это необходимо для имитации наличия третьей фазы эмульсии – газа. Было принято решение использовать поршневой безмасляный компрессор с ресивером, который

наиболее бюджетный и не требует контроля уровня масла.

Было рассмотрено три варианта безмасляных компрессоров с ресивером: Ударник УКБ 200/24, ELITECH КПМ 200/24, КРАТОН АС-140-8-OFS. Сравнение характеристик компрессоров приведено в таблице 4.7.1.



Рисунок 4.7.1 – Компрессор Ударник УКБ 200/24



Рисунок 4.7.2 – Компрессор +КРАТОН АС-140-8-OFS



Рисунок 4.7.3 – Компрессор ELITECH КПМ 200/24

Таблица 4.7.1 – Сравнение характеристик компрессоров

Компрессор	Ударник УКБ 200/24	ELITECH КПМ 200/24	КРАТОН АС-140-8-OFS
Цена, руб	5 590	5 090	6 969
Вес, кг	25	25	15
Максимальное давление, МПа	0,8	0,8	0,8
Максимальная производительность, л/мин	180	220	140

Мощность, Вт	1100	1500	750
Объем ресивера, л	24	24	8
Напряжение питания, В	220	220	220
Уровень шума, дБ(А)	92	92	65

При анализе характеристик был выбран компрессор КРАТОН АС-140-8-OFS, который обладает наименьшим весом и уровнем шума.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Планирование научно-исследовательских работ

5.1.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р) и студент (С). Проектная работа делится на этапы, каждый из которых имеет своё содержание и исполнителей [10]. Этапы реализации проекта представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Этапы реализации проекта

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Выбор направления исследования	1	Выбор направления научного исследования	Р, С
	2	Постановка основных целей и задач	Р
Разработка технического задания	3	Составление и утверждение технического задания	Р, С
Анализ предметной области	4	Обзор научно-технической литературы	С
	5	Календарное планирование работ	Р, С
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Описание теоретических исследований	С
	7	Разработка структурной схемы автоматизации	С
	8	Разработка алгоритма работы системы	С
	9	Разработка функциональной схемы автоматизации	С
	10	Проведение теоретических расчетов	С
	11	Построение математической модели работы стенда	С
	12	Подбор оборудования	С
Дополнительные разделы	10	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	С
	11	Написание раздела «социальная	С

		ответственность»	
Проверка результатов	12	Проверка работы руководителем	Р
Оформление отчета	13	Составление пояснительной записки	С
	14	Подготовка презентации дипломного проекта	С

По итогам определения структуры работ в рамках реализации проекта, было определено 7 основных этапов, состоящих из 14 работ, при этом исполнителем большей части работ является студент.

5.1.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Как правило, затраты на оплату труда составляют большую часть стоимости разработки, поэтому неотъемлемым действием определения ресурсоэффективности является определение трудоемкости работ участников проектирования.

Среднее значение трудоемкости $T_{ожі}$ рассчитывается по следующей формуле [10]:

$$T_{ожі} = \frac{3 \cdot T_{mini} + 2 \cdot T_{maxi}}{5} \quad (5.1)$$

где $T_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел/дн.

T_{mini} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

T_{maxi} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

С помощью рассчитанной ожидаемой трудоемкости работ можно вычислить продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} с учетом параллельности выполнения работ несколькими исполнителями.

Продолжительность одной работы рассчитывается по следующей формуле [10]:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожі}}{Ч_i}, \quad (5.2)$$

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

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

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

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни согласно следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал}, \quad (5.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы, календ. дн.;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы, раб. дн.;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5.4)$$

Таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 118} = 1.48, \quad (5.5)$$

Расчеты по трудоемкости выполнения работ представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Временные показатели проведения научного исследования

№ работы	Трудоемкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	T_{min} , чел-дни		T_{max} , чел-дни		$T_{ожі}$, чел-дни					
	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель
1	2	2	5	5	3.2	3.2	1.6	1.6	2.368	2.368
2	0	2	0	5	0	3.2	0	3.2	0	4.736
3	5	2	5	5	5	3.2	2.5	1.6	3.7	2.368
4	14	0	20	0	16.4	0	16.4	0	24.272	0
5	2	2	5	5	3.2	3.2	1.6	1.6	2.368	2.368
6	2	0	5	0	3.2	0	3.2	0	4.736	0
7	2	2	7	7	4	4	2	2	2.96	2.96
8	5	0	7	0	5.8	0	5.8	0	8.584	0

9	5	0	7	0	5.8	0	5.8	0	8.584	0
10	5	0	7	0	5.8	0	5.8	0	8.584	0
11	5	0	7	0	5.8	0	5.8	0	8.584	0
12	0	5	0	10	0	7	0	7	0	10.36
13	10	0	14	0	11.6	0	11.6	0	17.168	0
14	5	0	5	0	5	0	5	0	7.4	0
Итого	62	15	94	37	74.8	23.8	67.1	17	99.308	25.16

Таким образом, научно-исследовательская работа займет 100 рабочих дня студента и 26 рабочих день руководителя.

По полученным данным была построена диаграмма Ганта, представленная на рисунке 5.1.



Рисунок 5.1 – Диаграмма Ганта

Из диаграммы Ганта видно, что значительный промежуток времени выделен на обзор научно-технической литературы. Это необходимо, так как цель работы связана с научно-исследовательской деятельностью, что вносит необходимость детального изучения вариантов реализации процессов, являющихся объектом исследования.

5.2 Бюджет научно-технического исследования

5.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для реализации проектирования стенда физического подобия «Двухфазный сепаратор скважинной жидкости» должны включить

следующие материальные ресурсы: оборудование для сборки стенда (датчики и исполнительные механизмы), расходные материалы (канцелярия и т.д.). Материальные ресурсы, необходимые для реализации стенда представлены в таблице 5.3.

Таблице 5.3 - Материальные ресурсы, необходимые для реализации стенда.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Контроллер Овен ПЛК-160	Шт.	1	33 480	33 480
Датчик уровня Овен ПДУ 1.3	Шт.	2	3 720	7 440
Датчик уровня Овен ПДУ 2.1	Шт.	5	1 740	8 700
Клапан СК-12-15 ВД	Шт.	12	2 015	24 180
Насос Singflo FP-12	Шт.	6	8 990	53 940
Компрессор КРАТОН АС-140-8-OFS	Шт.	1	6 969	6 969
Датчик давления Корунд-ДИ-001М	Шт.	2	3 500	7 000
Датчик температуры Метран 274	Шт.	2	7 575	15 150
Итого				156 859

5.2.2 . Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для разработки проекта необходим ПК, а также программное обеспечение. ТПУ предоставляет бесплатный доступ к разному виду ПО, в том

числе необходимыми для разработки математических моделей. Специальное оборудование, необходимое для реализации проекта представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Специальное оборудование для НИ

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Цена (всего), руб.
Персональный компьютер	1	60000	60000

Разработка проекта производится в течение 5 месяцев с использованием персонального компьютера первоначальной стоимостью 60000 рублей. Срок их полезного использования составляет 5 лет соответственно [13].

Норма амортизации рассчитывается согласно следующей формуле [10]:

$$H_A = \frac{1}{T} \cdot 100\%, \quad (5.7)$$

где T – срок полезного использования, лет.

Таким образом, норма амортизации для используемого ПК составит:

$$H_A = \frac{1}{5} \cdot 100\% = 20\% \quad (5.8)$$

Годовые амортизационные отчисления для используемого ПК:

$$A_{\text{год}} = \frac{60000 \cdot 20}{100} = 12\,000 \text{ руб.} \quad (5.9)$$

Амортизационные отчисления за 5 месяцев для используемого ПК составят:

$$A = \frac{12000 \cdot 5}{12} = 5\,000 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

По результатам расчетов амортизационные отчисления на реализацию проекта в течение 5 месяцев составили 5000 рублей.

5.2.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Помимо материальных затрат, необходимо рассчитать включающую премию и доплаты заработную плату работников, которые непосредственно заняты выполнением НИИ, а также дополнительную заработную плату.

Заработная плата работников складывается из основной и

дополнительной [10]:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.11)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

При этом основная плата работников, непосредственно занятых выполнением НИИ равняется произведению среднедневной платы работника и количества рабочих дней:

$$Z_{дн} = Z_{осн} \cdot T_{раб} \quad (5.12)$$

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

$T_{раб}$ – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.13)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

Показатели рабочего времени для студента и руководителя представлены в таблице 10.5.

Месячный должностной оклад работника рассчитывается согласно следующей формуле [10]:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (5.14)$$

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

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равный примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска) [18].

Таблица 5.5 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих (выходных и праздничных) дней	118	118
Потери рабочего времени – отпуск – невыходы по болезни	48	72
Количество месяцев без отпуска	10,4	9,6
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Таким образом, действительный годовой фонд рабочего времени составляет 199 и 175 дней для руководителя и студента соответственно.

Расчет основной заработной платы приводится в таблице 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$, руб.	$Z_{дн}$, руб.	$T_{р}$, раб. дни	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	22 221	0,3	0,2	1,3	33 332	1742	15	26 130
Студент	1 326	0,3	0,2	1,3	2 585,7	141,8	73	10 351,4

По результатам расчётов можно заключить, что основная заработная плата за реализацию проекта составит 9 784,2 рубля для студента и 26 130 для руководителя.

5.2.4 Дополнительная заработная плата

Примем $k_{доп}$ равным 0,12, тогда дополнительная плата руководителя и студента будет рассчитываться следующим образом:

$$Z_{допР} = 26\,130 * 0,12 = 3\,135,6; \quad (5.16)$$

$$Z_{допС} = 10\,351,4 * 0,12 = 1\,242,2. \quad (5.17)$$

В итоге, с учетом основной и дополнительной, заработная плата для руководителя будет составлять 29 265,6 рублей, а для студента – 11 593,6 рублей.

5.2.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Размер страховых взносов равен 30% от заработной платы. Сюда включены взносы на пенсионное страхование – 22%, на медицинское страхование – 5,1%, а также на соцстрахование – 2,9% [12]. Отчисления во внебюджетные фонды представлены ниже в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды, %	Отчисления во внебюджетные фонды, руб.
Руководитель	29 265,6	30	8 777
Студент	11 593,6	30	3 478

5.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя затраты на управление, хозяйственное обслуживание, эксплуатацию и ремонт оборудования и составляют 20% от суммы заработной платы и отчислений [10]:

$$C_H = k_H \cdot (Z_{зпР} + Z_{зпС}) = 0,2 \cdot (30\,049,5 + 11\,904,1) = 8\,390,7, \quad (5.19)$$

где C_H – накладные расходы, руб.;

k_H коэффициент накладных расходов;

$Z_{зпС}$ – заработная плата студента, руб.;

$Z_{зпР}$ – заработная плата руководителя, руб.

По результатам расчётов можно заключить, что накладные расходы на реализацию проект

5.2.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Затраты проекта формируются на основе рассчитанной величины затрат научно-исследовательской работы. Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую деятельность представлено таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Исп. 1	Исп.2
Материальные затраты НИИ и специальное оборудование	156 859	166 896.5
Амортизационные расходы	5 000	5 000
Затраты по заработной плате работников	40 859,2	40 859,2
Отчисления во внебюджетные фонды	12 257,76	12 257,76
Накладные расходы	8 390.7	8 390.7
Бюджет затрат НИИ	223 366,66	233 404,16

Согласно расчетам, бюджет затрат научно-исследовательской работы составил 223 366,66 рублей. Основной статьей расходов являются материальные затраты НИИ – 50.2% в структуре затрат.

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Итоговое значение интегральных финансовых показателей вариантов исполнения технического решения:

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{223366,66}{233404,16} = 0,9.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{испл.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{233404,16}{233404,16} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Расставляем балльные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик исполнения исследования, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения исследования для исполнителя

Критерий	Весовой коэффициент	Исп 1 (Текущий проект)	Исп.2
1. Контроль качества алгоритма	0.2	2	4
2. Простота эксплуатации	0.1	4	4
3. Надежность работы системы	0.2	5	4
4. Энергоэффективность	0.2	5	4
5. Безопасность системы	0.2	5	5
6. Энергосбережение	0.1	5	4
Итого:	1	4.8	4.2

Расчет интегрального показателя для разработанного варианта исполнения исследования :

$$I_{p1} = 0.2 * 2 + 0.1 * 4 + 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.2 * 5 + 0.2 * 5 = 4.8$$

Расчет интегрального показателя для варианта исполнения №2:

$$I_{p2} = 0.2 * 4 + 0.1 * 4 + 0.2 * 4 + 0.2 * 4 + 0.2 * 5 + 0.1 * 4 = 4.2;$$

Согласно полученным результатам расчетов, разрабатываемый проект является более ресурсоэффективным.

Расчет сравнительной эффективности разработки представлен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Сравнительная эффективность разработки а составят 8 390,7 рублей.

Показатели	Исп. 2 (Текущий проект)	Исп.1
Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4.8	4.2
Интегральный показатель эффективности	5,9	4,2

Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,4
--	-----

Таким образом, основываясь на расчете интегральных показателей финансов, ресурсоэффективности и эффективности, можно сделать вывод, что текущий проект превосходит второй вариант его исполнения.

Итак, в ходе разработки данного раздела были выявлены потенциальные потребители проектируемого стенда физического подобию «Трёхфазный сепаратор скважинной жидкости». Разработанный стенд может быть применен на крупных научно-исследовательских и проектных организациях, специализирующихся на подготовке нефти, а также в образовательных учреждениях.

В процессе анализа конкурентных технических решений были определены конкуренты разработки: компании «ProgramLab» и «Учтех-Профи». Разработанная установка значительно превосходит конкурентов по функционалу, однако проигрывает по надежности и энергоэффективности.

В ходе SWOT-анализа были определены основные пути развития, основными из которых являются совершенствование системы безопасности, анализ рынка и импортозамещение.

В ходе разработки данного раздела были произведены расчеты трудоемкости НТИ: поставленные задачи, необходимые для разработки проекта были соотнесены со сроком их выполнения и исполнителем. Согласно расчетам, для реализации проекта понадобится 73 дня работы студента (что соответствует 108 календарным дням) и 25 дней работы руководителя (что соответствует 37 календарным дням).

По составленной диаграмме Ганта было выявлено, что наиболее времязатратными работами являются обзор научно-технической литературы и разработка математических моделей.

Расчет затрат на разработку стенда показал, что основной статьей расходов являются материальные затраты НТИ их доля составила 50.2% в

структуре затрат. Расчет эффективности показал, что текущий проект превосходит второй вариант его исполнения.

6 Социальная ответственность

Одним из важнейших условий эффективного производства является безопасность человека в процессе трудовой деятельности. В данном разделе осуществлен поиск отрицательных факторов, влияющих на здоровье человека во время работы со стендом и технологических опасностей, возникающих в процессе эксплуатации установки, а также путей ослабления, либо исключения этих факторов и опасностей.

Объектом исследования в данной работе является стенд двухфазного сепаратора. Двухфазный сепаратор предназначен для разделения жидкости от газа.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения

безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности, в том числе и в техносфере, является Конституция – основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не должны ей противоречить.

При разработке лабораторного стенда должны учитываться меры обеспечения безопасности рабочей зоны оператора. Данные меры рассматриваются в ГОСТе 22269-76, который распространяется на индивидуальные рабочие места операторов стационарных и подвижных объектов системы «человек-машина» и устанавливает общие эргономические требования к взаимному расположению элементов рабочего места.

При взаимном расположении элементов рабочего места необходимо учитывать:

- рабочую позу человека-оператора;
- пространство для размещения человека-оператора;
- возможность обзора элементов рабочего места;

- возможность обзора пространства за пределами рабочего места;
- возможность ведения записей, размещения документации
- материалов, используемых человеком-оператором.

Взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать необходимые зрительные и звуковые связи между оператором и оборудованием, а также между операторами.

При расположении элементов рабочего места должны быть предусмотрены необходимые средства защиты человека-оператора от воздействия опасных и вредных факторов, предусмотренных ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ, а также условия для экстренного ухода человека-оператора с рабочего места.

Взаимное расположение пульта управления, кресла, органов управления и средств отображения информации должно производиться в соответствии с антропометрическими показателями, структурой деятельности, психофизиологическими и биомеханическими характеристиками человека оператора.

6.2 Профессиональная социальная безопасность

Разработка и эксплуатация стенда производится в закрытом помещении с помощью персонального компьютера. Для анализа факторов, влияющих на работу оператора, воспользуемся ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ, в котором рассматриваются опасные и вредные производственные факторы, и их классификация.

Система, управляющая процессом подготовки эмульсии и сепарации состоит из насосов, клапанов, датчиков контроля и персонального компьютера. Источником вредных и опасных факторов может являться любое из перечисленных оборудований. Характерные факторы для разрабатываемой системы представлены в таблице 1 согласно ГОСТу 12.0.003-2015 ССБТ.

Таблица 6.1 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Отклонение показателей микроклимата	– СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
2. Превышение уровня шума	– ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	– СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
4. Риск поражения током, вызываемый разницей потенциалов	– ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
5. Превышение уровня электромагнитных излучений	– СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
6. Статическое электричество	– ГОСТ ИЕС TR 61340-5-2-2021 Электростатика. защита электронных устройств от электростатических явлений. руководство по применению
7. Короткое замыкание	– ГОСТ 12.1.019 – 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

6.3 Отклонения показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими

на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы.

Для оператора станда она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно, предоставлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	(21,0–22,9)	(20,0–29,0)	(15–75)	0,2
Холодный	(20,0-21,9)	(19,0-26,0)	(15–75)	0,1

6.4 Превышение уровня шума

Воздействие шума на организм человека негативно сказывается на нервной системе, оказывая значительное психологическое воздействие. Длительное воздействие шумов уровня (70-90) дБ может привести к заболеваниям нервной системы. Кроме того, воздействие шума способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний.

Таблица 6.3 – Допустимые уровни звука на рабочем месте

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Классные помещения, учебные кабинеты, учительные комнаты, аудитории образовательных организаций, конференц-залы, читальные залы библиотек	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40

Основными источниками шума в проектируемом стенде являются:

- насосы;
- жесткие диски;
- система охлаждения центральных процессоров.

Основными источникам шума стенда являются насосы и ПК. Другие источники хорошо изолированы от внешней среды. На человека данный шум не представляет опасности, однако можно снизить воздействие уровня шума при помощи средств индивидуальной защиты.

Для снижения уровня шума, производимого ПК и лабораторным стендом, рекомендуется регулярно проводить их техническое обслуживание: чистка от

пыли, замена смазывающих веществ; также применяются звукопоглощающие материалы.

6.5 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Согласно СП 52.13330.2016 отсутствие освещение или его нехватка классифицируется как вредный производственный фактор. Работа при недостаточном освещении может привести к переутомлению, усталости глаз, головным болям, что неизбежно приводит к снижению работоспособности.

Управление оператором лабораторного стенда процессами с помощью ПК оценивается как зрительная работа очень высокой точности, при этом наименьший размер объекта различения ограничивается (0,15-0,3) мм. Что является II-м разрядом зрительной работы. В помещениях, предназначенных для работы с ПЭВМ, освещенность рабочей поверхности от систем общего освещения должна быть не менее 300 лк.

Для соблюдения требований освещенности необходимо, чтобы рабочее место оператора располагалось в помещении с наличием источника естественного освещения. Отсутствие естественного освещения, как и его нехватка, классифицируется как вредный производственный фактор.

6.6 Электробезопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 поражение электрическим током относится к опасным производственным факторам. Электрический ток способен привести к острому поражению или мгновенному воздействию относительно высокоинтенсивного воздействия, приводящий к летальному исходу.

Главной причиной поражения электрическим током в данной системе может быть прямой контакт со шкафом управления или другими электрическими приборами.

Именно питание от промышленной сети вызывает наибольшую опасность для персонала. Оборудование стенда питается как переменного напряжения в 220 В.

Согласно ГОСТ Р 12.1.019-2017 все что питается от промышленной сети

необходимо сопроводить предупреждающими знаками, чтобы персонал не делал ошибочных действий и движений.

Все токоведущие части стенда и ПК должны быть изолированы. Все оборудование должно быть заземлено. Значение сопротивления между заземляющим зажимом и каждой доступной прикосновению металлической частью, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.» электрическая изоляция цепей должна выдерживать испытательное напряжение 1 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 1 мин без пробоя или перекрытия.

Стенд должен быть оборудован автоматическими выключателями для защиты от короткого замыкания и перегрузок.

Согласно ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 903н Об «утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», управлять лабораторным стендом, то есть пользоваться ПК для анализа параметров установки и проведения экспериментов может пользоваться персонал, имеющий I группу электробезопасности.

Персонал, единолично обслуживающий стенд, должен иметь группу по электробезопасности не ниже третьей. III группа электробезопасности присваивается по результатам аттестации в комиссии предприятия или отделения Ростехнадзора.

Проверка знаний электротехнического персонала, работающего непосредственно с лабораторным стендом физического подобию должна проводиться ежегодно.

6.7 Превышение уровня электромагнитных излучений

Аппаратная часть установки состоит из насосов, электромагнитных клапанов, контрольно-измерительных приборов контроллера и ПК. Всё это оборудование создает электромагнитное излучение, которое возникает от любого устройства, потребляющего или создающего электроэнергию.

Воздействие электромагнитного излучения наносит вред организму человека.

СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 устанавливает допустимые нормы электромагнитного излучения.

Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания персонала без средств защиты в электромагнитном поле представлены ниже в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Допустимые уровни магнитного поля и длительность пребывания

Время пребывания, час	Допустимые уровни МП, [А/м] при воздействии	
	Общее воздействие	Локальное воздействие
1 и менее	1600/2000	6400/8000
2	800/1000	3200/4000
4	400/500	1600/2000
8	80/100	800/1000

Что касается способов защиты и уменьшения влияния электромагнитного излучения, то можно воспользоваться следующими действиями:

- смена должна длиться менее 8 часов в день;
- уменьшение времени нахождения человека в электромагнитном поле, а именно организация перерывов каждые (45 – 60) минут на (10 – 15) минут;
- увеличение расстояния от персонала до источника электромагнитных излучений.

Таким образом, воспользовавшись данными действиями дополнительные средства защиты окажутся не востребованными.

6.8 Экологическая безопасность

Основным инструментом работы при разработке и эксплуатации является ПК и установка, потребляющие электроэнергию. Для удовлетворения

потребности в электроэнергии, в настоящее время приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

При работе со стендом производства не осуществляется. К отходам, производимым в помещении, можно отнести бытовой мусор и периодическую замену нефти и воды в стенде. При этом утилизация отработанной нефти осуществляется в фирмах по утилизации отходов (масел).

Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи, энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

При работе со стендом производства не осуществляется. К отходам, производимым в помещении можно отнести бытовой мусор и периодическую замену нефти и воды в стенде.

Утилизация отработанной нефти осуществляется в фирмах по утилизации отходов (масел).

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминесцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Согласно СанПиН 2.1.3684-21 оборудование в случае полной неработоспособности и неремонтопригодности должно быть утилизировано на полигоне твердых бытовых отходов. Утилизация полиграфических отходов и макулатуры и т.п. сдается в специализированную организацию по переработке. Согласно ГОСТ 12.3.031-83 «Работы со ртутью» Требования безопасности, утилизация люминесцентных ламп следует сдаваться в профессиональную компанию, при этом необходимо соблюдать следующие условия:

- Специальное сооружение, в котором будут хранить, и обезвреживать лампы.

- Оборудование и спецустановки для проведения работ.
- Транспорт для перевозки от места сбора к месту переработки. Кроме утилизации, такие компании проводят и вывоз опасных отходов.
- Подготовленный персонал.
- Переработчик обязан иметь лицензию на проведение утилизационных работ.

6.9 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее характерной ЧС для проектируемого стенда является пожар, это обусловлено использованием нефти, которая является горючим веществом.

Для ослабления последствий пожара в здании должны находиться углекислотный огнетушитель, сухой песок и внутренние пожарные водопроводы находиться. Они предназначаются для своевременного тушения небольших локальных возгораний.

Чем больше оснащена установка автоматизированными элементами, тем более вероятен риск возникновения пожара, так как количество и функциональная сложность оборудования выше. Поэтому система совершенствуется таким образом, чтобы исключить возникновение искры в токопроводящих цепях. Для этого при достижении критических параметров, то есть предельных значений, включается аварийная сигнализация. Информация выводится на АРМ оператора, где принимаются действия по безопасной остановке технологического процесса. Кроме того, предусмотрено автоматическое выключение электропитания при достижении верхнего и аварийного уровня давления и температуры в основной емкости сепаратора и смесителе.

Для предотвращения пожара, многие датчики были выбраны во взрывозащищенном исполнении.

Действия, которые можно предпринять для предотвращения пожара:

- организация обучения персонала правилам пожарной безопасности;
- разработка мероприятий по действиям персонала на случай

возникновения пожара и организация эвакуации людей;

– назначение лица, ответственного за эвакуацию, которое должно следить за исправностью дверных проемов, окон, проходов и лестниц.

К эксплуатационным мероприятиям относятся:

– поддержание исправной изоляции проводников;

– поддержание свободного подхода к оборудованию;

– соблюдение противопожарных инструкций при прокладке электропроводок, эксплуатации оборудования, освещения.

Действия при пожаре на производстве регламентируются правилами обеспечения пожарной безопасности предприятия. Основой для подготовки инструкции по эвакуации служат Противопожарные правила, утвержденные Постановлением Федерального закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

Общие правила же правила поведения при обнаружении пожара персоналом остаются неизменными:

– немедленно сообщить в пожарную службу;

– сообщить руководству предприятия;

– включить сигнализацию, систему пожаротушения;

– оказать помощь в эвакуации людей и тушении пожара.

6.10 Выводы по разделу социальная ответственность

В ходе реализации данного раздела были рассмотрены организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности, проанализированы нормативные документы, касающиеся разработки выпускной квалификационной.

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе. Категория помещения по электробезопасности, согласно ПУЭ, соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности.

Согласно правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок

персонал должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Категория тяжести труда в лаборатории по СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" относится к категории Ib (работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся физическим напряжением).

В качестве самой характерной ЧС был выявлен пожар. Следование предложенным в данном разделе правилам и мерам может помочь избежать чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить сохранность здоровья персонала и состояния окружающей среды.

Заключение

В ходе разработки были рассмотрены нормативно-техническая документация по проектированию и эксплуатации сепаратора, определены различные требования, которые следует учитывать при проектировании сепаратора. Уточнены технический процесс станда, работающего в статическом и динамическом режимах соответственно, и по техническому процессу выполнена конструкция станда.

Проведен анализ методов повышения производительности процесса сепарации нефтесодержащей смеси. Разработаны рекомендации по моделированию автоматизированной системы управления для станда физического подобия «Двухфазный сепаратор», были уточнены технические спецификации станда, работающего в статическом и динамическом режимах.

Были получены передаточная функция системы на основе настроек параметров в обычных ситуациях, и создана математическая имитационная модель в среде пакета Simulink программа Matlab. Запустив математическую модель, были получены различные интервалы настройки параметров, которые поддержат нормальную работу системы.

Conclusion

In the course of development, the regulatory and technical documentation for the design and operation of the separator was considered, various requirements were identified that should be taken into account when designing the separator. the technical process of the stand operating in static and dynamic modes, respectively, was specified, and the design of the stand was made according to the technical process.

The analysis of methods for increasing the productivity of the oil-containing mixture separation process was carried out. Recommendations for modeling an automated control system for the “Two-Phase Separator” physical similarity stand were developed, and the technical specifications of the stand operating in static and dynamic modes were refined.

The transfer function of the system was obtained based on the parameter settings in normal situations, and a mathematical simulation model was created in the environment of the Simulink package, the Matlab program. By running the mathematical model, various parameter setting intervals were obtained that will support the normal operation of the system.

Список литературы

1. Тарасова Г.И. Исследование реологических и электрических свойств обратных эмульсий, стабилизированных термолизным дефекатом ТД600 / Г.И.Тарасова, О.Н. Шевага, Е.Н. Грачева, В.В.Тарасов, А.А. Хаертдинова // Вестник технологического университета. - 2015. - Т. 18, №6. - С. 90-93.
2. Кварцов С.А. Разработка эмульсионных буровых растворов методом механохимической активации: Автореф. дис. на соис. учен. степ. канд. тех. наук.– Москва: ВНИИГАЗ, 2011. – 25 с.
3. Типы эмульсий [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://info-neft.ru/index.php?action=full_article&id=577 – свободный (дата обращения 25.02.2020).
4. Приготовление и разрушение эмульсий физическими и комбинированными методами: статья/ Л.А. Кудишова, С. К. Мясников – Москва, 2010г.
5. Эмульсии: получение, свойства, разрушение: учебно-методическое пособие/ Л.В. Кольцов, М.А. Лосева – Самара: изд-во СамГТУ, 2017 г. – 20 с.
6. Королева М.Ю., Юртов Е.В. Наноэмульсии: свойства, методы получения и перспективные области применения // Успехи химии. - 2012, Т. 81, №1. - С. 21-43.
7. Кузовников Ю.М., Хмелев В.Н., Цыганок С.Н. Разрушение масляной эмульсии ультразвуковым воздействием // Научно-технич. вестн. Поволжья. - 2011. - №5. - С 194-197.
8. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности/ В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов – Бийск: изд-во АлтГТУ, 2010г. – 203с.
9. Ли Вэй, Ю Тунчуань, Чжан Сяоминь. Исследования по технологическому проектированию гравитационного газонефтеводяного трехфазного сепаратора // Журнал Харбинского технологического института. 2016 – 06 – 15. С 477-480.

10. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова – Томск: изд-во ТПУ, 2014. – 73с.

11. Районный коэффициент [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://assistantus.ru/oplata-truda/rajonnyj-koefficient/>, свободный (дата обращения 05.05.2020).

12. Федеральный закон от 24.07.2009 N 212-ФЗ "О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования" [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_89925/, свободный (дата обращения 05.05.2020).

13. Срок полезного использования офисной техники [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://praktibuh.ru/buhuchet/vneoborotnye/os/amortizatsiya/srok-poleznogo-ispolzovaniya-kompyutera.html>, свободный (дата обращения 13.05.2020).

14. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>, свободный (дата обращения 10.05.2022).

16. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>, свободный (дата обращения 08.06.2022).

17. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>, свободный (дата обращения 08.06.2022).

18. Свод правил: СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. – М.: Минстрой России, 2016. – 106 с.

19. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения 08.06.2022).

20. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902170553> (дата обращения 08.06.2022).

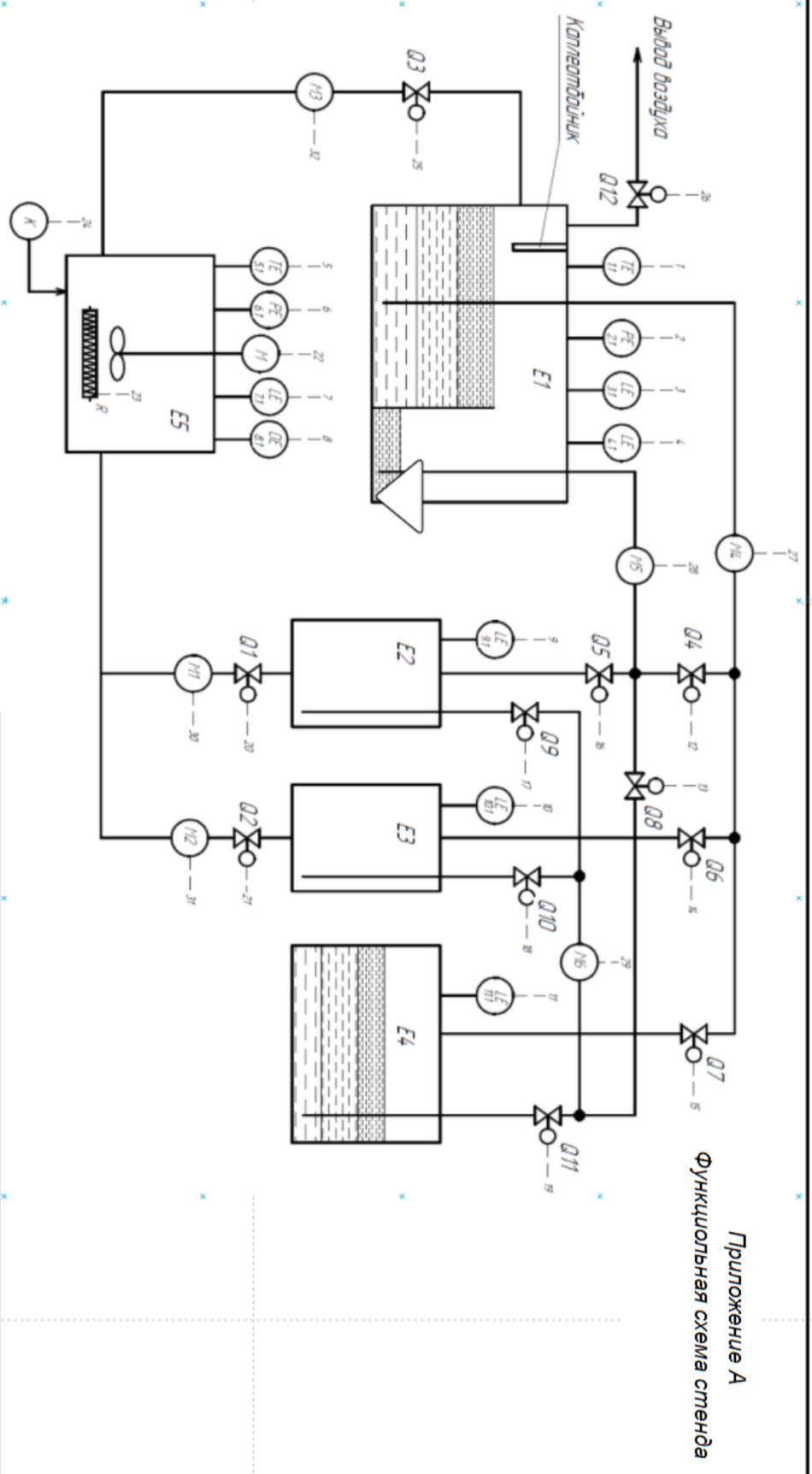
21. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 N 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/hotdocs/66987.html/>, свободный (дата обращения 7.05.2022).

22. ГОСТ 12.1.019 – 2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200080203> (дата обращения 08.06.2022).

23. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200102598> (дата обращения 08.06.2022).

24. ПРИКАЗ от 15 декабря 2020 года N 903н Об «утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573264184> (дата обращения 08.06.2022).

25. Противопожарные правила, утвержденные Постановлением Федерального закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/420272982> (дата обращения 08.06.2022).

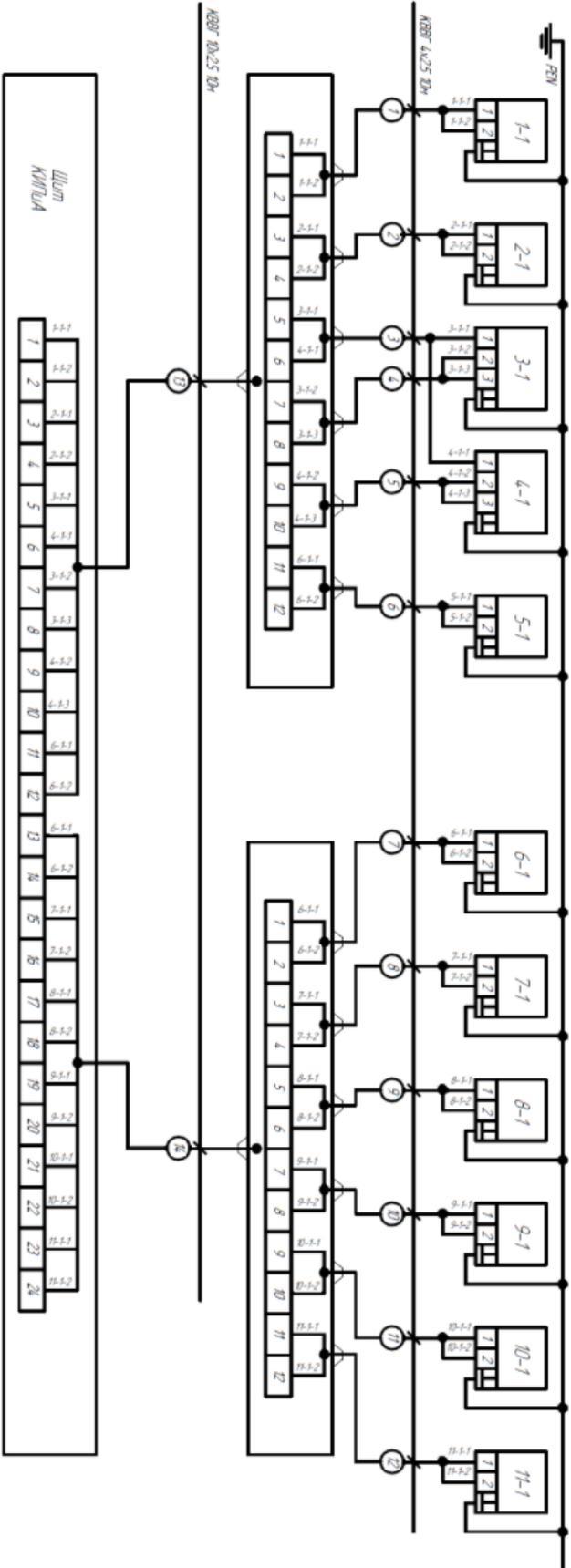


Приложение А
Функциональная схема стенда

КГТ1.ХХХХХХ.018			
Изм.	Лист	Подп.	Дата
Разраб.	Ван Цыхань	У	10.06.21
Проб.	Филипас А.А	Лист 1	Листов
		ТПУ ИШИТР Група 158782	
			Разработка стенда физического подобия "Двухфазный сепаратор"
			Чертеж общегю вида

Инд. № подл.	Табл. и вара.	Вар. №№	Корректировка

Наименование прибора	Температура					Давление		Уровень					Плотность
	Место монтажа прибора	Двухканальный датчик	Сигнальный датчик	Двухканальный датчик									
Датчик	Метран 274	Метран 274	Корд-ДИ -001И	Корд-ДИ -001И	Овен ПДУ 2.1	Овен ПДУ 1.3	Овен ПДУ 1.3	Овен ПДУ 1.3	Овен ПДУ 1.3	Овен ПДУ 1.3	Овен ПДУ 2.1	Овен ПДУ 2.1	Овен ПДУ 2.1
Позиция	1-1	2-1	3-1	4-1	5-1	6-1	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1		



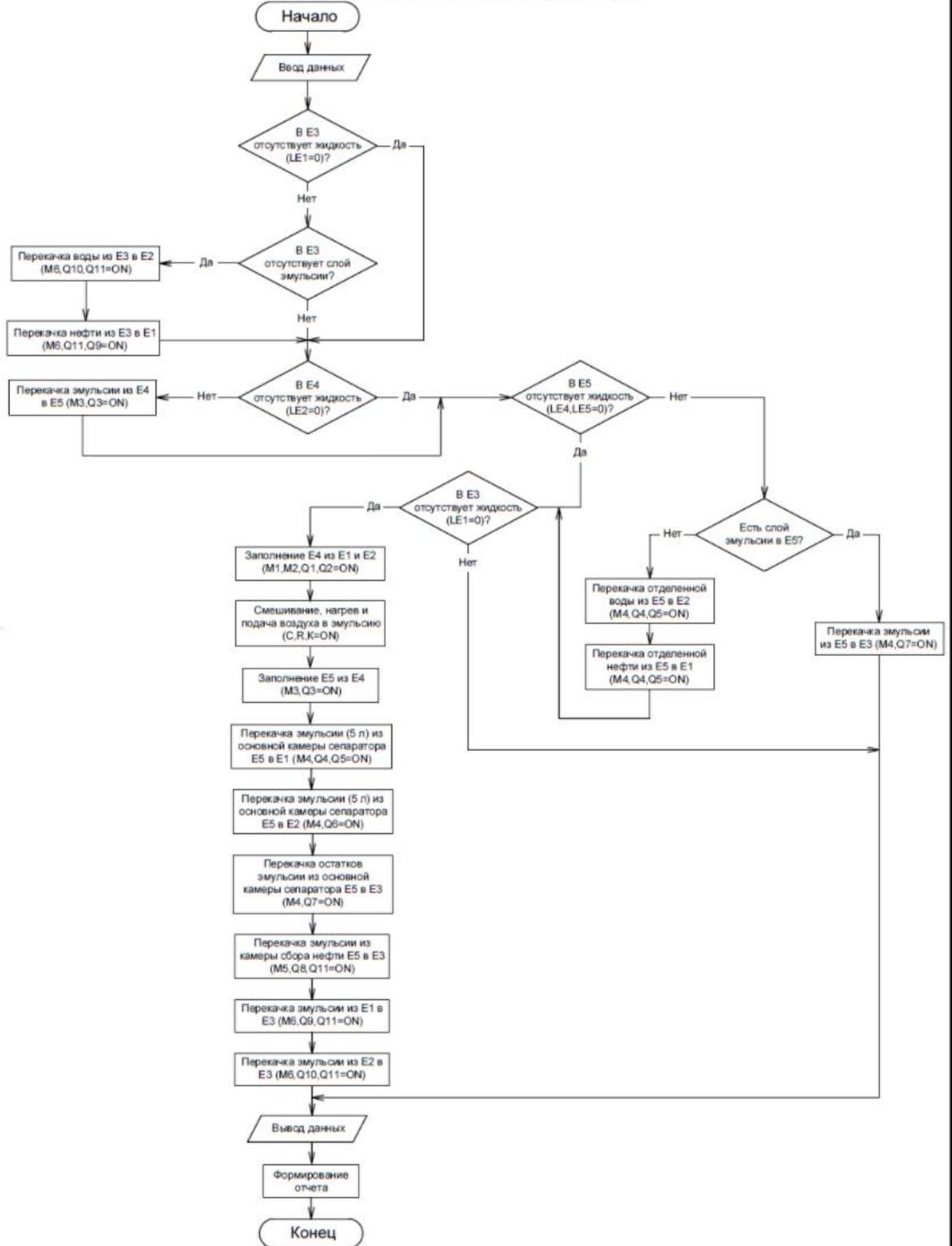
Приложение Г
Схема соединений внешних проводов

КГГ.ХХХХХХ.018			
Изм.	Лист	Подп.	Дата
Разраб.	Ван Цыхань		10.06.21
Проб.	Филипас А.А.		10.06.21
Лист 1	Листов	Разработка стенда физического подобия "Двухфазный" сепаратор	
ТПУ ИШИТР Группа 158182		Чертеж общего вида	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Согласовано

Приложение Д
(обязательное)

Блок-схема алгоритма технологического прогона оборудования стенда

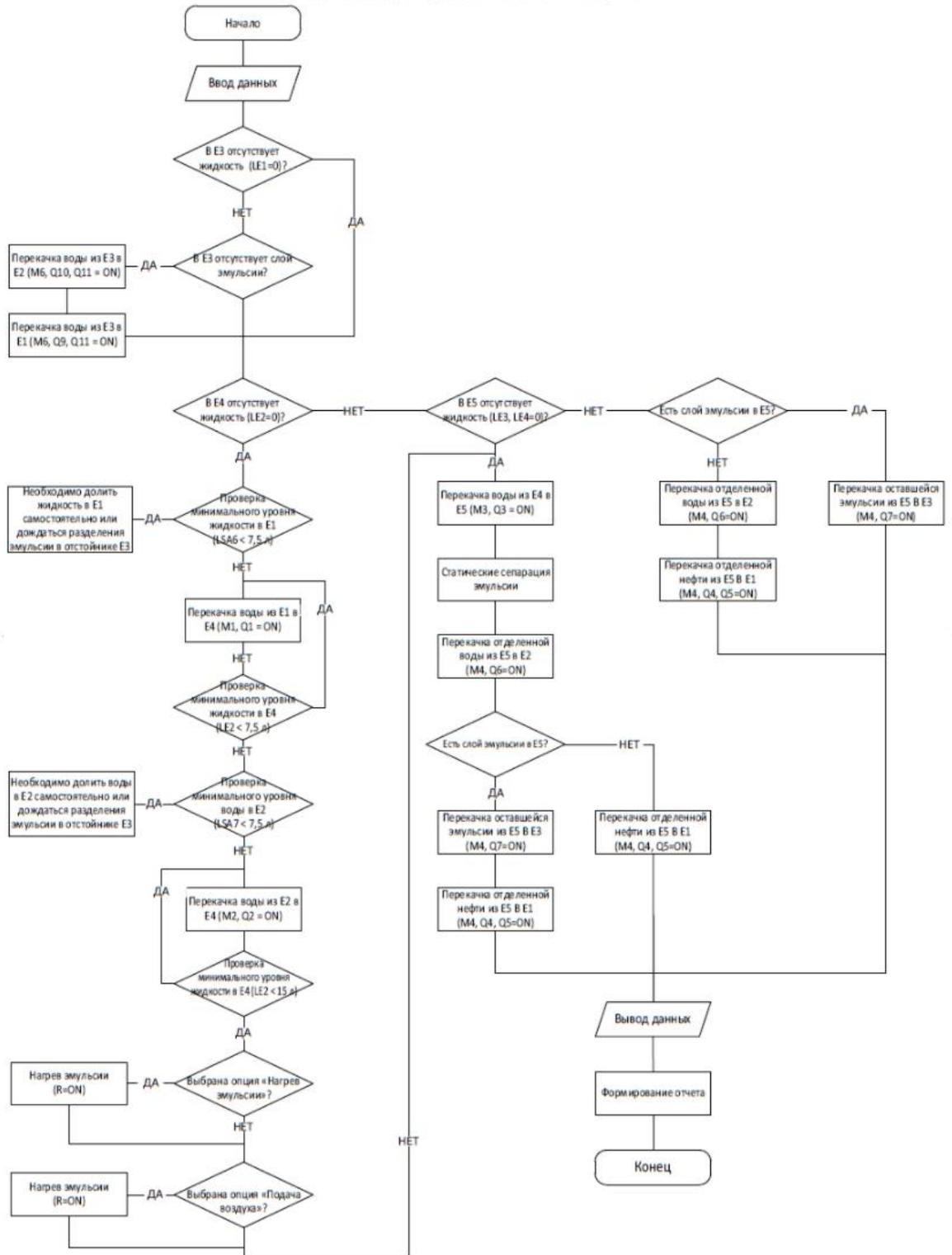


Создатель	
Вариант	№
Дата	
Исполнитель	
Имя	

					КГГ1.XXXXXX.018		
Изм.	Лист	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	Разработка стенда физического подоби "Двухфазный сепаратор"
Разраб.	Ван Цыхань		10.06.21	у			
Проб.	Филипас А.А		10.06.21				
					Лист 1		Листов
					ТПУ ИШИТР Группа 158182		Чертеж общего вида

Приложение Е
(обязательное)

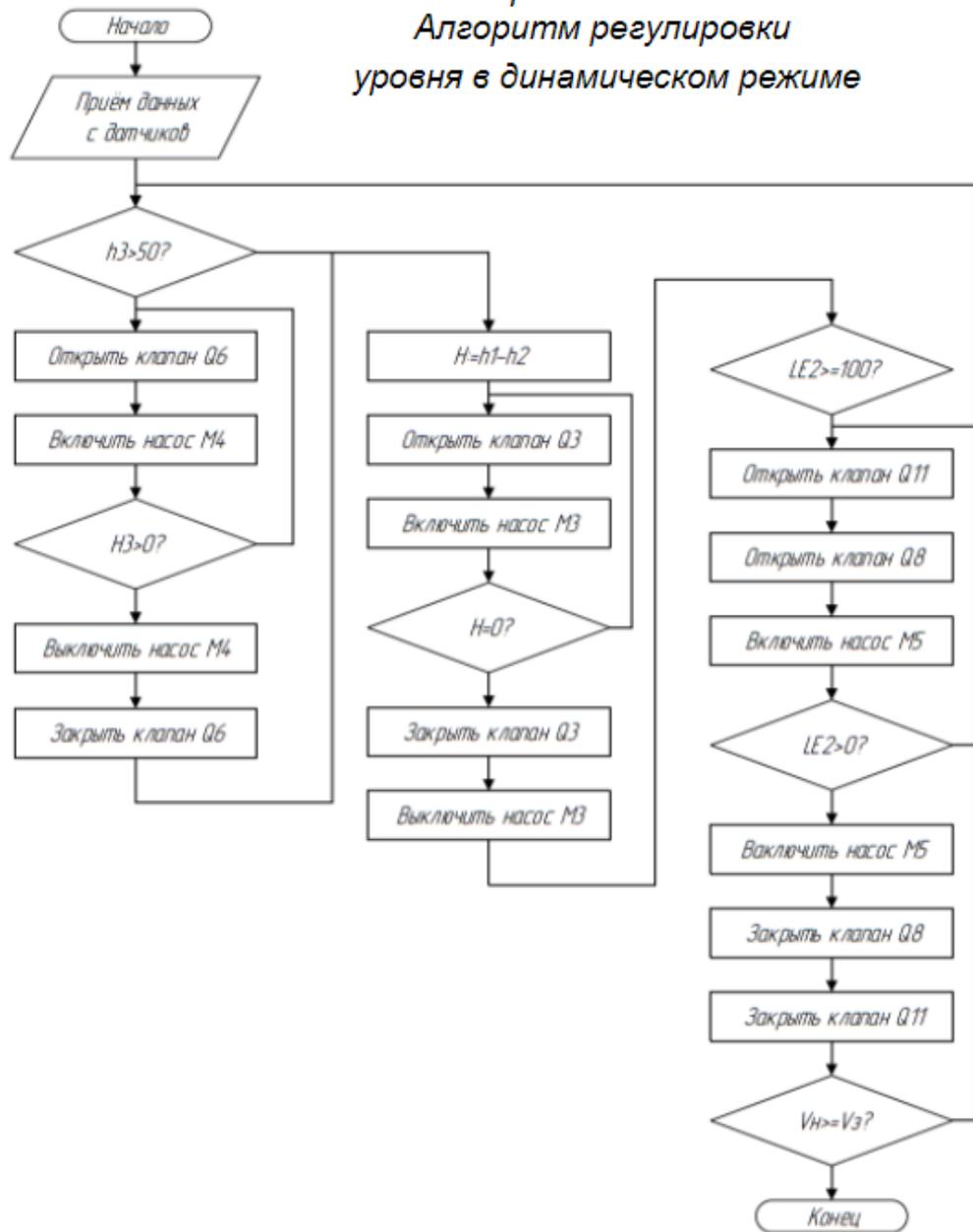
Блок-схема алгоритма работы стенда в статическом режиме



Лист 17 из 17
Иванов И.И.
Подпись
Иванов И.И.

КГГ1.XXXXXX.018						
Изм.	Лист	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
	Разраб.	Ван Цыхань	10.06.21	у		
	Проб.	Филипас А.А	10.06.21			
				Лист 1		Листов
ТПУ ИШИТР Группа 158Т82						Чертеж общего вида

Приложение Ё
Алгоритм регулировки
уровня в динамическом режиме



Лист 1 из 1

Средства ИР

Лист 11 из 11

Ид. ИР 018

Ван Цыхань

Лист 11 из 11

Ид. ИР 018

					КГГ1.XXXXXX.018			
Изм.	Лист	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб	Разработка стенда физического подобия "Двухфазный сепаратор"	
Разраб.	Ван Цыхань		10.06.21	у				
Проб.	Филипас А.А		10.06.21					
					Лист 1		Листов	
					ТПУ ИШИТР Группа 158Т82			Чертеж общего вида