

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
<b>Автоматизированный блок учета количества нефти лабораторной установки «Система измерений количества и качества нефти»</b>

УДК 681.5:622.276.53

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Васин Андрей Иванович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

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

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

## Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
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 безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен собирать и анализировать исходные информационные данные 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, 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 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

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

\_\_\_\_\_ Громаков Е.И.  
 (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
8Т7А	Васину Андрею Ивановичу

Тема работы:

<b>Автоматизированный блок учета количества нефти лабораторной установки «Система измерений количества и качества нефти»</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ № 127-4 с от 07.05.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является автоматизированная система управления блоком учета количества нефти лабораторной установки СИКН. Режим работы непрерывный. Блок измерительных линий осуществляет коммерческий учет показателей при перекачивание заданного объема нефти в трубопровод.
---------------------------------	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p>Описание технологического процесса;          Разработка структурной схемы автоматизированной системы;          Разработка функциональной схемы автоматизации;          Разработка схемы информационных потоков автоматизированной системы;          Выбор контроллерного оборудования и датчиков;          Разработка схемы соединения внешних проводок;          Разработка алгоритмов управления автоматизированной системы;          Моделирование работы системы управления.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Структурная схема;          Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208–2013;          Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009;          Схема информационных потоков;          Схема соединения внешних проводок.</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**  
*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Маланина Вероника Анатольевна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШИТР ОАР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Васин Андрей Иванович		

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  
 Период выполнения – весенний семестр 2021 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: \_\_\_\_\_

Дата контроля	Название раздела(модуля)/ вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.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, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т7А	Васину Андрею Ивановичу

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	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>	<i>Бюджет проекта – не более 3614747 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 105352 руб.</i>
2. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Районный коэффициент – 1,3 Премияльный коэффициент – 0,30 Коэффициент доплат и надбавок – 0,20 Коэффициент дополнительной заработной платы – 0,12 Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды – 0,302 Коэффициент накладных расходов – 0,16</i>

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>1. Описание потенциальных потребителей. 2. Анализ технических конкурентных решений. 3. SWOT-анализ.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>1. Описание структуры работ в рамках научного исследования. 2. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования. 3. Расчет общего бюджета проекта</i>

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

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Маланина Вероника Анатольевна	к.э.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Т7А	Васин Андрей Иванович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Т7А	Васин Андрей Иванович

<b>Школа</b>	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	<b>Отделение (НОЦ)</b>	Отделение автоматизации и робототехники
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

<b>Автоматизированный блок учета количества нефти лабораторной установки «СИКН»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: система измерения количества и показателей качества нефти. Область применения: коммерческий учет нефти.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.» «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021)
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - повышенный уровень шума; - электромагнитное излучение; - недостаточная освещенность; Опасные факторы: - повышенное значение напряжения
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: выброс газа. Гидросфера: попадание нефти в водоемы. Литосфера: загрязнение почвы нефтехимическими вещества.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: пожар, взрыв, угроза взрывов. Наиболее типичная ЧС: пожар

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т7А	Васин Андрей Иванович		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страниц, 19 рисунков, 26 таблиц, 28 использованных источников, 8 приложений.

Ключевые слова: система измерения количества и показателей качества нефти (СИКН), блок измерительных линий, система автоматизированного управления, программируемый логический контроллер, ПИД-регулятор, регулятор давление., регулятор давления.

Объектом исследования является блок учета количества нефти лабораторной установки «СИКН».

Цель работы - перепроектирование системы автоматизации блока учета количества нефти лабораторной установки «СИКН».

В процесс исследования проводились такие работы, как: описание решений по автоматизации лабораторной установки, выбор контроллерного оборудования и датчиков, разработка схем автоматизации, соединения внешних проводок, электрических соединений, информационных потоков.

В результате исследования разработанная система будет применять для обучения студентов принципам работы установки и основам управления запорной арматурой.

Область применения: нефтегазовая и химическая отрасли.

В будущем планируется продолжать работу по тематике, запуск системы, ее модернизация и разработка руководства для лабораторных работ.

Пояснительная записка выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2019. Графический материал выполнен в Microsoft Visio 2013. Моделирование алгоритма автоматического регулирования производилось в Matlab Simulink версии R2020a. Создание SCADA системы производилось в программном пакете Trace Mode IDE 6.

## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**автоматизированная система:** совокупность персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, которая реализует информационную технологию выполнения установленных функций.

**интерфейс:** совокупность аппаратных и программных средств, необходимых для взаимодействия с программой, устройством, функцией и т.д.

**мнемосхема:** графическое отображение в упрощенной форме функциональной схемы на экране АРМ.

**интерфейс оператора:** набор аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, который обеспечивает взаимодействие между пользователями и системой.

**протокол:** формальный набор соглашений, управляющий форматированием и относительной синхронизацией обмена сообщениями между двумя коммуникационными системами.

**техническое задание:** технический документ, устанавливающий цели, набор требований и ключевые исходные данные, требуемые на этапах разработки проектируемой системы.

**протокол (CAN, OSI, ProfiBus, Modbus, HART, Profibus DP, Modbus RTU, Modbus +, CAN, DeviceNet):** набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.

**технологический процесс:** идущие подряд технологические взаимосвязанные действия, требуемых для производства конкретного типа работ.

**объект управления:** система, на которую направлены управляющие воздействия с ПЛК.

**автоматизированное рабочее место:** индивидуальная совокупность технических средств и программных продуктов, предназначенная для автоматизации профессионального труда специалиста.

**тег:** дескриптор, который применяется для группирования, поиска, описания данных и задания внутренней структуры.

**автоматизированная система управления технологическим процессом:** комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях.

**пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор:** устройство, используемое в системах автоматического управления для поддержания заданного значения измеряемого параметра. ПИД-регулятор измеряет отклонение стабилизируемой величины от заданного значения (уставки) и выдаёт управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально этому отклонению, второе пропорционально интегралу отклонения и третье пропорционально производной отклонения.

**программируемый логический контроллер:** специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. В отличие от компьютеров общего назначения, ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.

**стандарт:** образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними других подобных объектов. Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.

**архитектура АС:** набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых komponуется АС.

## Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

**САУ** – система автоматизированного управления;

**АРМ** – автоматизированное рабочее место;

**СИКН** – система измерения количества и показателей качества нефти;

**БИЛ** – блок измерительных линий;

**ИЛ** – измерительная линия;

**БИК** – блок измерения показателей качества;

**БИР** – блок измерения и регулирования;

**ТЗ** – техническое задание;

**ТП** – технологический процесс;

**SCADA** – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерское управление и сбор данных);

**АСУ ТП** – автоматизированная система управления технологическим процессом;

**ПИД-регулятор** – пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор;

**КИПиА** – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

**ПО** – программное обеспечение;

**ИМ** – исполнительный механизм;

**ФСА** – функциональная схема автоматизации;

**ИВК** – информационно-вычислительный комплекс;

**АЗиС** – автоматическая защита и сигнализации;

**РМ** – массовый расходомер Кориолиса.

## Содержание

Введение.....	16
1 Техническое задание.....	18
1.1 Цели создания системы АСУ ТП.....	18
1.2 Назначение и состав .....	18
1.3 Требование к системе в целом .....	21
1.4 Требования к функциональным возможностям .....	22
1.5 Требования к техническому обеспечению.....	23
1.6 Требования к математическому обеспечению .....	26
1.7 Требования к информационному обеспечению .....	26
1.8 Требования к метрологическому обеспечению.....	28
1.9 Нормативно-техническая документация.....	29
2 Технические решения разрабатываемой АС.....	30
2.1 Описание технологического процесса .....	30
2.2 Разработка структурной схемы.....	31
2.2.1 Полевой уровень.....	31
2.2.2 Средний уровень .....	32
2.2.3 Верхний уровень .....	32
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	33
2.4 Разработка схемы информационных потоков .....	34
2.5 Комплекс аппаратно-технических средств.....	35
2.5.1 Выбор контроллерного оборудования .....	35
2.5.2 Выбор расходомера.....	40
2.5.3 Выбор датчиков температуры.....	43
2.5.4 Выбор датчиков давления .....	44
2.5.5 Выбор термометра.....	46
2.5.6 Выбор манометра .....	47
2.5.7 Выбор исполнительного механизма.....	48
2.6 Разработка схемы внешних проводок .....	49
2.7 Разработка алгоритмов управления.....	54
2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений .....	54

2.7.2	Алгоритм управления технологическим параметром .....	55
2.8	Разработка экранных форм.....	59
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	61
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности .....	61
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	61
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	62
3.1.3	SWOT-анализ проекта .....	63
3.1.4	Технология QuaD .....	67
3.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	68
3.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	68
3.2.2	Разработка графика проведения научного исследования .....	69
3.3	Бюджет научно-технического исследования.....	72
3.3.1	Расчет материальных затрат.....	72
3.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование.....	73
3.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	74
3.3.4	Дополнительная заработная плата исполнителей.....	75
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) ...	76
3.3.6	Накладные расходы.....	76
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	76
4	Социальная ответственность .....	78
4.1	Введение к разделу .....	78
4.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	79
4.3	Производственная безопасность .....	81
4.3.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов .....	81
4.3.1.1	Превышение уровня шума .....	81
4.3.1.2	Электромагнитное излучение .....	82
4.3.1.3	Недостаточная освещенность .....	83
4.3.1.4	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека .....	85

4.4	Экологическая безопасность .....	86
4.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	86
4.6	Выводы по разделу .....	88
	Заключение .....	90
	Список публикаций студента.....	91
	Список источников .....	92
	Приложение А (обязательное) Структурная схема .....	96
	Приложение Б (обязательное) Схема технологического процесса.....	97
	Приложение В (обязательное) Схема автоматизации .....	98
	Приложение Г (обязательное) Схема ANSI .....	99
	Приложение Д (обязательное) Схема информационных потоков .....	100
	Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводок .....	101
	Приложение Ж (обязательное) Алгоритм сбора данных.....	102
	Приложение З (обязательное) Мнемосхема СИКН.....	103

## Введение

Современный уровень развития нефтегазовой отрасли подразумевает внедрение автоматических устройств, с помощью которых осуществляется управление отдельными операциями. Автоматизация значительно снижает трудоемкость технологических процессов, способствует упрощению обслуживания системы, повышает качество выходного продукта и увеличивает уровень защиты систем, а также позволяет экономить производственные ресурсы.

В наши дни автоматизация является двигателем прогресса и позволяет снизить роль человека в технологическом процессе благодаря тому, что освобождает его от ручных операций, тем самым снижая затраты организации. Под автоматизацией понимают процесс развития машинного производства, где ранее выполняемые функции человека, передаются приборам и автоматическим устройствам.

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) — это комплекс программных и технических средств, предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций технологического процесса на производстве, в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно завершенный продукт. Также внедряются полностью автоматические системы, функционирующие без контроля человека довольно длительное время.

Одно из основных направлений автоматизации в нефтегазовой отрасли — это учет количества и качества сырой или товарной нефти, поэтому внедрение «СИКН» в технологический процесс является актуальной задачей для крупных нефтедобывающих организаций. Установка «СИКН» позволяет вести автоматизированный сбор данных при передаче нефти от поставщика к потребителю.

Целью данной работы является проектирование автоматизированного блока учета количества нефти лабораторной установки «Система измерений количества и качества нефти».

## **1 Техническое задание**

### **1.1 Цели создания системы АСУ ТП**

СИКН предназначена для автоматизированного определения количества и показателей качества сырой нефти, при ведении учётно-расчётных операций между предприятием-поставщиком нефти и предприятием-получателем нефти.

Блок измерительных линий выполняет функции узла учета и позволяет обеспечить коммерческий учет поставляемой нефти в соответствии с нормативной документацией.

Цели создания АСУ ТП:

- обеспечение эффективного управления технологическим процессом с помощью своевременной передачи полной информации о ДНС на автоматизированное рабочее место;
- создание понятного архива параметров процесса для анализа состояния системы и формирования отчетной документации;
- обеспечение безаварийного функционирования системы путем непрерывного опроса подключенных датчиков, создания упорядоченного архива данных и переключения системы в безопасный режим за счет подачи на исполнительные механизмы управляющего сигнала;
- повышение надежности автоматического регулирования, контроля и управления работой технологических объектов;
- уменьшение числа персонала, обслуживающего установку [1].

### **1.2 Назначение и состав**

Установка «СИКН» предназначена учета нефти путем косвенного метода динамических измерений и регистрации показателей качества нефти. В разрабатываемый блок включено две измерительных линии, одна из которых является рабочей, другая – резервной. Различить рабочую и резервную линию можно благодаря регулятору давления, который установлен на выходе основного трубопровода.

В состав системы входят технологическая часть система сбора и обработки информации, система управления элементами жизнеобеспечения, которые в свою очередь состоят из блоков, узлов и устройств.

Технологическая часть установки состоит из:

1. Блок измерения и регулирования (БИР):
  - блок измерения показателей качества (БИК);
  - блок измерительных линий (БИЛ);
2. Блок фильтрации и поверки (БФП).

На каждой из двух измерительных линий (ИЛ) БИЛ для отбора соответствующих сигналов должно быть установлено следующее оборудование:

- запорная арматура;
- расходомер массовый (РМ) (резервно-контрольный РМ устанавливается последовательно с рабочим РМ);
- запорная арматура с гарантированным перекрытием потока и контролем протечек на выходе ИЛ;
- запорная арматура с гарантированным перекрытием потока и контролем протечек на входе ИЛ до поверочной установки;
- запорная арматура с гарантированным перекрытием потока и контролем протечек на трубопроводе, позволяющем последовательно включать ИЛ для КМХ РМ;
- измерительный преобразователь температуры (после РМ);
- термометр, показывающий с термокарманом из нержавеющей стали;
- манометры показывающие (до и после фильтра, после РМ);
- измерительный преобразователь избыточного давления (после РМ);
- дренажный кран в нижней точке измерительной линии.

Конструкция СИКН предусматривает шаровые краны и трубопроводы для дренирования жидкости с входного и выходного коллекторов, с

измерительных линий, линии измерения показателей качества нефти. Дренаж нефти производится в дренажные емкости учтенной и неучтенной нефти. Технологический комплекс представляет собой технологический трубопровод с установленным на нем технологическим оборудованием, запорной и регулирующей арматурой, которые обеспечивают прохождение нефти с заданными параметрами перекачки. Технологический трубопровод оборудован дренажной системой с контролем герметичности дренажной арматуры. В верхних точках технологического трубопровода установлены краны-воздушники, предназначенные для стравливания воздуха из трубопровода.

Сигналы от датчиков технологических параметров БИЛ передаются по интерфейсным каналам RS-485 (протоколы Modbus RTU, Profibus PA) в информационно-вычислительный комплекс (ИВК) и программируемый логический контроллер (ПЛК), установленный в блок-боксе БИР. Сигналы от датчиков технологических параметров передаются в ПЛК в виде унифицированных электрических сигналов тока или напряжения. Команды управления и уставки регулирования формируются в ПЛК для управления технологическим оборудованием. В контроллер, расположенный внутри щита ИВК, должны поступать следующие параметры БИЛ:

- Температура в БИЛ;
- Давление в БИЛ;
- Расход в БИЛ;

Перед и после измерительных линий установлены регулирующие клапана с электроприводом. Регулирующие клапаны (FCV1, PCV1) обеспечивают автоматизированное и ручное (по месту и с АРМ оператора) управление:

- давлением нефти на выходе СИКН;
- расходом потока нефти через ИЛ;
- расходом потока нефти через поперечную установку;

– расходом потока нефти через линию измерения качества нефти БИК.

Дренажная система БИЛ предусмотрена в закрытом исполнении. Сбор учтенной и неучтенной нефти осуществляется со всех участков ИЛ.

В пределах БИЛ дренаж учтенной и неучтенной нефти осуществляется в отдельные коллекторы, на каждом из которых установлены устройства для контроля протечек через дренажную запорную арматуру.

СИКН применяется в системах промышленного транспорта нефти, на объектах подготовки и перекачки нефти, в составе нефтепарков, нефтебаз и т.д.

### 1.3 Требование к системе в целом

Проектируемая система должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом требований, изложенных ниже [2].

Объем автоматизации представлен таблицей сигналов входящих и выходящих из системы (таблица 1).

Таблица 1 – Входные/выходные сигналы

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Тип сигнала	Технологические уставки			
					Предупредит.		Аварийн.	
					min	max	min	max
Температура нефти в рабочей измерительной линии	TMP_IL1	(0...100)	С°	(4-20) мА	-	+	-	+
Температура нефти в резервно-контрольной измерительной линии	TMP_IL2	(0...100)	С°	(4-20) мА	+	+	-	+
Температура нефти на выходе СИКН	TMP_OUT	(0...100)	С°	(4-20) мА				
Давление нефти в рабочей измерительной линии	PRS_IL1	(0...10)	МПа	(4-20) мА	+	+	+	+

Продолжение таблицы 1

Наименование сигнала	Идентификатор сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Тип сигнала	Технологические уставки			
					Предупредит		Предупредит	
					min	min	min	min
Давление нефти в резервно-контрольной измерительной линии	PRS_IL2	(0...10)	МПа	(4-20) мА	-	-	-	-
Давление нефти на выходе СИКНС	PRS_OUT	(0...10)	МПа	(4-20) мА	-	-	-	-
Массовый расход нефти через рабочую измерительную линию	MCN_IL1	(0...430)	т/ч	(4-20) мА	-	+	-	+
Массовый расход нефти через резервно-контрольную измерительную линию	MCN_IL2	(0...430)	т/ч	(4-20) мА	-	+	-	+
Объемный расход нефти через рабочую измерительную линию	VCN_IL1	(0...180000)	м <sup>3</sup> /ч	(4-20) мА	+	+	+	+
Объемный расход нефти через резервно-контрольную измерительную линию	VCN_IL2	(0...180000)	м <sup>3</sup> /ч	(4-20) мА	+	+	+	+
Положение регулирующего клапана	CND_PCV_PST N	(0...100)	%	(4-20) мА	+	-	+	-

#### 1.4 Требования к функциональным возможностям

Перечень задач АСУ ТП и требования к качеству их выполнения. В соответствии с ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» [2] АСУ ТП должна обеспечивать:

– автоматизированный сбор, первичную обработку и отображение технологической информации для персонала. Данный перечень подразумевает бесперебойное снятие значений технологических параметров с помощью первичных преобразователей, дальнейшее масштабирование сигнала,

используя вторичные преобразователи. Также должна осуществляться фильтрация сигналов от высокочастотных помех;

- подачу на вход системы управляющих воздействий в соответствии с заданными алгоритмами управления и регулирование процентов открытия исполнительных механизмов по заданию оператора;

- регистрация параметров и создание БД с возможностью формирования отчетов, автоматический учет сырьевых, продуктовых и вспомогательных потоков;

- контроль состояния технологического процесса, предупредительную сигнализацию при выходе технологических показателей за установленные пределы – любые действия, предпринимаемые оператором при работе с системой, должны быть защищены от всевозможных ошибок;

- информационную защиту от утечек данных и несанкционированного доступа в локальную сеть предприятия;

- автоматизированную передачу данных на верхний уровень предприятия – АСУ ТП в автоматизированном режиме обеспечивает формирование и подготовку всех необходимых данных и передает их в заводскую локальную вычислительную сеть по расписанию или запросу.

### **1.5 Требования к техническому обеспечению**

Разрабатываемая АСУ ТП должна строиться согласно стандартным протоколам международного образца, как открытая иерархическая система.

Комплекс технических средств, используемых в системе, должен быть минимально достаточным для выполнения функций, описанных в данном ТЗ. Электрооборудование, установленное вне помещения должно иметь защиту корпусов от попадания внешних твердых частиц или жидкости. Согласно ГОСТ 14254-96 степень защиты оболочки технического оборудования на ДНС должна иметь исполнение не ниже IP 65, что соответствует пыленепроницаемому прибору с защитой от водяной струи.

Для КИПиА, устанавливаемых в взрывоопасных или пожароопасных зонах, должно быть предусмотрено взрывозащищенное исполнение.

Комплекс технических средств должен строиться на основе следующих средств:

- КИП и автоматика;
- подсистемы управления (контроллеры);
- рабочее место оператора;
- средство архивирования данных;
- сетевое оборудование.

Передаваемые в Систему сигналы должны иметь следующие параметры:

- аналоговые: (4-20) мА;
- цифровые: по протоколу Modbus RTU;
- дискретные сигналы типа «сухой контакт» или «открытый коллектор»;
- дискретные сигналы 24 В постоянного тока.

Передаваемые из Системы сигналы должны иметь следующие параметры:

- унифицированный аналоговый сигнал 4-20 мА;
- аналоговые сигналы: по протоколу Profibus PA;
- дискретные сигналы постоянного тока 24 В;
- дискретные сигналы переменного тока 220 В.

У контроллерного оборудования должна присутствовать возможность подключения дополнительных модулей ввода/вывода.

#### **1.4. Требования к программному обеспечению**

Языки программирования контроллеров, на которых разрабатывается программа управления технологическим процессом, должны соответствовать стандарту МЭК 61131-3. Должна обеспечиваться возможность

редактирования программного кода или создания новых программ без нарушения работы системы.

Программные средства АСУ ТП должны обеспечивать следующие функции:

- отображение на мнемосхемах АРМ данных о состоянии технологического процесса и оборудования;
- масштабирование сигналов, линеаризация полученных графиков и вычисление переменных;
- реализация алгоритма ПИД-управления, соблюдая требуемое качество управления системой;
- модифицирование программного кода и алгоритма управления.

Программное обеспечение системы должно включать в себя:

- 1) системное ПО (операционные системы);
- 2) общее (базовое) прикладное ПО;
- 3) специальное прикладное ПО;

Системное ПО должно включать в себя комплекс программ для управления аппаратурой компьютера и обеспечения работы прикладных программ.

Прикладное базовое ПО должно состоять из интегрированных систем для фильтрации, визуализация, регистрация, измерения и составления отчетной документации.

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать нестандартный набор функций соответственного уровня АС – это расчеты, специальные алгоритмы и др.

Для изменения программного алгоритма управления системой должно присутствовать специальное ПО, реализующее компиляцию и отладку программируемых логических контроллеров на языках LD, FBD, SFC, ST.

## **1.6 Требования к математическому обеспечению**

Математическое обеспечение системы должно охватывать весь технологический процесс и предусматривать выполнение поставленных задач управления. Математическое обеспечение должно представлять собой комплекс моделей, методов исследования данных моделей и алгоритмы обработки информации, необходимых для создания и эксплуатации АСУ ТП

В результате математического обеспечения должны быть созданы:

- алгоритмы учета физических величин;
- алгоритмы управления параметрами процесса (открытие/закрытие регулирующих клапанов);
- алгоритмы специального назначения (для решения математических задач на уровне SCADA).

## **1.7 Требования к информационному обеспечению**

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
  - порядок информационного обмена между компонентами и составляющими частями АС;
  - структура процесса сбора, обработки и передачи информации в АС;
  - информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.
- В состав информационного обеспечения должны входить:
    - унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статической отчетности;
    - распределенная структурированная база данных, хранящая систему объектов;
    - средства ведения и управления базами данных.

Каждый элемент контроля и управления должен иметь свой идентификатор (ТЕГ). Структура данного шифра должна иметь следующую форму:

AAA\_BBB\_CCCC\_DDDDD,

1. AAA – параметр, состоящий из 3-х символов, принимающий значения:

TMR (Temperature) – температура;

PRS (Pressure) – давление;

MCN (Mass consumption) – массовый расход;

VCN (Volume consumption) – объемный расход;

CND (Condition) – состояние.

2. BBB – код технологического аппарата (или объекта), содержащий 3 символа:

IL1 – рабочая линия;

IL2 – резервная линия;

OUT – сигнал на выходе установки СИКН;

PCV – клапан, регулирующий давление на выходе СИКН.

3. CCCC - уточнение:

RNG (Range) – в рамках рабочего диапазона;

HL (High limit) – верхнее предельное значение;

LL (Low limit) – нижнее предельное значение;

PSTN (Position) – положение регулирующего клапана.

Перечень основных индикаторов выходных сигналов установки представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень идентификаторов сигналов

<b>Идентификатор сигнала</b>	<b>Наименование сигнала</b>
PRS_IL1_RNG	Давление нефти в трубопроводе ИЛ 1
PRS_IL2_RNG	Давление нефти в трубопроводе ИЛ 2
TMP_IL1_RNG	Температура нефти в трубопроводе ИЛ 1
TMP_IL2_RNG	Температура нефти в трубопроводе ИЛ 2

## Продолжение таблицы 2

Идентификатор сигнала	Наименование сигнала
TMP_OUT_RNG	Температура нефти на выходе СИКН
PRS_OUT_RNG	Давление нефти на выходе СИКН
MCN_IL1_LLHL	Массовый расход нефти в трубопроводе ИЛ 1
MNS_IL2_LLHL	Массовый расход нефти в трубопроводе ИЛ 2
VCN_IL1_LLHL	Объемный расход нефти в трубопроводе ИЛ 1
VNS_IL2_LLHL	Объемный расход нефти в трубопроводе ИЛ 2
CND_PCV_PSTN	Состояние регулятора расхода (клапана)

### 1.8 Требования к метрологическому обеспечению

Метрологические измерения технологических величин в системе должно осуществляться в соответствии с требованиями закона Российской Федерации №4871-1 "Об обеспечении единства измерений", ГОСТов и правил по метрологии". Условия метрологического обслуживания, поверки и испытания измерительных устройств должны удовлетворять ГОСТ Р 8.596-2002 ГСИ. "Метрологическое Обеспечение измерительных систем. Основные положения".

Погрешность модулей измерений БИЛ должна быть равной:

- РМ – с пределами допускаемой относительной погрешности измерений  $\pm 0,1 \%$ ;
- термопреобразователи сопротивления с пределами допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- преобразователи давления – с пределами допускаемой относительной погрешности  $\pm 0,6 \%$ ;
- термометры лабораторные – с пределами допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

– манометры показывающие для точных измерений – класс точности 0,6;

– датчик давления (на фильтре) – с пределами допускаемой относительной погрешности  $\pm 0,6 \%$ .

## **1.9 Нормативно-техническая документация**

1. ГОСТ 34602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы. Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 12 с [4].

2. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016. Контроллеры программируемые. Языки программирования. Москва: Изд-во стандартов, 2016 [5].

3. ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления. Общие требования. Москва: Изд-во стандартов, 1985 [2].

4. ГОСТ 21.408-2013. Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками). Москва: Изд-во стандартов, 2013 [6].

## **2 Технические решения разрабатываемой АС**

### **2.1 Описание технологического процесса**

Нефть поступает в систему из резервуара при помощи насосных агрегатов, один из которых рабочий, а второй резервный и включается при отключении основного агрегата. Циркуляционные насосы обеспечивают требуемое давление в системе, которое регулируется при помощи преобразователя частоты.

На пути нефти установлены два фильтра с быстросъемной крышкой, преобразователи перепада давления на фильтрах и манометры до и после фильтров для контроля перепада давления на фильтре. Дублирование фильтров позволяет обеспечить непрерывную работу в случае загрязнения одного из них, о чем свидетельствует увеличение перепада давления на фильтре. Переключение потока нефти с загрязненного фильтра на чистый производится вручную. Фильтры сетчатые предназначены для защиты оборудования СИКН от механических примесей, содержащихся в сырой нефти.

Далее поток очищенной от примесей нефти из входного коллектора БИР проходит через диспергатор, предназначенный для перемешивания потока проходящей через него нефти с целью обеспечения представительности пробы отбираемой пробозаборным устройством (ПЗУ). Часть нефти уходит в БИК, предназначенный для определения качественных показателей нефти, автоматического отбора объединенной пробы нефти, ручного отбора разовых проб, остальной поток поступает в БИЛ, состоящий из рабочей и резервно-контрольной измерительных линий. Показатели расхода, давления и температуры в измерительных линиях и на выходе установки поступают в ИВК, где происходит считывание, хранение, запись и преобразование информации. Та часть нефти, что проходила через учел контроля качества возвращается в БИЛ.

К установке СИКН возможно подключение узла турбопоршневой установки (ТПУ). Узел выполнен в виде подводящего и отводящего

трубопровода с кранами тремя кранами, один из которых (кран с контролем протечек), обеспечивает перенаправление потока в ТПУ, и фланцев, загерметизированных заглушками. Узел оборудован дренажной системой, связанной с дренажным коллектором неучтенной нефти. Передвижная ТПУ предназначена для поверки рабочего и контрольного расходомеров.

Схема БИР, в состав которого входит БИК и БИЛ, показана в приложении Б.

## **2.2 Разработка структурной схемы**

Проектирование автоматизированной системы выполнено по принципу трехуровневой иерархии. Структурная схема СИКН показана в приложении А.

### **2.2.1 Полевой уровень**

Полевой уровень также называют нижним, на нем располагаются технические средства нижнего уровня СИКН: датчики и исполнительные механизмы. Передача параметров от БИЛ на уровень выше к ИВК осуществляется при помощи протокола Profibus PA и аналогового сигнала (4-20) мА. Profibus PA – это сеть полевого уровня, ориентированная на использование в системах автоматизации непрерывных и периодических процессов. Данный протокол базируется на электрических каналах связи, выполненные экранированными витыми парами, используемых для подачи питания и передачи данных во взрывоопасных зонах [7].

В состав полевого уровня входят датчики и исполнительное устройство:

- датчики давления;
- датчики температуры;
- расходомеры;
- регулирующий клапан.

### **2.2.2 Средний уровень**

На данном уровне собирается и обрабатывается основная информация, передающаяся с нижнего уровня. На основе информации, поступившей на средний уровень, формируются команды управления (автоматически или оператором).

В рассматриваемой системе сигналы с датчиков, передающих по кабелю Profibus PA, приходят на модуль сопряжения DP/PA, который преобразует Profibus PA в Profibus DP. Данный протокол позволяет осуществлять непосредственный доступ из пользовательского приложения к канальному уровню. Пользовательский интерфейс обеспечивает функции, необходимые для связи с устройствами ввода-вывода и контроллерами.

При помощи шлюза передачи данных AnyBus, который предназначен для объединения двух промышленных сетей различного типа, в нашем случае это сеть Profibus DP на входе и сеть Ethernet (протокол Modbus TCP) на выходе. Полученные данные поступают в сетевой коммутатор, который распределяет информацию между различными устройствами верхнего уровня.

Еще одним устройством среднего уровня можно считать локальный контроллер, располагающийся в блок-боксе БИР. Данный ПЛК соединяется с датчиками давления, температуры и исполнительным устройством. Первая функция контроллера – аккумулировать сигналы технологических параметров и передавать их на верхний уровень при помощи того же коммутатора, вторая – вырабатывать управляющие воздействия.

### **2.2.3 Верхний уровень**

На данном уровне происходит сосредоточение, обработка и упорядочивание (формирование базы данных) информации с нижних уровней. Данные нижнего уровня, передающиеся по протоколу Profibus, после обработки на среднем уровне приходят на сервер ввода/вывода, который выполняет задачи сбора и обработки данных, управления технологическим оборудованием. Сервер оперативных данных является источником

информации для следующих задач: визуализация технологического процесса и оповещение об авариях и событиях. Также данные приходят на АРМ оператора, встроенный в щит ИВК и АРМ оператора внешний, которым выступает персональный компьютер с установленной SCADA-системой.

Информация, которая собирается с датчиков давления и температуры по кабелю RS-485 (протокол Modbus RTU) передается с ПЛК среднего уровня на встроенный и внешний АРМ.

### **2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации**

Функциональная схема автоматизации (ФСА) – это технический документ, входящий в основной комплект рабочих чертежей, проектируемой системы автоматизации, согласно ГОСТ 21.408 – 2013. ФСА создается с целью отображения основных технических решений. Объект управления рассматривается как комплекс оборудования (основного и вспомогательного) со встроенными в него органами.

Существует два способа выполнения ФСА: упрощенный или развернутый. Отличие развернутого в том, что на схеме изображаются места расположения и состав средств автоматизации.

Элементы системы БИЛ указываются в виде условных обозначений согласно ГОСТ 21.208-2013. На ФСА обозначают технологическое оборудование, контрольно-измерительные приборы и средства управления, цель которых вести регистрацию наиболее важных параметров ТП, регистрировать и архивировать измеренные значения, а в случае приближения аварийных границ – подавать сигналы об угрозе пожара или взрыва. В аварийных ситуациях изображаемое на ФСА оборудование может блокировать (отключать) технологическое оборудование для того, чтобы исключить опасное развитие ситуации.

На схеме также указано, что система производит автоматическое регулирование давления потока нефти в трубопроводе БИЛ на выходе СИКН.

В соответствии с заданием разработаны функциональная схема автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013 (Приложение В), а также согласно стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA (Приложение Г).

#### **2.4 Разработка схемы информационных потоков**

При разработке схемы информационных потоков, в первую очередь, необходимо учитывать, что всего есть три уровня сбора и хранения информации:

- верхний уровень отвечает за контроль технических показателей процесса. Информации со среднего и нижнего уровня проходит стадии обработки, корпоративного архивирования и хранения. Конечным итогом стадий является выработка управляющих директив для нижних уровней и находящихся на них устройств управления, а также формирование отчетной документации;

- средний уровень – уровень текущего хранения, то есть буферная база данных. Контроллер среднего уровня имеет возможность принимать данные от внешних устройств, передавать их на верхние уровни и наоборот, формировать воздействия на полевые устройства исходя из директив устройств верхнего уровня.

- нижний уровень – уровень сбора данных, то есть аналоговые/дискретные сигналы, данные о вычислении или преобразовании. Суть нижнего уровня является в получении параметров, снятых непосредственно с технологического объекта. Датчики и исполнительные устройства этого уровня принимают управляющие сигналы и выполняют соответствующие им функции. Например, на выходе СИКН установлен регулирующий давление клана, который выполняет свою задачу за счет изменения расхода нефти через свое продольное сечение.

Схема информационных потоков представлена в приложении Д.

## **2.5 Комплекс аппаратно-технических средств**

### **2.5.1 Выбор контроллерного оборудования**

Для автоматизации технологического процесса в первую очередь требуется выбрать устройство, которое может вести опрос датчиков а режиме реального времени, управляя при этом подключенными к нему устройствами, то есть ПЛК. Применение ПЛК позволяет системе функционировать без вмешательства персонала даже при неблагоприятных условиях окружающей среды, упрощает монтаж системы, стоимость разработки, увеличивает надежность и безопасность системы.

В качестве основных критериев выбора ПЛК можно выделить: количество вводов/выводов, возможность подключения дополнительных модулей ввода/вывода, резервирование и объема памяти контроллера, выделяемого под программу, разработанную инженером, а также условия эксплуатации ПЛК. Ориентировать нужно на ПЛК, предназначенные для систем средней и низкой сложности. Рассмотрим для интеграции в систему следующие контроллеры: Siemens S7-300, ПЛК160 и ЭЛСИ-ТМК.

Первый контроллер – Siemens S7-300 (рисунок 1) предназначен для установки в системы низкого и среднего уровня сложности и имеет преимущества:

- широкий выбор встраиваемых модулей, каждый из которых решает определенную задачу в системе;
- функции, поддерживаемые контроллерами SIMATIC S7-300, значительно упрощают разработку и отладку прикладных программ, диагностику и устранение неисправностей при эксплуатации готовой системы автоматизации;
- возможность использования различных математических операций при обработке данных без потери быстродействия системы;
- широкий спектр настраиваемых для каждого модуля параметров;
- встроенная в центральный процессор функция постоянного мониторинга состояния системы;

- автоматическое создание журнала сообщений с метками даты и времени;
- защита конфиденциальных данных от посторонних лиц при помощи пароля.

В состав Siemens SIMATIC S7-300 могут входить следующие модули:

- модуль центрального процессора (CPU), задача которого хранение пользовательских программ, их выполнение и управление всеми узлами ПЛК;
- модуль блока питания (PS) подключает контроллер к источнику постоянного тока 24/48/60/110 В или к сети переменного тока 120/230 В;
- сигнальные модули (SM) предоставляют ввод и вывод для дискретных и аналоговых сигналов с различными электрическими и временными параметрами;
- коммуникационные процессоры (CP) помогают подключить контроллер к различным сетям;
- функциональные модули (FM) имеют собственный микропроцессор, который будет выполнять главные функции центрального в случае его отключения;
- интерфейсные модули (IM) предоставляют возможность подключения к базовому блоку с CPU стоек расширения ввода-вывода.



Рисунок 1 – ПЛК Siemens S7-300

Характеристики выдерживаемых контроллером параметров среды представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие технические характеристики контроллера S7- 300

Характеристика	SIMATIC S7-300
Степень защиты корпуса	IP 20
Температура работы при вертикальной установке, °С	(0 ... 40)
Температура работы при горизонтальной установке, °С	(0 ... 60)
Температура транспортировки (выключенное состояние), °С	(минус 40 ... 70)
Относительная влажность, %	(5 ... 95)
Рабочее давление, ГПа	(795 ... 1080)

Второй контроллер – ОВЕН ПЛК160 (рисунок 2) в моноблочном исполнении с дискретными и аналоговыми входами/выходами на борту для автоматизации систем среднего класса сложности. Возможности ПЛК160:

- Встроенные в корпус контроллера дискретные и аналоговые входы/выходы;
- Ведение архива работы оборудования по заранее оговоренным шаблонам при подключении к контроллеру USB-накопителей.
- Простая встроенная система программирования Codesys .2, поддерживающая языки стандарта МЭК-61131;
- Возможность питания от сети 220В или 24В.

Однако данный контроллер имеет всего 16 входов, что может быть недостаточным для подключения всех преобразователей, находящихся в блок боксе БИР.



Рисунок 2 – ОВЕН ПЛК160

Последним рассматриваемым ПЛК является ЭЛСИ-ТМК компании ЭлеСи (рисунок 3). Данный контроллер предназначен для создания автоматизированных систем управления (АСУ) малого и среднего масштаба. ПЛК имеет ряд важных особенностей:

- резервирование питания и каналов связи;
- наличие функций автоматической диагностики и калибровки системы;
- контроллер поддерживает стандартные протоколы и интерфейсы;
- возможность защиты от «зависания» контроллера при помощи WatchDog таймера;
- наличие широкой разновидности дополнительных встраиваемых модулей.



Рисунок 3 – ПЛК ЭЛСИ-ТМК

Отдельно стоит отметить наличие в контроллере инструментальной среды CoDeSys v3.5, которая имеет удобную систему отладки программного кода, визуализации программы и пошаговые инструкции для разработки проектов.

Сравним технические особенности данных контроллеров в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ ПЛК

ПЛК	Siemens S7-300	ПЛК160	ЭЛСИ-ТМК
Центральный процессор	319-3 PN/DP	RISC-процессор на базе ядра ARM-9, 32 разряда	Sitara (ARM A8)
Постоянная память	4 Мб	4 Мб	2 Мб
Оперативная память	До 2 Мб	8 Мб	До 512 Мб
Диапазон рабочих температур	0...+60°C	-10...+55°C	0...+60°C
Степень защиты	IP20	IP20	IP20
Максимальное количество дискретных каналов	65536	16 дискретных входов и 12 дискретных выходов	640
Максимальное количество аналоговых каналов	4096	8 аналоговых входов и 4 аналоговых выхода	240
Цена, руб	595 752	33 480	350 000

Остановим свой выбор на ПЛК ЭЛСИ-ТМК, так как за наименьшую цену, данный контроллер предоставляет наибольшие возможности для реализации системы управления. Опишем состав основных модулей, входящих в стандартный набор:

- модуль питания TP 712 предусмотрены с целью стабильного питания остальных модулей ПЛК. Модуль питания отвечает за защиту контроллера от помех и скачков напряжения;

- модуль процессора TC 711 предназначен для обработки информации, приходящих с физических устройств нижнего уровня и выдачи управляющих сигналов, соответствующих загруженной программе. Встроенная оперативная и flash-память объемом до 512 Мб предоставляет широкие возможности для хранения пользовательских программ и обработки больших объемов информации.;

- модуль дискретного ввода/вывода TD712 рассчитан на прием и генерацию дискретных сигналов, таких как «Сухой контакт» и «Открытый коллектор». С помощью данного модуля можно проверять состояние пожарной сигнализации или датчиков открытия дверей шкафов;
- модуль аналогового ввода/вывода TA 716 позволяет с высокой скоростью снимать показания аналоговых датчиков или исполнительных устройств, а также формировать сигналы постоянного тока, напряжения.
- модуль коммуникаций TN 713 предназначен для связи ПЛК с устройствами верхнего уровня, другими локальными контроллерами и технологическим оборудованием.

### **2.5.2 Выбор расходомера**

Основным устройством, на основе показаний которого выполняется коммерческий учет товарной нефти, является кориолисов расходомер. Данный тип расходомера вычисляет изменение массового расхода прямым методом и объемного расхода при помощи пересчета, устанавливается один расходомер на каждую измерительную линию.

Преобразователь расхода, работающий по принципу Кориолиса, имеет ряд преимуществ, относительно других типов расходомеров:

- не требуется установка по движению потока, может работать независимо от направления движения жидкости или газа;
- простота диагностики, ремонта и обслуживания за счет отсутствия движущихся или быстроизнашивающихся деталей;
- подходит для измерения расхода жидкостей с высокой вязкостью, таких как нефть, содержащая примеси;
- при создании трубопровода не требуется прямолинейные участки до и после расходомера;
- бесперебойная работа при неблагоприятных условиях среды, таких как влажность или повышенная вибрация.

Выделим три марки расходомеров данного типа и сравним их параметры: Метран 360, TRICOR TCM и KROHNE OPTIMASS7300 T 80.

Выбор датчиков расхода проводился по следующим характеристикам:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- степень пылевлагозащиты;
- температура окружающей среды.

Сравнение технико-экономических характеристик приведено в таблице

5.

Таблица 5 – Сравнение характеристик преобразователей расхода

Датчик	OPTIMASS7300 T 80	Метран 360	TRICOR TCM
Диапазон измерения, м <sup>3</sup> /ч	До 1358 (DN100)	До 1000 (DN200)	До 1000 (DN200)
Базовая погрешность	До ±0,1%	До ±0,5%	До ±0,1%
Выходные сигналы	(4-20) мА, Modbus, HART, PROFINET, Profibus PA/DP	(4-20) мА, HART импульсный (0,5...10000) Гц	(4-0) мА, HART, частотный (0,5...10000) Гц
Степень пылевлагозащиты	IP67	IP68(фланцевое исполнение)	IP54
Температура окружающей среды, °С	(минус 40...150) (в титановом исполнении)	(минус 40...85)	(минус 40...70)
Цена, руб	956 000	83 919	280 000

Для установки в систему автоматизации выберем расходомер OPTIMASS7300 T 80 (рисунок 4). Кориолисовый массовый расходомер данного типа подходит для высокотехнологичного коммерческого учета и является единственным массовым расходомером с одинарной прямой измерительной трубой, благодаря своему устройству в ходе измерений практически полностью отсутствует потеря давления. Выбор данного преобразователя определяется возможностью его работы в агрессивных и

взрывоопасных средах, отсутствие движущихся частей и возможностью измерения температуры среды.



Рисунок 4 – Массовый расходомер OPTIMASS7300 T 80

Принцип работы расходомера состоит в использовании эффекта Кориолиса. В прямолинейном массовом расходомере имеется две трубки для обеспечения потока жидкости или газа, между двумя трубками установлен возбуждатель, сообщающий колебания этим трубам, а сенсоры в начале расходомера и в конце измеряют отклонения от первичного положения трубок. При отсутствии потока сенсоры измеряют одинаковые колебания, однако, когда расход становится больше нуля, то инерция, вызванная массой потока, стремится сгладить колебания трубок на входе и изогнуть на выходе расходомера. Разница временного сдвига между сенсорами в входе и выходе устройства пропорциональна значению массового расхода (рисунок 5).

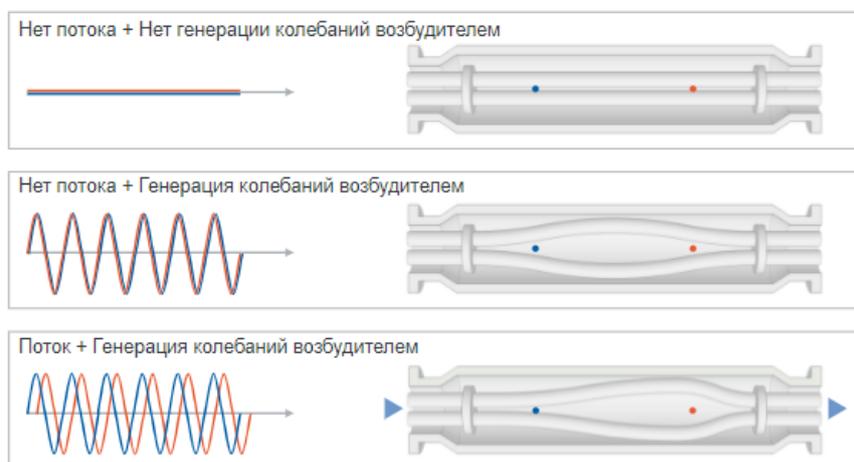


Рисунок 5 – Измерение массового расхода

Заказ расходомера следует осуществлять в фланцевом исполнении. Спецификации фланца будут указаны на наружной кромке фланца.

### 2.5.3 Выбор датчиков температуры

Выбор датчиков температуры основывался на оценке следующих показателей:

- диапазон измерений;
- допускаемая погрешность;
- выходные сигналы;
- степень пылевлагозащиты;
- температура окружающей среды;
- цена датчика температуры.

В качестве вариантов для монтажа в трубопровод системы выберем три варианта датчиков температуры: Rosenmount-2240, WKA ДТСxx5 и RTD THERMOMETER TR10. Сравнение характеристик приведено в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнение характеристик датчиков температуры

Датчик	Rosenmount- 2240	ДТСxx5	RTD THERMOMETER TR10
Диапазон измерения, °С	-170...+250	-100...+450	-200...+600
Базовая погрешность	До ±0,1 °С	До ±0,5 %	До ±0,1 °С
Выходные сигналы	4-20мА, HART	4-20 мА	4/20мА, HART, Profibus PA, FOUNDATION Fieldbus
Степень пылевлагозащиты	IP66	IP54	IP68
Температура окружающей среды, °С	-40...+70	-60...+85	-40...+70
Цена	От 7 тыс. руб.	От 756 руб.	От 4,1 тыс. руб.

Выберем термопреобразователь сопротивления RTD THERMOMETER TR1010, который может быть применен в любых отраслях промышленных и

имеет самый широкий диапазон измерения среди анализируемых датчиков (рисунок 6).



Рисунок 6 – Термопреобразователь сопротивления платиновый RTD  
THERMOMETER TR10

Работа термометра сопротивления основана на явлении изменения электрического сопротивления проводника в зависимости от его температуры (от температуры исследуемого термометром объекта). В ходе увеличения температуры увеличивается сопротивление датчика, значение которого можно измерить, подав на чувствительный элемент определенные значения тока и напряжения. Существует несколько схем подключения термопреобразователей сопротивления, однако самая точная – четырехпроводная схема, позволяющая компенсировать сопротивление проводки.

#### **2.5.4 Выбор датчиков давления**

Выбирать датчики давления следует по следующим характеристикам:

- диапазон измерений;
- требуемая точность измерений;
- тип выходного сигнала;
- степень пылевлагозащиты;
- температура окружающей среды;
- средний срок службы;

– цена оборудования.

Для выбора оптимального датчика давления были проанализированы следующие преобразователи давления отечественного и зарубежного производства: ИВЭ-50-3, DMD 331-A-S и Cerabar M PMP41. Сравнение параметров приведено в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнение характеристик датчиков давления

Датчик	ИВЭ-50-3	DMD 331-A-S	Cerabar M PMP41
Диапазон измерения, Мпа	(0,25-10)	(0-32)	(0-40)
Базовая погрешность	До $\pm 0,5\%$	До $\pm 0,5\%$	До $\pm 0,2\%$
Выходные сигналы	(4-20) мА	(4-0) мА, HART 0-20 мА	(4-20) мА, HART (0-20) мА, Profibus PA
Степень пылевлагозащиты	IP67	IP65-68	IP65-68
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+50	-40...+125	-40...+125
Средний срок службы, лет	10	12	12
Цена, руб	1 300	31 100	5 600

Остановим свой выбор на Cerabar M PMP41, который предназначен для измерения давления агрессивных сред (рисунок 7). Принцип работы данного преобразователя основан на изгибе мембраны или диафрагмы (чувствительный элемент датчика), вызванном давлением жидкости или газа. Пропорциональное действующему давлению изменение электрической емкости измеряется между электродами на керамической основе и диафрагме. Диапазон измерения определяется толщиной керамической диафрагмы.



Рисунок 7 – Датчик давления Cerabar M PMP41

Преимущества данного преобразователя давления:

- высокая точность;
- сенсоры, устойчивые к перегрузкам, гидроударам и вакуумам;
- наличие аналоговой и цифровой электроники;
- корпус из нержавеющей стали;
- унифицированный способ подключения.

### 2.5.5 Выбор термометра

Термометр предназначен для точных измерений температуры и поверки показаний других измеряющих температуру устройств. Термометр показывающий ТЛ-4 подойдет для установки, так как имеет цену деления шкалы не менее  $0,1^{\circ}\text{C}$  и диапазон изменения в исполнении 2  $0...+55^{\circ}\text{C}$  (рисунок 8).



Рисунок 8 – Термометр показывающий ТЛ-4

## 2.5.6 Выбор манометра

Манометры позволяют измерить давление жидкости или газа по месту, с их помощью можно сверять показания датчиков давления и делать выводы о их точности и правильности. Для установки на рабочую и резервную ИЛ выберем манометр ТМ-521, эта модель имеет коррозионностойкий корпус, который выполнен из нержавеющей стали (рисунок 9).



Рисунок 9 – Манометр ТМ-521

Применяется ТМ-521 для измерения давления агрессивных сред, точные его характеристики приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики манометра

Технические характеристики	Значение
Диапазон измерения давления, МПа	(0...40) (диаметр 40 мм)
	(0...60) (диаметр 63 мм)
	(0...100) (диаметр 100 мм)
Температура измеряемой среды, °С	(минус 30...200)
Корпус	Нержавеющая сталь
Диаметр корпуса, мм	40, 63, 100
Класс точности	2,5 (диаметр 40мм)
	1,5 (диаметр 63мм)
	1 (диаметр 100мм)
Степень защиты	IP65
Диапазон рабочих температур окружающей среды, °С	-60...+60

Остановим свой выбор на манометре с диаметром корпуса 100 мм, так как такой манометр имеет широкий диапазон измерений при наивысшей точности.

### 2.5.7 Выбор исполнительного механизма

Для управления давлением на выходе СИКН требуется клапан с электроприводом. Для воздействия на объект управления, в качестве которого выступает трубопровод, выберем блок управления СОКРАТ-РЗ (рисунок 10).

Электрический привод – это электромеханическая система для приведения в движение исполнительных механизмов рабочих машин и управления этим движением в целях осуществления технологического процесса [9]. Именно привод, в основе которого лежит трехфазный асинхронный двигатель, изменяет процент открытия или закрытия задвижки.



Рисунок 10 – Блок управления СОКРАТ-РЗ

Блок управления работает совместно с электроприводами трубопроводной арматуры типа «ТОМПРИН» с применением взрывозащищенных трехфазных асинхронных электродвигателей (АД) переменного тока с короткозамкнутым ротором. Основные условия эксплуатации блока приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры условий работы блока управления СОКРАТ-РЗ

Название параметра	Единицы измерения	Значение
Тип климатического исполнения	—	УХЛ1
Температура окружающего воздуха	°С	(минус 60... 50)
Относительная влажность воздуха, среднегодовое значение	%	80
Атмосферное давление	кПа (мм рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)
Вибрация: - диапазон; - амплитуда смещения; - амплитуда ускорения	Гц мм м/с <sup>2</sup>	от 5 до 80 0,1 (для частоты до 60Гц) 9,8 (для частоты выше 60Гц)
Сейсмичность, не более	балл	10

## 2.6 Разработка схемы внешних проводок

Для снятия значений технологических параметров требуется монтаж преобразователей. Полный список датчиков, располагающихся на одной измерительной линии:

- массовый расходомер OPTIMAS7300 T 80;
- датчик температуры RTD THERMOMETER TR10;
- датчик давления Cerabar M PMP41.

На рисунках 11-13 показаны схемы подключения расходомера, датчиков температуры и давления.

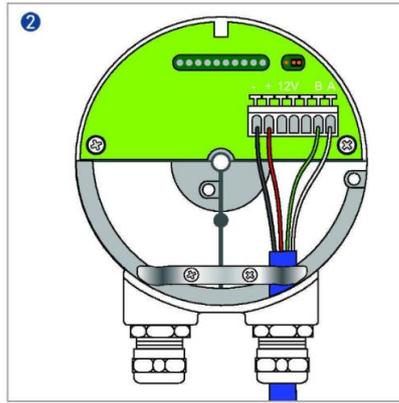


Рисунок 11 – Схема подключения массового расходомера

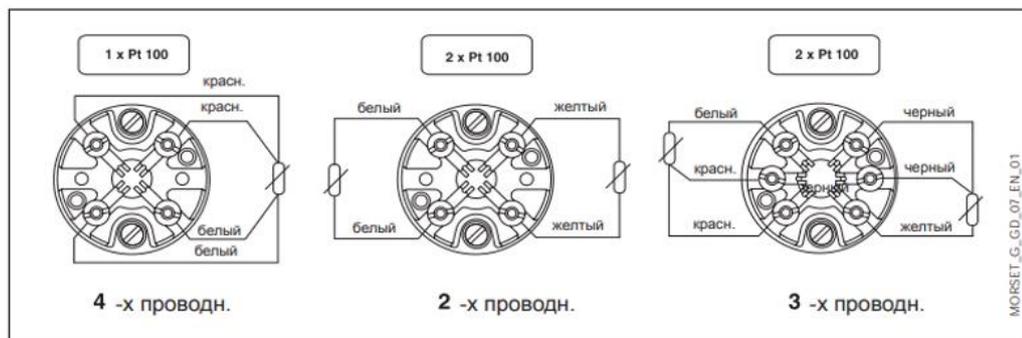


Рисунок 12 – Схема подключения термпреобразователя сопротивления

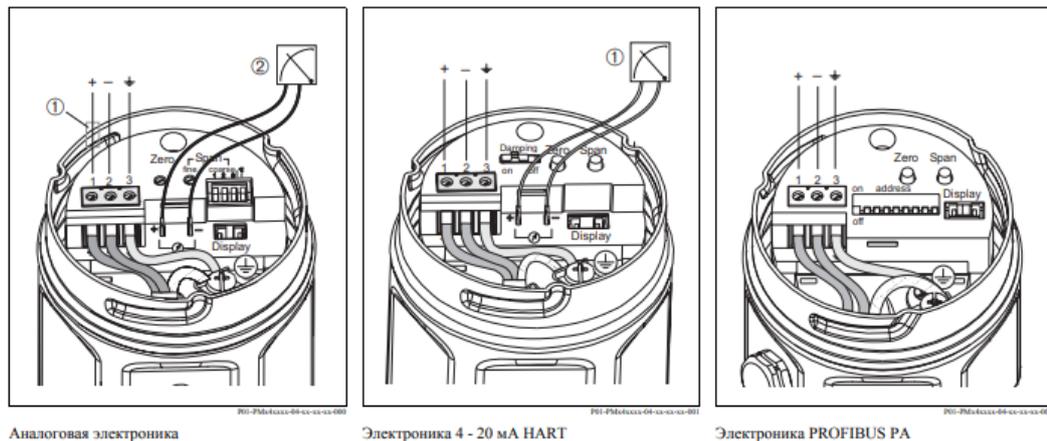


Рисунок 13 – Схема подключения датчика давления

На рабочей линии установлен также клапан с электроприводом Сократ-РЗ, а на выходном коллекторе СИКН стоит датчик температуры RTD THERMOMETER TR10 и датчик давления Cerabar M PMP41. Схема подключения блока управления показана на рисунке 14.

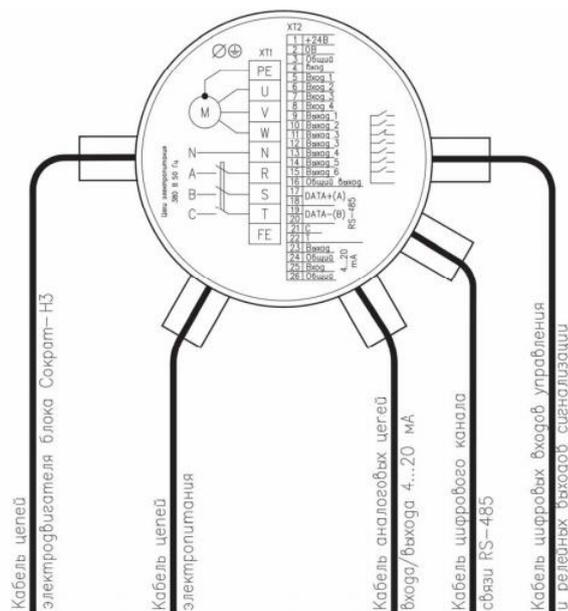


Рисунок 14 – Схема подключения блока управления клапаном

Силовой экранированный кабель ВВГЭнг используется для питания электродвигателя. ВВГЭнг имеет от 1 до 5 медных жил с изоляцией и оболочкой из ПВХ пониженной пожарной опасности. В таблице 10 указаны основные характеристики кабеля ВВГЭнг.

Таблица 10 – Характеристики кабеля ВВГЭнг

Номинальное переменное напряжение	0,66/1 кВ
Температура окружающей среды при эксплуатации кабеля	от минус 50°C до 50°C
Число электрических жил	1-5
Класс пожарной безопасности	П16.8.2.2.2
Номинальная толщина изоляции жил	2,55 мм
Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке	
– для одножильного кабеля	10 диаметров кабеля
– для многожильного кабеля	7,5 диаметров кабеля
Срок службы	30 года
Гарантийный срок эксплуатации кабеля	5 лет
Относительная влажность воздуха (при t° +35°C)	98%

Преобразователи давления и температуры будут подключаться кабелем КВВГЭнг, который применяется для прокладки в каналах, туннелях в условиях агрессивной среды, в помещениях, при отсутствии механических воздействий на кабель. Данный кабель имеет медные жилы и экранированную оболочку для защиты данных от помех и нежелательных сигналов (рисунок 15).

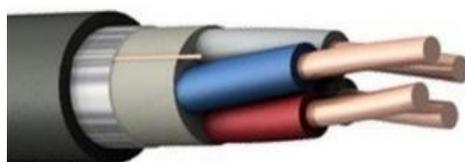


Рисунок 15 – Кабель КВВГЭнг

Расшифровка обозначения кабеля КВВГЭнг:

- К – кабель контрольный;
- В – внутренняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- В – внешняя изоляция из поливинилхлоридного пластиката;
- Г – гибкий класс жилы;
- Э – экранированный;
- нг - не поддерживающий горения.

Экранирование позволяет защитить полезный сигнал от шумов и помех, возникающих на высоких частотах.

В таблице 11 указаны основные характеристики кабеля КВВГЭнг.

Таблица 11 – Характеристики кабеля КВВГЭнг

Температура окружающей среды при эксплуатации	от +50°С до –50°С
Срок службы – при прокладке в земле (траншеях) и на эстакадах – при прокладке в помещениях, каналах, туннелях	15 лет  25 лет
Номинальная толщина изоляции жил	2,5 мм
Электрическое сопротивление изоляции жил КВВГ при температуре 20°С сечением: – 0,75 – 1,55 мм <sup>2</sup> – 2,5 – 4 мм <sup>2</sup> – 6 мм <sup>2</sup>	Не менее 10 МОм • км Не менее 9 МОм • км Не менее 6 МОм • км
Допустимая температура нагрева жил КВВГ при эксплуатации	+ 70 °С
Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке (при t° не ниже 0°С): – с наружным диаметром до 10 мм включительно – с наружным диаметром свыше 10 мм до 25 мм включительно	3 диам. кабеля 4 диам. кабеля
Гарантийный срок эксплуатации	2 года
Относительная влажность воздуха (при t° +35°С)	98%

Для заземления устройств следует использовать провод ПВ-3 (рисунок 16). Кабель силовой в желто-зеленой изоляции с медной жилой применяют в сетях до 750 В, зачастую в силовых и осветительных системах. Выбрана данная модель кабеля, поскольку ПВ-3 имеет повышенную гибкость и способность выдерживать высокое напряжение.

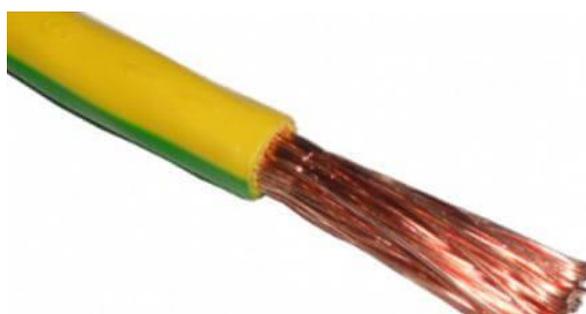


Рисунок 16 – Кабель ПВ-3

Датчики давления и температуры будут проходить через искробезопасный преобразователь ET-420, который преобразует входной сигнал постоянного тока от 0 до 20 мА в выходной непрерывный сигнал напряжения или постоянного тока 4-20 мА.

Схема внешних проводок представлена в приложении Е

## **2.7 Разработка алгоритмов управления**

В автоматизированных системах управления существуют разные уровни управления. В соответствии с этим, существуют разные алгоритмы управления:

- алгоритмы защиты;
- релейные/ПИД алгоритмы для регулирования параметров технологического оборудования, например, управление положением рабочего органа клапана и т.д.;
- запуск либо остановка технологического оборудования (реализуются на ПЛК и в SCADA-системе);
- другие алгоритмы.

### **2.7.1 Алгоритм сбора данных измерений**

Суть алгоритма заключается в циклическом автоматическом опросе датчиков через равные промежутки времени. При этом циклический опрос может прервать оператор АСУ ТП, запросив данные в любое время.

Снятие показаний датчиков начинается с рабочей ИЛ. В первую очередь программа сравнивает показания массового расходомера с верхней границей расхода, если показание не превышает границу, то система переходит к сравнению расхода с нижней границей. При соответствии расхода указанным нормам программа начинает опрос второго датчика, аналогично сравнивая его показания с лимитами. В случае если датчик выдал показание выше или ниже границы, то на мнемосхему SCADA-системы верхнего уровня передается сигнал о нарушении соответствия параметров установки СИКН.

Реализация данного алгоритма позволяет:

- повышение качества технологического процесса за счет более точного контроля за параметрами системы;
- повышение информированности персонала о состоянии установки и технологического процесса;
- увеличение надежности и безопасности системы за счет предупреждения о выходе параметров за аварийную границу.

### 2.7.2 Алгоритм управления технологическим параметром

Управление давлением на выходе системы осуществляется по средствам регулирующего клапана PCV. На выходе давление трубопровода должно быть ниже его несущей способности, для избежание протечек и аварий. Именно поэтому важно внедрить системы автоматического регулирования давления (САРД). Для системы управления давлением объектом управления будет являться трубопровод, процент открытия вертикального сечения которого напрямую влияет на выходную величину давления.

Схема САУ, показанная на рисунке 17, содержит ПИД-регулятор, выход которого поступает на частотный преобразователь (ЧП). ЧП регулирует частоту напряжения, подаваемого на обмотку асинхронного двигателя (АД), от частоты напряжения зависит момент и скорость вращения ротора двигателя. АД открывает или закрывает клапан, тем самым меняя давление в трубопроводе. Измеряемое датчиком давление, вычитается из заданного значения и поступает на вход ПИД-регулятора.



Рисунок 17 – Схема системы управления давлением на выходе СИКН

Таким образом, передаточная функция динамики участка трубопровода описывается аperiodическим звеном первого порядка по формуле (1):

$$W_{oy}(s) = \frac{1}{T_{oy}s + 1} e^{-\tau_0 s} \quad (1)$$

где  $T_{oy}$  – постоянная времени, вычисляемая по формуле (2);

$\tau_0$  – время запаздывания, вычисляемое по формуле (3).

$$T_{oy} = \frac{2Lfc}{Q}, \quad (2)$$

где  $L$  – длина участка трубопровода;

$f$  – площадь поперечного сечения трубопровода;

$Q$  – пропускная способность;

$c$  – величина, вычисляемая по формуле (4).

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad (3)$$

$$c = \frac{\gamma}{2\Delta p g}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – удельный массовый расход нефти.

Регулирующий клапан описывается интегральным звеном:

$$W_k(s) = \frac{1}{T_k s} \quad (5)$$

где  $T_k$  – постоянная времени, вычисляемая по формуле (6)

$$T_k = 0,5\rho Lfr^2. \quad (6)$$

где  $\rho$  – плотность нефти,

$r$  – радиус трубопровода.

А также блоком saturation для ограничения процента открытия и усилительным звеном со значением максимального уровня в метрах.

Передаточная функция электропривода может быть представлена в упрощенном виде с помощью аperiodического звена первого порядка:

$$W_{\text{эп}}(s) = \frac{k_{\text{эп}}}{T_{\text{эп}}s + 1}, \quad (7)$$

где  $k_{\text{эп}}$  – коэффициент усиления, рассчитываемый по формуле (8);

$T_{\text{эп}}$  – постоянная времени, вычисляемая по формуле (9).

$$k_{\text{эп}} = \frac{\omega}{f_{\text{max}}}, \quad (8)$$

где  $\omega$  – скорость вращения асинхронного двигателя;

$f_{\text{max}}$  – частота управляющего сигнала от ЧП.

$$T_{\text{эп}} = \frac{\omega J}{M_k}, \quad (9)$$

где  $J$  – момент инерции вращающихся частей;

$M_k$  – момент силы.

Как и электропривода, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка (10):

$$W_{\text{чп}}(s) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}}s + 1}, \quad (10)$$

где  $k_{\text{чп}}$  – коэффициент усиления, рассчитываемый по формуле (11);

$T_{\text{чп}}$  – постоянная времени, вычисляемая по формуле (12).

$$k_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{max}}}{I_{\text{max}}}, \quad (11)$$

где  $I_{\text{max}}$  – управляющий токовый сигнал.

$$T_{\text{чп}} = \frac{T_{\text{эп}}}{5}, \quad (12)$$

Датчик давления, расположенный в обратной связи, в данном случае будет безынерционным звеном с коэффициентом, равным передаточному коэффициенту измерительной мембраны.

$$W_{\text{чп}}(s) = k_{\text{дд}} = 0.022. \quad (13)$$

Значения параметров передаточных функций (ПФ) системы представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Значения параметров передаточной функции

$f, м^2$	0.0314
$d, м$	0.159
$L, м$	4
$Q, м^3 / час$	430
$\Delta p, МПа$	0.2
$g, м / с^2$	9.8
$\gamma, кг / с$	75
$\rho, кг / м^3$	900
$\omega, рад / с$	157
$M_k, Н \cdot м$	50
$J, Н \cdot м$	0,45
$I_{max}, А$	20
$f_{max}, Гц$	75

Полученная модель системы регулирования с рассчитанными коэффициентами усиления и постоянными времени, представлена на рисунке 18. Моделирование работы алгоритма осуществлялась в ПО Matlab Simulink.



Рисунок 18 – Модель управления давлением в Simulink

Настройка ПИД-регулятора была выполнена с помощью автоматических алгоритмов Matlab, так как без регулятора система является

неустойчивой. Переходный процесс полученной модели представлен на рисунке 19.

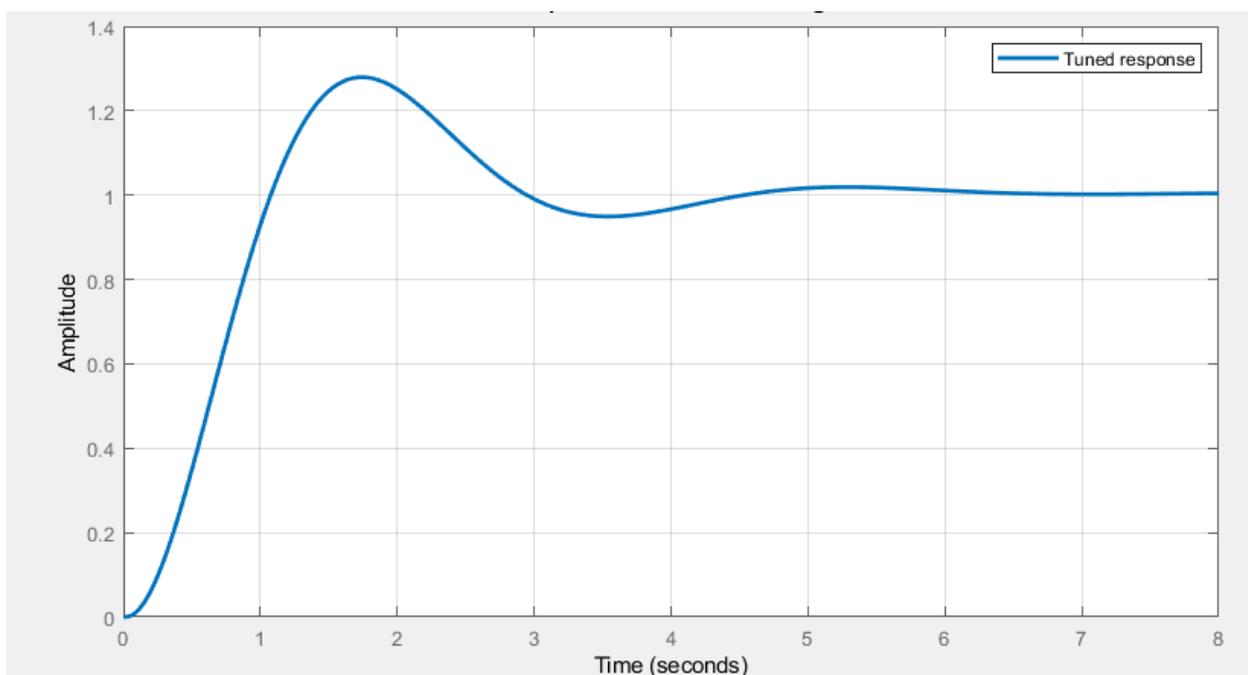


Рисунок 19 – Переходная характеристика системы

Найденные коэффициенты ПИД-регулятора представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Значения коэффициентов ПИД-регулятора

Коэффициент	Значение
$k_p$	0,078
$k_i$	0,093
$k_d$	0,011

Коэффициенты из таблицы 13 позволяют получить время переходного процесса равное 4,2 секунды при перерегулировании в 28 %.

## 2.8 Разработка экранных форм

Для наблюдения за состоянием СИКН в режиме реального времени на верхнем уровне структуры системы присутствует внешнее АРМ, позволяющее оператору удаленно контролировать установку. Упрощает работу оператора АСУ ТП так называемая SCADA-система.

SCADA - программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления». Любая SCADA-система имеет ряд функциональных возможностей:

- наличие средств сбора данных с устройств нижнего уровня;
- обработка информации с контроллеров нижних уровней;
- наличие средств управления и регистрации сигналов об аварийных ситуациях;
- возможность управления технологическими параметрами за счет взаимодействия с устройствами управления;
- формирование отчетной документации согласно требованиям;
- графическое представление хода технологического процесса, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме и тд.

Для разработки мнемосхемы была выбрана SCADA – программа отечественного производства TRACE MODE IDE 6. Сигналы от аналоговых и дискретных датчиков заменены программами-имитаторами. Показания датчиков давления, температуры и расхода имитируются с использованием случайной составляющей. При помощи центральной предельной теоремы, из комбинации четырех генераторов случайных чисел в диапазоне (0,1) с равномерным распределением

Разработанная мнемосхема представлена в приложении 3.

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В ВКР рассматривается проектирование автоматизированной системы коммерческого учета сырой или товарной нефти. Автоматизация блока измерительных линий позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала, а только за счет команд оператора.

Цель работы: уменьшить затраты на блок измерительных линий за счет подбора оборудования, которое будет иметь требуемые характеристики при наименьшей цене, и оптимизации графика работы над проектом.

Для достижения поставленной цели выявлен ряд задач:

- поиск основных потребителей результатов исследования;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- анализ конкурентных технических решений, выявление сильных сторон проекта;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение суммарного бюджета.

#### **3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности**

##### **3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Система измерений количества и показателей качества нефти позволяет нефтедобывающей или нефтеперерабатывающей организации производить автоматизированный коммерческий и качественный учет товарной или сырой нефти, поэтому потенциальными потребителями разработки могут быть крупные и средние компании нефтегазовой отрасли.

Для более точного определения первичного целевого рынка следует произвести разделение по основным характеристикам. Произведем исследование сегментов рынка по следующим критериям: размер предприятия и его виды деятельности. Сокращенные названия компаний: «НГИ» - ООО

«Нефтегазинжиниринг», «НИПИ» - ОАО «ТомскНИПИнефть», «ЭЛ» - ЗАО «ЭлеСи». Результаты сегментирования рынка представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Карта сегментирования рынка

Размер компании	Вид деятельности			
	Проектная деятельность	Строительство и монтаж	Проектирование АСУ ТП	Пуско-наладочные работы
Мелкая	НГИ, НИПИ, ЭЛ	НГИ, ЭЛ	НИПИ, ЭЛ	НГИ, ЭЛ
Средняя	НГИ, НИПИ, ЭЛ	НГИ, ЭЛ	ЭЛ	НГИ, ЭЛ
Крупная	НГИ, НИПИ, ЭЛ	НГИ	ЭЛ	ЭЛ

Исходя из карты сегментирования можно сделать вывод, что наименьшая конкуренция в сегменте проектирования АСУ ТП, что включает в себя выбор устройств управления и вводно-распределительных устройств, создание программ управления технологическим процессом и интегрирование SCADA-систем для средних и крупных компаний.

### 3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений. Каждая позиция оценивается по десятибалльной шкале, где 1 – слабая позиция, 10 – наиболее сильная. В представленной таблице  $B_{\phi}$ ,  $K_{\phi}$  – баллы и конкурентоспособность текущей разработки,  $B_{к1}$ ,  $K_{к1}$  – баллы и конкурентоспособность существующего технического решения, а  $B_{к2}$ ,  $K_{к2}$  – баллы и конкурентоспособность проекта сторонней компании.

Таблица 2 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{к1}$	$B_{к2}$	$K_{\phi}$	$K_{к1}$	$K_{к2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации	0,16	9	5	8	1,44	0,80	1,28

Продолжение таблицы 2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурен- тоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
2. Экономичность	0,17	8	4	8	1,36	0,68	1,36
3. Надежность	0,14	9	8	7	1,26	1,12	0,98
4. Простота монтажа	0,19	7	6	6	1,33	1,14	1,14
5. Простота в эксплуатации	0,08	8	9	9	0,64	0,72	0,72
6. Функциональная мощность	0,20	10	2	10	2,00	0,40	2,00
7. Безопасность	0,06	8	6	10	0,48	0,36	0,6
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>59</b>	<b>40</b>	<b>58</b>	<b>8,51</b>	<b>5,22</b>	<b>8,08</b>
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Цена	0,34	6	9	5	2,04	3,06	1,70
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,25	8	7	8	2,00	1,75	2,00
3. Гарантийный ремонт	0,12	9	4	5	1,08	0,48	0,60
4. Уровень проникновения на рынок	0,18	7	10	3	0,84	1,20	0,36
5. Конкурен-тоспособность товара	0,11	7	8	6	0,77	0,88	0,66
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	<b>26</b>	<b>6,73</b>	<b>7,37</b>	<b>5,32</b>

Анализируя оценочную карту, можно прийти к заключению, что текущий проект хоть и уступает в экономической эффективности проекту существующему, однако превосходит своих конкурентов по техническим характеристикам. Можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки: удобство в эксплуатации, надежность и предполагаемый срок эксплуатации.

### 3.1.3 SWOT-анализ проекта

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для начала процесса SWOT-анализа на первом этапе требуется выделить сильные, слабые стороны проекта, возможности и угрозы, которые

проявились или могут появиться в его внешней среде, и занести их в таблицу 3.

Таблица 3 – Упрощенная матрица SWOT

<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</b>
С1. Экономичность и энергоэффективность проекта С2. Экологичность технологии монтажа. С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Квалифицированный инженерный персонал С5. Предоставление рассрочек	Сл1. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров Сл2. Отсутствие контроля поставок сырья. Сл3. Отсутствие прототипа разработки. Сл4. Отсутствие необходимого оборудования Сл5. Ограниченное финансирование
<b>Возможности</b>	<b>Угрозы</b>
В1. Привлечение потребителя за счет новшеств В2. Использование существующего программного обеспечения В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях В4. Использование специалистов ВУЗа по необходимым специальностям В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.	У3. Уменьшение платежеспособности потребителей У2. Неожиданная отмена поставок сырья и материалов У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У5. Наличие активных конкурентов на рынке

Найдем соответствие различных сторон между собой и выделить знаком «+» сильное соответствие, знаком «-» слабое, а «0» – если есть сомнения в том, что поставить. Результаты второго этапа занесем в таблицы 4-7.

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны и возможности)

		<b>Сильные стороны проекта</b>				
		C1	C2	C3	C4	C5
<b>Возможности проекта</b>	B1	+	+	-	+	+
	B2	+	0	-	0	+
	B3	0	-	+	0	-
	B4	-	+	+	+	0
	B5	+	0	+	0	-

Сильно коррелирующие сильные стороны и возможности проекта: В1С1С2С4С5, В2С1С5, В3С3, В4С2С3С4, В5С3.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта (слабые стороны и возможности)

		Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	0	-	-	-	-
	B2	-	-	-	-	+
	B3	-	-	-	-	-
	B4	+	-	-	-	-
	B5	-	-	-	-	-

Сильно коррелирующие слабые стороны и возможности проекта:  
B2Сл5, B4Сл1.

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта (сильные стороны и угрозы)

		Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	+	-	+
	У2	-	-	+	-	-
	У3	+	+	0	+	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	+	+	0	+	+

Сильно коррелирующие сильные стороны и угрозы проекта: У1С3,  
У2С3С5, У3С1С2С4, У5С1С2С4С5.

Таблица 7– Интерактивная матрица проекта (слабые стороны и угрозы)

		Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	+	+	+	-
	У2	-	0	+	-	-
	У3	-	+	+	+	-
	У4	-	-	-	0	+
	У5	-	-	-	-	-

Сильно коррелирующие слабые стороны и угрозы проекта:  
У1Сл2Сл3Сл4, У2Сл3, У3Сл2Сл3Сл4, У4Сл5.

Для последнего этапа составим итоговую матрицу SWOT-анализа.  
Представим результаты в виде таблицы 8.

Таблица 8 – SWOT-анализ

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Экономичность и энергоэффективность проекта	С2. Экологичность технологии монтажа.	С3. Наличие бюджетного финансирования	С4. Квалифицированный инженерный персонал	С5. Предоставление рассрочек	Сл1. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл2. Отсутствие контроля поставок сырья.	Сл3. Отсутствие прототипа разработки.	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Ограниченное финансирование
<b>Возможности</b>	В1. Привлечение потребителя за счет новшеств	В результате анализа выяснилось, что можно привлекать потребителя за счет новшеств, акцентируя внимание на экономичности и энергоэффективности проекта, экологичности технологии монтажа и тд. Использование существующего ПО поможет сэкономить на стоимости проекта и предоставлять рассрочку клиентам.					В результате анализа выяснилось, что можно использовать возможность В2 и В4 для того, чтобы нейтрализовать недостатки Сл5 и Сл1, например, использование существующего ПО даст возможность не тратить лишних средств при ограниченном финансировании.				
	В2. Использование существующего программного обеспечения										
	В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях										
	В4. Использование специалистов ВУЗа по необходимым специальностям										
	В5. Повышение стоимости конкурентных разработок										
<b>Угрозы</b>	У1. Уменьшение платежеспособности потребителей	В результате анализа выяснилось, что таких угроз, как уменьшение платежеспособности населения или наличие конкурентов на рынке можно в первое время избежать, благодаря наличию бюджетного финансирования					В результате анализа выяснилось, что введение дополнительных государственных требований может привести к дополнительным закупкам приборов и оборудования, которого может не оказаться у				

Продолжение таблицы 8

		Сильные стороны					Слабые стороны				
		С1. Экономичность и энергоэффективность проекта	С2. Экологичность технологии монтажа.	С3. Наличие бюджетного финансирования	С4. Квалифицированный инженерный персонал	С5. Предоставление рассрочек	Сл1. Отсутствие у потребителей квалифицированных кадров	Сл2. Отсутствие контроля поставок сырья.	Сл3. Отсутствие прототипа разработки.	Сл4. Отсутствие необходимого оборудования	Сл5. Ограниченное финансирование
<b>Угрозы</b>	У2. Неожиданная отмена поставок сырья и материалов	и предоставлению рассрочек потребителю.					поставщиков, а несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования может привести к нехватке финансов.				
	У3. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции										
	У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства										
	У5. Наличие активных конкурентов на рынке										

### 3.1.4 Технология QuaD

Для определения перспективности разработки на рынке воспользуемся технологией QuaD, представленной в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
1. Энергоэффективность	0,1	75	100	0,75	7,5
2. Помехоустойчивость	0,05	60	100	0,6	3
3. Надежность	0,06	95	100	0,95	5,7
4. Унифицированность	0,02	70	100	0,7	1,4
5. Уровень материалоемкости разработки	0,02	65	100	0,65	1,3
6. Уровень шума	0,01	50	100	0,5	0,5
7. Безопасность	0,14	95	100	0,95	13,3
8. Функциональная мощность	0,08	90	100	0,9	7,2
9. Простота эксплуатации	0,03	85	100	0,85	2,55
10. Качество интеллектуального интерфейса	0,02	70	100	0,7	1,4
11. Ремонтопригодность	0,04	85	100	0,85	3,4
<b>Показатели оценки коммерческого потенциала разработки</b>					
12. Конкурентоспособность продукта	0,03	75	100	0,75	2,25
13. Уровень проникновения на рынок	0,05	60	100	0,6	3
14. Перспективность рынка	0,02	55	100	0,55	1,1
15. Цена	0,07	70	100	0,7	4,9
16. Послепродажное обслуживание	0,09	85	100	0,85	7,65
17. Срок выхода на рынок	0,05	70	100	0,7	3,5
18. Наличие сертификации разработки	0,1	100	100	1	10
19. Предполагаемый срок эксплуатации	0,02	90	100	0,9	1,8
Итого:	1				81,45

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 81,45, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

### **3.2 Планирование научно-исследовательских работ**

#### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

В рамках проектирования автоматизированного блока учета количества нефти лабораторной установки «СИКН» составим перечень этапов и работ, который представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель проекта
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Изучение существующих проектов	Инженер
	4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер
Теоретическое и экспериментальное исследование	5	Проведение теоретических расчетов качества нефтепродукта	Инженер
	6	Построение модели системы автоматического управления и проведение экспериментов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Разработка технической документации и проектирование	9	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер
	10	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер
	11	Составление схемы информационных потоков	Инженер
	12	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	13	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер
	14	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер
	15	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер
	16	Проектирование SCADA-системы	Инженер
Испытание установки	17	Запуск и наладка установки	Руководитель, инженер
Оформление отчета	18	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.2.2 Разработка графика проведения научного исследования

Для построения календарного плана графика необходимо найти трудоёмкость каждого этапа работы. Значения ожидаемой трудоёмкости выполнения каждого этапа, длительность работ в рабочих и календарных для представлены в таблице 11. При этом коэффициент календарности  $k_{\text{кал}}$ , с помощью которого находим длительность этапа в календарных днях, будет равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48. \quad (14)$$

Таблица 11 – Временные показатели проведения работ

Код работ	Название этапа работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях	Длительность работ в календарных днях
		t <sub>min</sub>	t <sub>max</sub>	t <sub>ож</sub>			
1	Составление и утверждение технического задания	1	2	1,4	1	1,4	2
2	Подбор и изучение материалов по теме	5	8	6,2	1	6,2	9
3	Изучение существующих проектов	2	5	3,2	1	3,2	5
4	Календарное планирование работ	1	2	1,4	2	0,7	1
5	Проведение теоретических расчетов качества нефтепродукта	6	8	6,8	1	6,8	10
6	Построение модели системы автоматического управления и проведение экспериментов	7	9	7,8	1	7,8	12
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	3	4	3,4	1	3,4	5
8	Оценка эффективности полученных результатов	1	2	1,4	2	0,7	1
9	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	2	3	2,4	1	2,4	4
10	Составление перечня вход/выходных сигналов	2	4	2,8	1	2,8	4
11	Составление схемы информационных потоков	2	3	2,4	1	2,4	4
12	Разработка схемы внешних проводок	3	4	3,4	1	3,4	5
13	Разработка алгоритмов сбора данных	2	4	2,8	1	2,8	4
14	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	5	7	5,8	1	5,8	9
15	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	2	3	2,4	1	2,4	4
16	Проектирование SCADA-системы	4	7	5,2	1	5,2	8
17	Запуск и наладка установки	7	10	8,2	2	4,1	6
18	Составление пояснительной записки	2	5	3,2	1	3,2	5
Всего:							98

На основе таблицы 11 построим календарный график план (таблица 12), где штриховкой помечены дни работы руководителя проекта, а черным цветом – дни работы инженера (дипломника).

Таблица 12 – Календарный план-график выполнения проекта

№	Вид работ	Исполнители	Продолжительность выполнения работ														
			февраль			март			апрель			май			июнь		
			3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2			
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	█														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	█														
3	Изучение существующих проектов	Инженер		█													
4	Календарное планирование работ	Руководитель, инженер			█												
5	Проведение теоретических расчетов качества нефтепродукта	Инженер			█												
6	Построение модели системы автоматического управления и проведение экспериментов	Инженер				█											
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер					█										
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер						█									
9	Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ и ANSI/ISA	Инженер							█								
10	Составление перечня вход/выходных сигналов	Инженер								█							
11	Составление схемы информационных потоков	Инженер									█						
12	Разработка схемы внешних проводок	Инженер										█					
13	Разработка алгоритмов сбора данных	Инженер											█				
14	Разработка алгоритмов автоматического регулирования	Инженер												█			
15	Разработка структурной схемы автоматического регулирования	Инженер													█		
16	Проектирование SCADA-системы	Инженер														█	



### 3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Произведем необходимые расчеты расходов на оборудование, устанавливаемое на блок измерительных линий (таблица 14). В общей стоимости оборудования стоит учесть как количество единиц оборудования, так и затраты на доставку в размере 15% от цены на оборудование.

Таблица 14 – Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Общая стоимость оборудования, тыс.руб.
1.	Расходомер Кориолисов KROHNE OPTIMAS7300 T 80	2	956	1912
2.	Преобразователь давления измерительный, модель Cerabar M PMP41-FE23U2P11MP	3	5,6	16,8
3.	Преобразователь сопротивления платиновый, серия TR 10	3	4,1	12,3
4.	Программируемый логический контроллер ЭлСи-ТМК	1	351	351
5.	Кран шаровый	8	12,2	97,6
6.	Регулирующий клапан с блоком управления Сократ-РЗ	1	120	120
7.	Манометр ТМ6	3	1,2	3,6
8.	Термометр	3	2,81	8,43
Всего за спецоборудование				2521,7
Расходы по доставке и монтажу (15%)				378,3
Итого по статье $Z_{\text{сп}}$				2900

Затраты на спецоборудование  $Z_{\text{сп}}$  составляют 2 900 000 руб. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. В таблице 15 найдена

амортизация для каждого пункта таблицы 14, учитывая, что срок реализации проекта составляет порядка 4 месяцев.

Таблица 15 – Амортизация оборудования

№ оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Срок полезного использования	Норма амортизации, %	Годовая амортизация	Ежемесячная амортизация	Амортизация с учетом количества оборудования	
1.	2	956	10	10	95,6	7,97	15,94	
2.	3	5,6	15	6,67	0,37	0,03	0,09	
3.	3	4,1	15	6,67	0,27	0,02	0,06	
4.	1	351	10	10	35,1	2,93	2,93	
5.	8	12,2	20	5	0,61	0,05	0,4	
6.	1	120	10	10	12	1	1	
7.	3	1,2	8	12,5	0,15	0,01	0,03	
8.	3	2,81	8	12,5	0,35	0,03	0,09	
Итого:								20,54

Тогда стоимость оборудования, исходя из амортизации составляет 20540 руб.

### 3.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Для расчета средневневной заработной платы понадобится величина действительного годового фонда рабочего времени персонала (таблица 16), при этом учитывается 5-дневная рабочая неделя.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	88	88
- выходные дни	30	30
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	24	24
- отпуск	0	0
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	223

Для руководителя проекта от ТПУ основная заработная плата рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Расчёт основной заработной платы руководителя, инженера приведён в таблице 17.

Таблица 17 – Расчёт основной заработной платы руководителя и инженеров

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_p$	$k_d$	$k_{пр}$	$Z_m$ , руб	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. Дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26300	1,3	0,2	0,3	51285	2576	7	18032
Инженер	12130	1,3	0,2	0,3	23654	1188	64	76032
Итого:								94064

Суммарные затраты по основной заработной плате  $Z_{осн}$  составляют 94064 руб.

### 3.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей НТИ учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Коэффициент дополнительной заработной платы примем равным 0,12. Тогда дополнительная зарплата представлена в таблице 18 вместе с общим расчетом суммарной заработной платы исполнителей НТИ, выраженной в рублях.

Таблица 18 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	18032	76032
Дополнительная зарплата	2164	9124
Зарплата исполнителя	20196	85156
Итого по статье $Z_{доп}$	11288	
Итого расходы на заработную плату	105352	

Расходы на дополнительную заработную плату исполнителей  $Z_{\text{доп}}$  равны 11288 руб.

### 3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	18032	2164
Инженер	76032	9124
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,2	30,2
Отчисления во внебюджетные фонды	28219	3386
<b>Итого:</b>	31605	

Суммарные отчисления во внебюджетные фонды  $Z_{\text{вн}}$  составляют 31605 руб.

### 3.3.6 Накладные расходы

Примем коэффициент накладных расходов равным 16 %, тогда, учитывая суммарные затраты на статьи, накладные расходы представлены в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет накладных расходов

$Z_{\text{м}}$ , руб.	$Z_{\text{сп}}$ , руб.	$Z_{\text{осп}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$ , руб.	$Z_{\text{вн}}$ , руб.	$K_{\text{накл}}$	$Z_{\text{накл}}$ , руб.
79204	20540	94064	11288	31605	0,16	37872

### 3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на проект приведено в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	79204
2. Затраты на специальное оборудование (амортизация)	20540

Продолжение таблицы 21

<b>Наименование статьи</b>	<b>Сумма, руб.</b>
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	94064
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей	11288
5. Отчисления во внебюджетные фонды	31605
6. Накладные расходы	37872
7. Бюджет затрат НИИ	274573

## **4 Социальная ответственность**

### **4.1 Введение к разделу**

Одной из задач автоматизации является не только функционирование технологического процесса с наименьшим участием человека, но и сохранение производительности труда и эффективности процессов путем улучшения рабочих условий персонала и минимизации воздействия производственных мощностей на окружающую природную среду. С одной стороны безопасность жизнедеятельности на производстве позволяет обеспечить защиту трудящегося, благодаря соблюдению норм и правил, устанавливающих оптимальные значения температуры, влажности, вибрации и других параметров, с другой – экологический инжиниринг, который посредством организационных и правовых действий старается уменьшить число вредоносных факторов, влияющих на природу.

Соблюдение техники безопасности при работе с установками поможет уберечь сотрудника от опасностей и рисков, которые могут возникнуть на рабочем месте. Особенно, если технологический процесс происходит с участием взрывоопасных жидкостей и газов, которые могут повлиять на возникновение пожаров, взрывов, загазованности.

В ВКР рассматривается система автоматизации блока учета количества нефти лабораторной установки «СИКН», которая располагается на территории 20 корпуса НИ ТПУ. Основной объем работ выполняется оператором АСУ ТП, роль которого заключается в наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочему месту и рабочей зоне. Основная часть работы оператора осуществляется с использованием персонального компьютера, поэтому основной целью данного раздела является обнаружение и анализ вредных и опасных факторов, влияющих на работу оператор АСУ, а также методов защиты от них. Основными факторами являются шум, освещение,

микроклимат помещения, электромагнитное излучение. Поэтому в данном разделе целью является создание оптимальных условий труда.

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

В трудовом кодексе РФ содержатся основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска и так далее.

Степень тяжести работы оператора АСУ ТП относится ко второй, то есть работа выполняется при оптимальных условиях внешней производственной среде и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузке. Нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю. Оператор исходя из трудового кодекса имеет право на сокращенную продолжительность рабочего времени, для работников в возрасте от шестнадцати до восемнадцати лет - не более 35 часов в неделю. При непрерывном функционировании установки имеется ночная смена с 22 до 6 часов [17].

Согласно ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». При создании рабочего места оператора следует 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 и материалов, используемых человеком-оператором.

Также стоит принимать во внимание, что рабочее место должно иметь достаточное пространство для осуществления всех необходимых движений и перемещений для эксплуатации и технического обслуживания оборудования [2]. Все требуемые органы управления и индикаторы автоматизированного

рабочего места должны быть группированы и полностью расположены в зоне досягаемости рабочего.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда». Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. Так как, основная работа оператора заключается в управлении процессом с помощью SCADA-системы, поэтому экран монитора следует располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 15^\circ$  от сагиттальной плоскости. Часто используемые источники информации должны быть расположены под углами  $30^\circ$ , а редко используемые –  $60^\circ$  [19].

Рассматривая вышеприведенные ГОСТы составим требования для рабочего места оператора АСУ ТП и сравним их с текущим рабочим местом (таблица 1).

Таблица 1 – Требования к организации рабочего места оператора АСУТП

<b>Требование</b>	<b>Требуемое значение</b>	<b>Текущее значение</b>
Высота рабочей поверхности, при организации рабочего места	725 мм	Не соответствует (650 мм)
Высота сиденья	420 мм	Не соответствует (400 мм)
Угол расположения средств отображения информации	Для очень часто используемых источников – $15^\circ$	Соответствует

Исходя из таблицы 1 следует сменить нерегулируемый стул на эргономичное рабочее кресло так, чтобы высота сиденья соответствовала требованиям. Также стоит поменять рабочую поверхность, а именно приобрести стол, позволяющий разместить источники информации на требуемой высоте.

### 4.3 Производственная безопасность

Управление установкой «СИКН» осуществляется оператором АСУТП с автоматизированного рабочего места. Перечень опасных и вредных факторов, присутствующих при работе оператора АСУ ТП согласно ГОСТ 12.0.003-2015 представлен в таблице 2 [20].

Таблица 2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Превышение уровня шума	-	+	+	СН 2.2.4/ 2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы
2. Электромагнитное излучение	+	-	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ
3. Недостаточная освещенность	-	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	-	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

#### 4.3.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

##### 4.3.1.1 Превышение уровня шума

Повышенный уровень шума при работе установки причисляют к группе физических опасных и вредных производственных факторов. Возникает он за счет движения жидкости через трубопроводы, при открытии или закрытии задвижек, но главным источником шума является электродвигатель насосного агрегата. Существует ряд негативных последствий шума, например, он неблагоприятно действуют на организм человека, вызывают головную боль, под его влиянием развивается

раздражительность, снижается внимание, замедляются сенсомоторные реакции, повышаются, а при чрезвычайно интенсивном действии понижаются возбудительные процессы в коре головного мозга. Долгое нахождение рабочего в зоне действия повышенного уровня шума может привести к появлению гипертонической или гипотонической болезни, развитию профессиональных заболеваний – тугоухости и глухоте.

При выполнении работ с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами, 69 рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону предельно допустимое звуковое давление равно 75 дБА [21].

Для уменьшения воздействия повышенного уровня шума на организм оператора АСУ ТП следует:

- использовать звуко и шумоизоляционные материалы;
- рационально планировать производственное помещение, снижая уровень шума (экранирование рабочего места);
- своевременно смазывать движущие части механизмов.

До модернизации на рабочем месте установки блока измерительных линий уровень шума достигал не более 55 дБ. После модернизации блока, путем замены устаревшего оборудования, уровень шума снизился до 50 дБ.

Стоит отметить, что использование специальных защитных средств при обслуживании работником «СИКН» не требуется.

#### **4.3.1.2 Электромагнитное излучение**

Работа оператора АСУ ТП в основном связана с работой за персональным компьютером. В следствие чего на него оказывается воздействие электромагнитного излучения, источниками которого являются системный блок и кабели, соединяющие электрические цепи. Электромагнитные излучения оказывают негативное влияние на сердечно-сосудистую, нервную и эндокринную систему, а также могут привести к раковым заболеваниям. Для того чтобы избежать негативного воздействия от

электромагнитного излучения необходимо следовать основным нормам, описанным в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [6]. Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПВМ представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц – 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

Для снижения воздействия данного типа излучения предпринимают меры:

- расстояние от монитора до работника должно составлять не менее 50 см;
- применение экранных защитных фильтров, а также средств индивидуальной защиты.

#### **4.3.1.3 Недостаточная освещенность**

Недостаток естественного света возникает из-за расположения основной части установки в закрытом блок боксе без окон, поэтому важно правильно использовать искусственное освещение, чтобы работы велись при достаточной освещенности. Также причиной возникновения данного фактора может являться нерегулярная чистка плафонов или несвоевременная замена перегоревших ламп. Согласно ГОСТ 12.0.003.-2015 недостаточная освещенность рабочей зоны является вредным производственным фактором, который может вызвать ослепленность или привести к быстрому утомлению и снижению работоспособности [20].

Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278-03 указаны в таблице 4 [23].

Таблица 4 - Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения

Помещения	Рабочая Поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная, В-вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение	
		КЕО е н, %		КЕО е н, %	
		При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г – 0,8	3,0	1,0	Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	Г – 0,8
Помещения	Искусственное освещение				
	Освещенность, лк				
	При комбинированном освещении		При общем освещении	Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации освещенности, К <sub>п</sub> , %, не более
Всего	От общего	Всего			
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	400	200	300	Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	400

Для устранения данной проблемы следует спроектировать оконные отверстия, которые в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток или использовать комбинированное освещение, учитывая, что лампы должны быть правильно расположены, а их количество должно быть

рассчитано в зависимости от яркости, также стоит чаще вести обслуживание осветительных приборов.

#### **4.3.1.4 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Питание многих элементов установки, происходит от сетевого напряжения 220 В, некоторые модули питаются от 12 В или 24 В, поэтому существует вероятность поражения человека данным напряжением. Несоблюдение правил ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов» может привести к смертельному исходу [24]. Поражение зачастую происходит из-за контакта человека с оголенными проводами или частями цепей, в которых остался заряд, например, при работе с насосами в «СИКН» используется преобразователь частоты, в котором имеются конденсаторы, сохраняющие напряжение даже после отключения системы.

Действие электрического тока на организм человека может быть тепловым (ожоги), механическим (разрыв тканей, растрескивание костей), химическим (электролиз), и биологическим (нарушение функций нервной системы и управляемых ею процессов в живом организме). Для переменного тока частотой 50 Гц допустимое значение напряжения прикосновения составляет 2 В, а силы тока – 0,3 мА, для тока частотой 400 Гц, соответственно – 2 В и 0,4 мА, для постоянного тока – 8 В и 1 мА.

Чтобы избежать воздействия тока на организм следует:

- использовать изоляцию надлежащего качества, в некоторых случаях – двойную;
- использовать диэлектрические перчатки и прорезиненную обувь;
- проводить плановые проверки и ремонт электропроводки и электрооборудования;
- всё электрическое оборудование и составляющие электроустановок должны быть заземлены.

#### **4.4 Экологическая безопасность**

*Атмосфера.* Источником загрязнения являются легкие фракции углеводородов, которые могут испаряться в окружающую среду при недостаточной герметичности частей установки. Основным методом предупреждения – модернизация систем транспорта и поддержании их в оптимальном состоянии благодаря постоянной проверке всех основных узлов системы: резервуаров, трубопроводов и насосного оборудования. Добиться этого можно, если своевременно устранять неплотности в конструкциях и соединительных швах резервуаров, постоянно проверять наличие прокладок во всех соединениях труб, контролировать качество используемой аппаратуры.

*Литосфера.* Загрязнение почвы нефтехимическими веществами может возникать в случае аварийных ситуаций (разливов вдоль трасс трубопроводов и утечек нефти), при ремонте оборудования, при зачистке трубопроводов. Загрязненный грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания. Замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором для того, чтобы предотвратить загрязнение почв.

*Гидросфера.* Попадание нефти в водоемы может возникать в случае аварий, утечек или ремонта. С целью охраны водоемов от попадания загрязненных стоков, все промышленные стоки направляются по системе трубопроводов на очистные сооружения с последующей подачей их в систему поддержки пластового давления.

#### **4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Одним из возможных ЧС может стать взрыв или угроза взрыва. Резкий выброс большого количества газа или воспламенение резервуара с нефтью могут привести к взрыву. Установка газоанализаторов позволяет определить

высокий уровень содержания газа в воздухе блок-бокса БИР, тем самым позволяя предупредить взрыв.

Наиболее вероятным ЧС может являться пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [25]. Категория взрывоопасной смеси по ГОСТ Р 51330.11-99 [26], ГОСТ Р 52350.10-2005 [27], используемой при работе «СИКН» – ПА. Согласно СП 12.13130.2009 [28] категории по взрывопожарной и пожарной опасности помещений установки приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Категория по взрывопожарной и пожарной опасности

Помещение	Категория по НПБ 105-03
Блок-бокс БИР	А
Площадка СИКН	Ан
Операторная	Д

Источником возникновения пожара может послужить:

- короткое замыкание электрической цепи приборов;
- переполнение при наливке резервуара, что приводит к предельной концентрации взрывоопасной смеси под верхней крышей резервуара;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- нагрев резервуаров в летний период.

Согласно требованиям, СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы» [28] пожарная безопасность должна обеспечиваться за счет:

- предотвращения разлива и растекания нефти;
- предотвращения образования на территории СИКН горючей паровоздушной среды и предотвращение образования в горючей среде источников зажигания;
- противоаварийной защиты, способной предотвратить аварийный выход нефти из резервуаров, оборудования, трубопроводов;
- организационных мероприятий по подготовке персонала, обслуживающего СИКН, к предупреждению, локализации и ликвидации аварий, аварийных утечек, а также пожаров и возгораний.

Управление работой установки СИКН производится с АРМ оператора, установленного в операторной. АРМ обеспечивает работу СИКН в следующих режимах: автоматическом, дистанционном и ручном. Автоматизация СИКН предполагает присутствие дежурного персонала, так как вывод СИКН на режим, установки и необходимые изменения параметров производятся оператором. Управлять пожарной сигнализацией можно с операторской или в ручном режиме по месту. При возникновении пожара система пожаротушения срабатывает автоматически.

В случае возникновения пожара в блоках СИКНС необходимо:

1. Покинуть место пожара СИКНС.
2. Прекратить подачу электроэнергии.
3. Прекратить подачу нефти в «СИКН».
4. Руководствоваться инструкциями по противопожарной безопасности, разработанными на эксплуатирующем предприятии.

Основными огнетушащими веществами являются пенные составы, имеющие меньшую с нефтепродуктами плотность, покрывающие поверхность горячей жидкости и блокирующие поступление кислорода в среду горения.

В ходе модернизации были подобраны преобразователи со взрывобезопасным исполнением.

#### **4.6 Выводы по разделу**

Любой проект не может существовать отдельно от общества и природы, поэтому важно, чтобы риски возникновения чрезвычайной ситуации или аварии были минимизированы.

Нормативные документы считаются едиными правдивыми источниками информации, которые должны соблюдаться без исключений, поэтому важно, чтобы оператор АСУ ТП знал правила поведения при пожарах или взрывах и умел правильно реагировать на сложившиеся обстоятельства. Также важно и состояние работника, чем меньше раздражителей действует на него, тем продуктивнее он может выполнять поставленные обязанности.

При внедрении установленных правил безопасности, требуемых норм и параметров заказчик понесет намного меньше финансовых потерь и сохранит жизнь и здоровье персонала.

## **Заключение**

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы был спроектирован автоматизированный блок учета количества нефти лабораторной установки «Система измерений количества и качества нефти». Были описаны основные принципы работы технологического процесса СИКН и разработаны функциональная, структурная схемы автоматизации СИКН (по ГОСТ, ANSI), позволяющие определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов, а также структурная схема, схема информационных потоков, схема соединения внешних проводок.

В качестве практической части был разработан алгоритм управления давлением на выходе СИКН, основанный на ПИД-регулировании. Управление давлением реализовано в алгоритме работы SCADA-системы, которая выводит основные параметры на экран АРМ оператора. Также созданные экранные формы, предназначены для осуществления управления оператором технологическим процессом.

Построенные схемы внешних проводок, позволяющие понять систему передачи сигналов от полевых устройств на щит КИПиА и АРМ оператора и, в случае возникновения неисправностей, устранения ошибок. Для управления технологическим оборудованием и сбором данных были разработаны алгоритмы пуска/останова технологического оборудования и управления сбором данных. В заключительной части были разработаны дерево экранных форм и мнемосхема.

Спроектированная АСУ ТП удовлетворяет всем текущим требованиям к системе автоматизации. В дальнейшем будет продолжаться процесс пусконаладочных работ и модернизации установки, расположенной на территории 20 корпуса ТПУ.

### **Список публикаций студента**

1. А.А. Сидорова, А.И. Васин. Методы настройки ПИД-регулятора для горизонтального двухфазного сепаратора // Современные технологии, экономика и образование, 2020 (36).
2. А.В. Брейнерт, А.И. Васин. Разработка автоматизированной системы управления яркостью группы светодиодов с возможностью ручного регулирования // Молодежь и современные информационные технологии (МСИТ), 2018 (247).
3. А.А. Сидорова, А.И. Васин. Исследование и моделирование системы управления горизонтальным нефтегазовым сепаратором на основе ПИД-регулятора // Молодежь и современные информационные технологии (МСИТ), 2020 (146).

## Список источников

1. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. – Томск, 2009. – 156 с.
2. ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированные системы управления. Общие требования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008639>. (Дата обращения: 21.05.2021).
3. ГОСТ 8009-84. «Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики средств измерений» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200004505>. (Дата обращения: 21.05.2021).
4. ГОСТ 34602-89. «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200006924>. (Дата обращения: 22.05.2021).
5. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 «Контроллеры программируемые. Языки программирования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200135008>. (Дата обращения: 22.05.2021).
6. ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства (СПДС). Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов (с Поправками)» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200108005>. (Дата обращения: 23.05.2021).
7. РД 39-0137095-001-86 «Автоматизация и телемеханизация нефтегазодобывающих производств. Объекты и объемы автоматизации. Основные положения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200069569>. (Дата обращения: 23.05.2021).
8. Каталог продукции фирмы «Katronic». Датчики расхода [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.katronic.com/ru/products/ultrasonic-flow-measurement/>. (Дата обращения: 23.05.2021).

9. Каталог продукции фирмы «Endress+Hauser». Датчики температуры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ru.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/Temperature-measurement-thermometers-transmitters/TR10>. (Дата обращения: 24.05.2021).

10. Каталог продукции фирмы «Endress+Hauser». Датчики давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.casc.endress.com/ru/Tailor-made-field-instrumentation/PMP41>. (Дата обращения: 23.05.2021).

11. Каталог продукции фирмы «Krohne». Массовые расходомеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.krohne.com/ru/pribory/izmerenie-raskhoda/raskhodomery/koriolisovye-massovye-raskhodomery/> (Дата обращения: 25.05.2021).

12. Каталог продукции фирмы «Emerson». Расходомеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/measurement-instrumentation/metran/catalogues.pdf>. (Дата обращения: 24.05.2021).

13. Каталог продукции фирмы «ЭлеСи». Контроллеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elesy.ru/products/products/plc.aspx>. (Дата обращения: 23.05.2021).

14. Каталог продукции фирмы ООО НПО «Сибирский машиностроитель». Электропривод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.nposibmach.ru/wp-content/uploads/2017/01/RE-blok-upravleniya-E32-SOKRAT-R3\\_N3-TOMPRIN\\_GUSAR.pdf](https://www.nposibmach.ru/wp-content/uploads/2017/01/RE-blok-upravleniya-E32-SOKRAT-R3_N3-TOMPRIN_GUSAR.pdf). (Дата обращения: 23.05.2021). 1

15. Кабель КВВГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://kps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-\(0,66kv\)/kvvg/](https://kps.ru/spravochnik/kabeli-kontrolnyie/s-pvx-izolyacziej-(0,66kv)/kvvg/). (Дата обращения: 23.05.2021).

16. Кабель ВВГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elcn.ru/inf/3764/>. (Дата обращения: 25.05.2021).

17. Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 30.04.2021) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901807664>. (Дата обращения: 23.05.2021).

18. ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200012834>. (Дата обращения: 25.05.2021).

19. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200272>. (Дата обращения: 23.05.2021).

20. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071>. (Дата обращения: 23.05.2021).

21. ГОСТ 12.1.003-2014. «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606>. (Дата обращения: 23.05.2021).

22. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ceut.ru/sanpin-2-2-2-2-4-1340-03/>. (Дата обращения: 24.05.2021).

23. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение». Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456054197>. (Дата обращения: 24.05.2021).

24. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200313>. (Дата обращения: 24.05.2021).

25. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>. (Дата обращения: 24.05.2021).

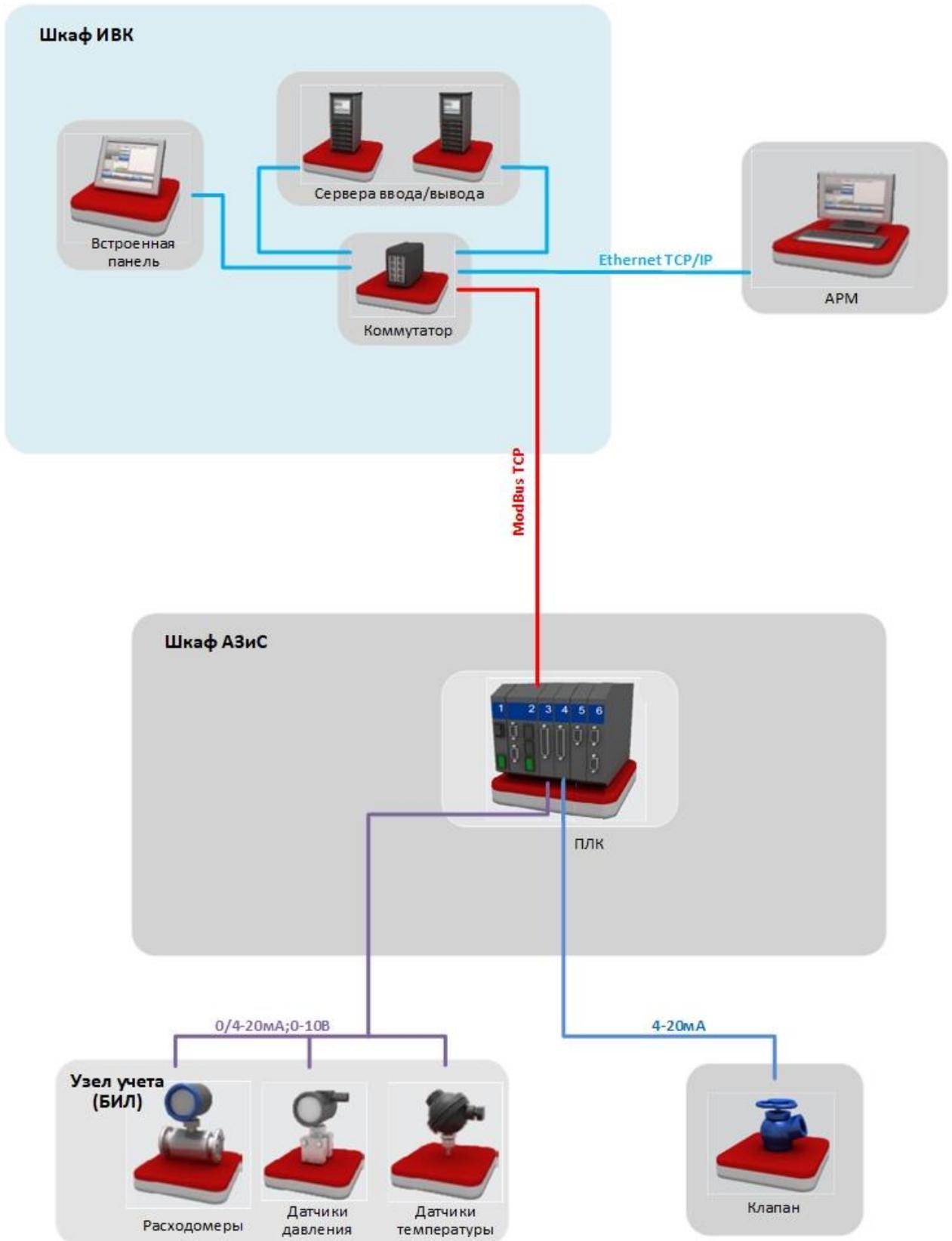
26. ГОСТ Р 51330.11-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008226>. (Дата обращения: 24.05.2021).

27. ГОСТ Р 52350.10-2005. Электрооборудование для взрывоопасных газовых сред [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200008226>. (Дата обращения: 24.05.2021).

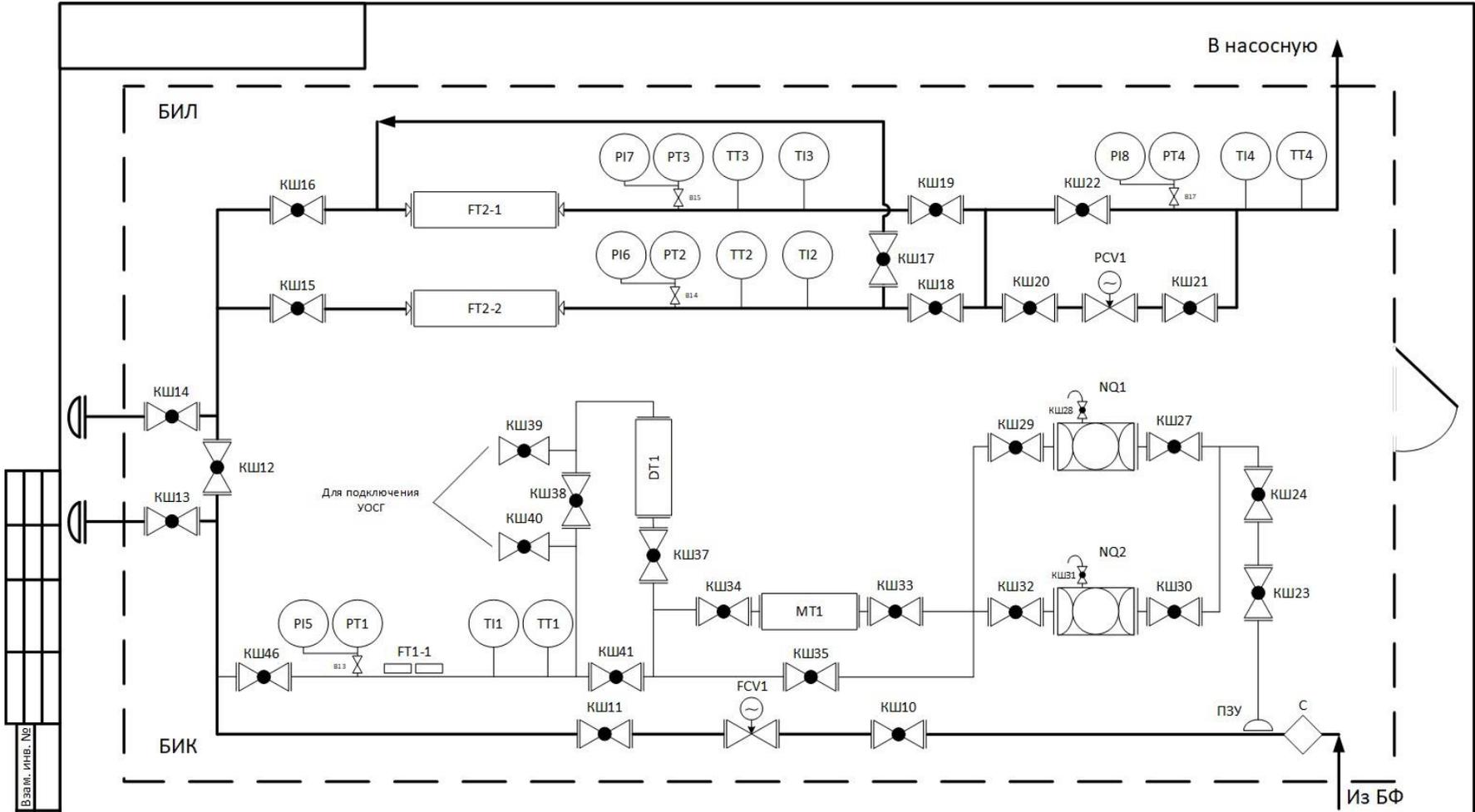
28. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>. (Дата обращения: 24.05.2021).

29. СНиП 2.11.03–93 «Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/871001020>. (Дата обращения: 24.05.2021).

# Приложение А (обязательное) Структурная схема



# Приложение Б (обязательное) Схема технологического процесса

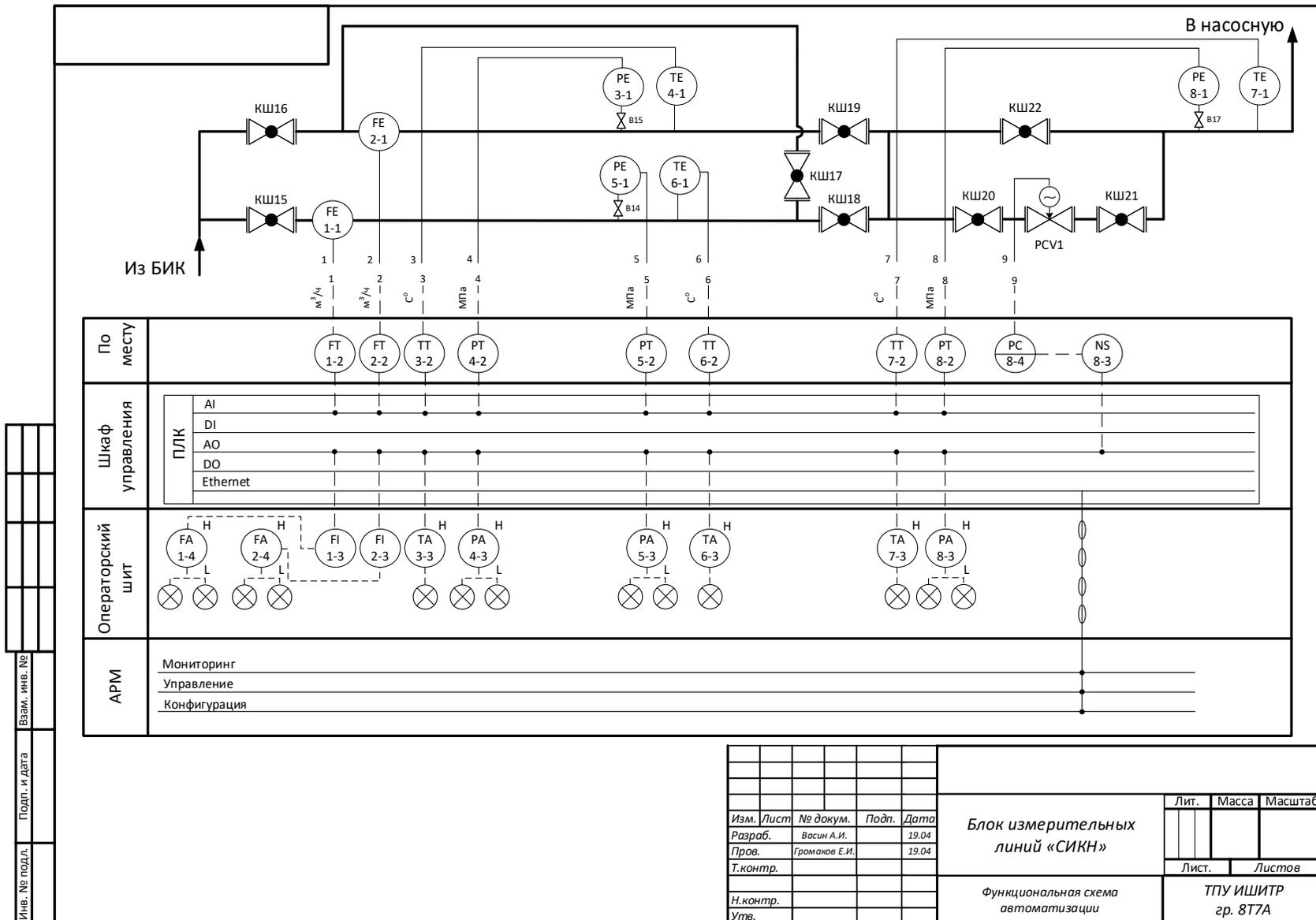


Инв. № подл.	Подп. и дата	Взаим. инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Васин А.И.		19.05
Пров.		Громанов Е.И.		19.05
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

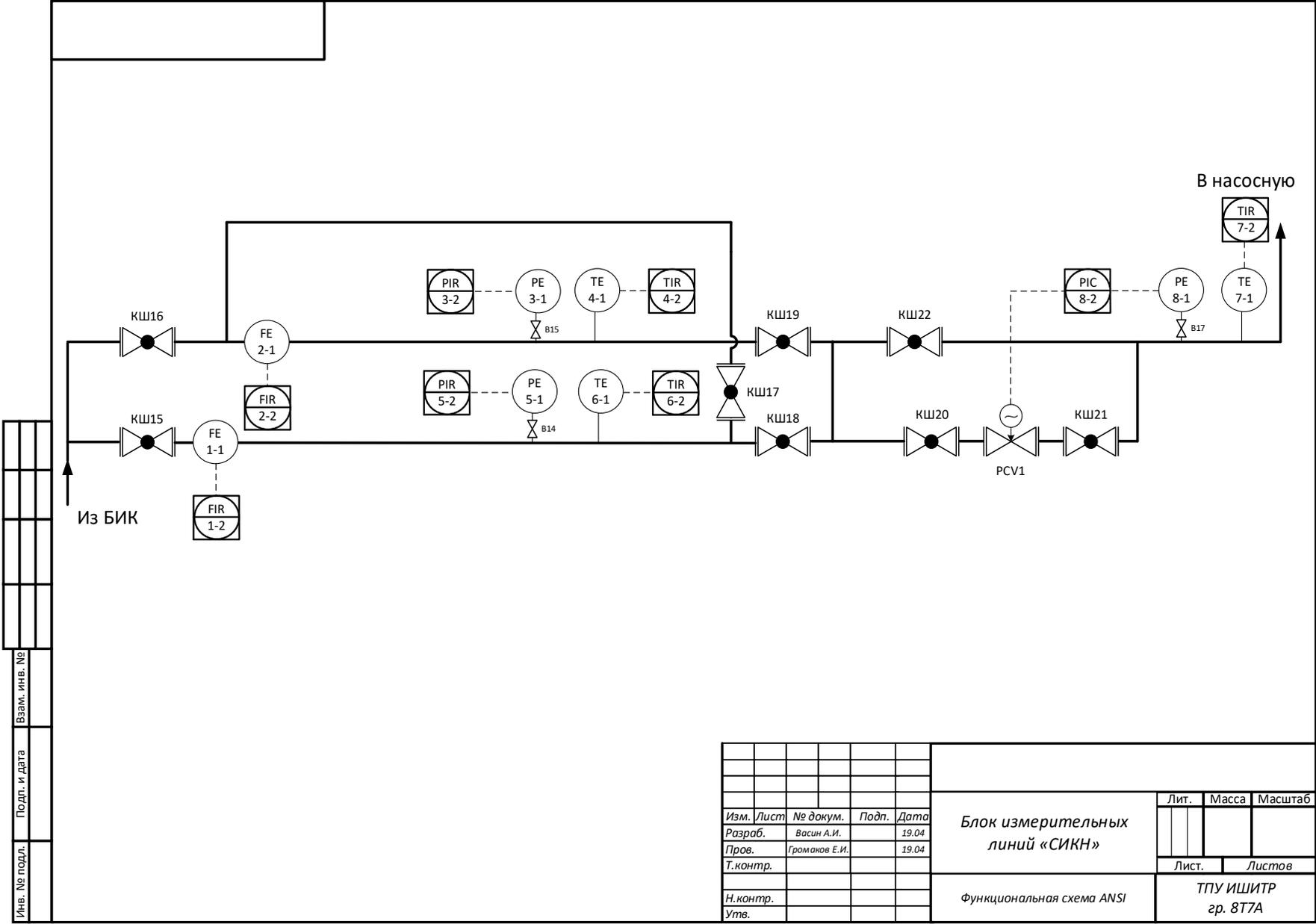
<b>Блок измерений и регулирования «СИКН»</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Функциональная схема БИР	Лист.	Листов	
ТПУ ИШИТР гр. 8Т7А			

## Приложение В (обязательное) Схема автоматизации



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Блок измерительных линий «СИКН»</b>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Васин А.И.			19.04				
Пров.	Громов Е.И.			19.04				
Т.контр.								
Н.контр.					Функциональная схема автоматизации	Лист.	Листов	
Утв.						ТПУ ИШИТР гр. 8Т7А		

Приложение Г (обязательное) Схема ANSI



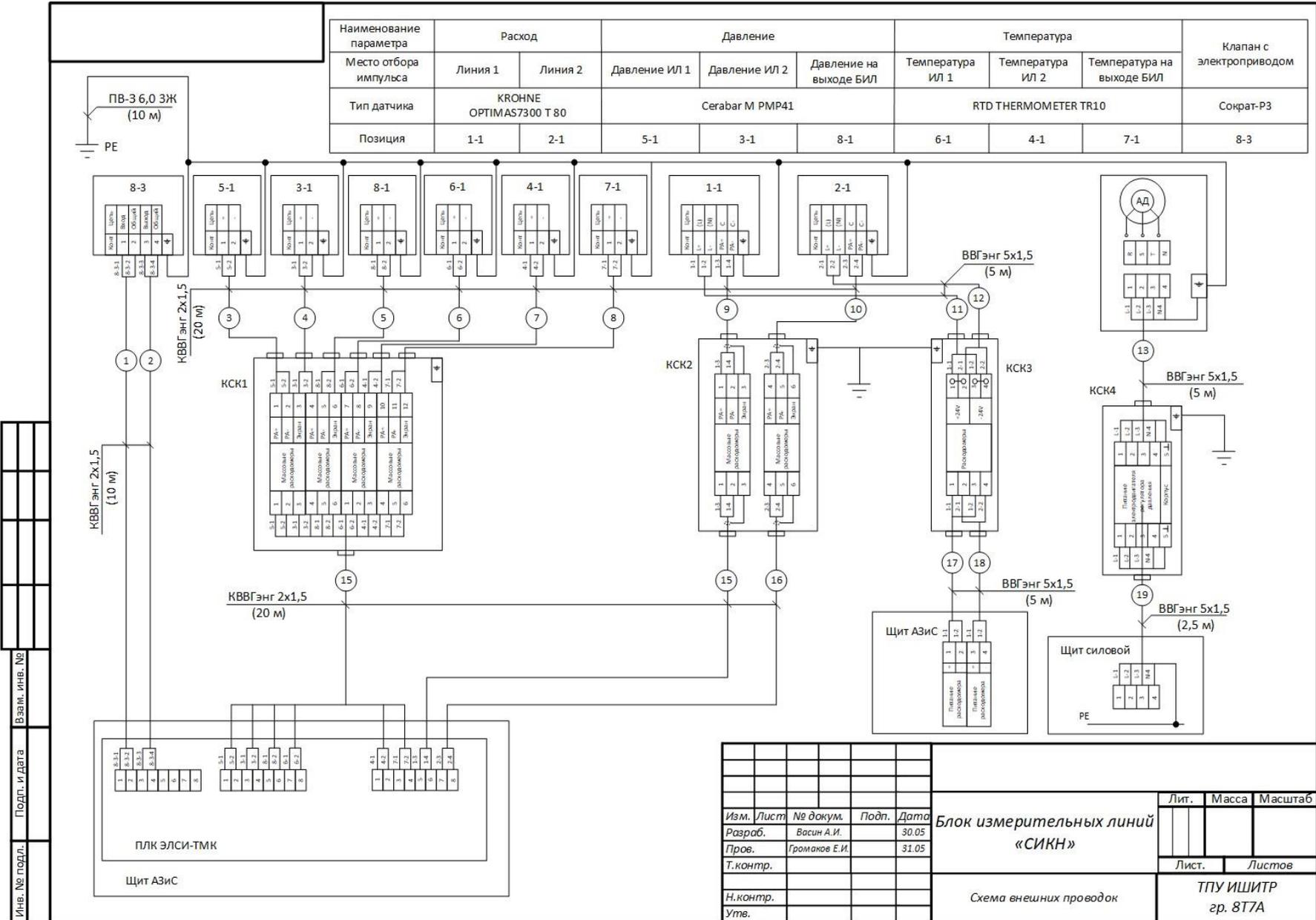
Инв. № подл.	
Подп. и дата	
Взам. инв. №	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Васин А.И.		19.04
Пров.		Громяков Е.И.		19.04
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Блок измерительных линий «СИХН»			Лит.	Масса	Масштаб
Функциональная схема ANSI			Лист.	Листов	
				ТПУ ИШИТР гр. 8Т7А	



# Приложение Е (обязательное) Схема внешних проводов



Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Васин А.И.	30.05		
Пров.	Громачев Е.И.	31.05		
Т.контр.				
Н.контр.				
Утв.				

Блок измерительных линий  
«СИКН»

Схема внешних проводов

Лит.	Масса	Масштаб
Лист	Листов	
ТПУ ИШИТР гр. 8Т7А		

# Приложение Ж (обязательное) Алгоритм сбора данных

