

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 15.03.04. Автоматизация технологических процессов и производств нефтегазовой отрасли  
 Отделение автоматизации и робототехники

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Автоматизированная систем управления насосной станцией</b>

УДК 681.51:628.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР	Громаков Евгений Иванович	Кандидат технических наук		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР	Семенов Николай Михайлович			

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Аверкиев Алексей Анатольевич			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин Александр Васильевич	Кандидат технических наук		

## Запланированные результаты обучения по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Уровень образования – Бакалавриат  
 Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения – осенний / весенний семестр 2020 / 2021 учебного года  
 Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Автоматизированная систем управления насосной станцией	50
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	25
	Социальная ответственность	25

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		26.02.21

**Консультант**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	—		26.02.21

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н.		27.02.21

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»  
 Отделение автоматизации и робототехники

**УТВЕРЖДАЮ:**  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ 12.05.21 Воронин А.В.  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович

Тема работы:

Автоматизированная система управления насосной станцией	
Утверждена приказом директора (номер, дата)	№ /138-47с от 18.05.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.21
--	----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объектом исследования является автоматизированная система управления насосной станцией. Режим работы непрерывный. Измерение давления на выходе насоса.
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводов; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранных форм АС;
	Моделирование работы системы регулирования.
<b>Перечень графического материала</b>	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208–2013; Структурная схема; Схема соединения внешних проводов; Схема информационных потоков; Экранная форма; Алгоритм пуска системы; Алгоритм останова системы;

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Аверкиев Алексей Анатольевич

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Громаков Евгений Иванович	к.т.н.		12.05.21
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	—		12.05.21

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04. Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления насосной станцией	
<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
1. Показатели оценки качества разработки. 2. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки. 3. Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта.	– Надежность; – Простота эксплуатации; – Повышенная надежность; – Безопасность; – Длительность срока эксплуатации;
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Потенциальные потребители результатов исследования. 2. Анализ конкурентных технических решений 3. Технология QuaD	– Анализ потенциальных потребителей, актуальность работы. – Анализ основных конкурентов. – Оценка качества и перспективности разработки.
4. Планирование в рамках научного исследования. 5. Бюджет научно-технического исследования.	– Оценка трудоемкости ВКР в календарных днях. – Расчет бюджета проекта

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

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
38Т61	Ткаченко Руслан Русланович

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

Тема ВКР:

Автоматизированная система управления насосной станцией	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	Рабочее место оператора ПЭВМ представляет из себя помещение закрытого типа, в котором установлен персональный компьютер. В помещении предусмотрена вентиляция, а также естественный и искусственный источники освещения. Основное рабочее оборудование – пульт диспетчера, второстепенное рабочее место – производственное помещение БКНС.
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.	— ТК РФ, N 197 – ФЗ – каждый работник имеет право. — <a href="#">ГОСТ 12.2.032 –78</a> ССБТ – требования к рабочему месту сидя. — <a href="#">ГОСТ 12.2.033 –78</a> ССБТ – требования к рабочему месту стоя. — ГОСТ 22269 – 76 ГССС – рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. — ГОСТ 21889 – 76 ГССС – Система «Человек-машина». Кресло человека-оператора. — ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
<b>2. Производственная безопасность:</b>	Анализ производственных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: <ul style="list-style-type: none"> <li>– освещенность; микроклимат;</li> <li>– уровень шума;</li> <li>– токком;</li> <li>– электромагнитное излучение.</li> </ul> Анализ опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

	<p>– электрический ток.</p> <p>На оператора могут влиять вредные производственные факторы: недостаточное освещение, неблагоприятный микроклимат в следующей последовательности:</p> <p>– электрический ток.</p> <p>На оператора могут влиять вредные производственные факторы: недостаточное освещение, неблагоприятный микроклимат помещения, повышенный уровень шума, повышенные уровень электромагнитного излучения, монотонный режим работы.</p> <p>Опасные факторы: поражение электрическим током, повышенная нагрузка на зрительные органы.</p> <p>Негативное влияние на окружающую среду практически отсутствует, но проявляется в виде бытовых отходов. Имеется вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, а именно пожара в результате короткого замыкания</p>
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Воздействие на атмосферу и гидросферу не происходит. В качестве воздействия на литосферу могут быть бытовые отходы (электронные устройства).
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Типичной чрезвычайной ситуацией для рабочего места оператора является – пожар.

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Аверкиев Алексей Анатольевич	-		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т61	Ткаченко Руслан Русланович		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа содержит 107 страницы, 27 рисунков, 41 таблицу, 38 использованных источников, 8 приложений.

Объектом исследования является блочная кустовая насосная станция.

Цель работы – проектирование системы автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией.

В результате была разработана системы автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией, основанная на контроллере SIMATIC S7-1200. Экранные формы разрабатывались с применением Siemens WinCC.

Пояснительная записка выполнена с помощью текстового редактора Google Docs. Графический материал выполнен в AutoCAD 2017.

Моделирование алгоритма автоматического регулирования производилось в Matlab Simulink.

Ключевые слова: блочная кустовая насосная установка, автоматизированная система регулирования давления нагнетательной линии, программируемый логический контроллер, пи-регулятор, мнемосхема.

## Содержание

Определения .....	15
Обозначения и сокращения.....	17
Введение.....	18
1. Обзор технического задания.....	20
1.1. Назначение и цели создания системы .....	20
1.2. Требования к автоматике.....	20
1.3. Требования к техническому обеспечению.....	22
1.4. Требования к программному обеспечению .....	22
2. Основная часть.....	24
2.1. Описание технологического процесса .....	24
2.2. Структурная схема АС.....	24
2.3. Функциональная схема автоматизации.....	25
2.4. Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013.....	26
2.5. Разработка схемы информационных потоков .....	26
2.6. Выбор средств реализации АС.....	28
2.6.1. Выбор ПЛК .....	28
2.6.2. Выбор датчиков.....	31
2.6.2.1. Выбор датчика температуры.....	31
2.6.2.2. Выбор датчика давления .....	32
2.6.2.3. Выбор датчика перепада давления.....	35
2.6.2.4. Выбор уровнемера .....	36
2.6.2.5. Выбор датчика тока .....	38
2.6.2.6. Выбор расходомера.....	40
2.6.3. Выбор исполнительных устройств.....	41
2.6.3.1. Выбор насосного агрегата.....	41
2.6.3.2. Выбор насосов маслосистемы .....	43
2.6.3.3. Выбор преобразователя частоты .....	44
2.7. Разработка схемы внешних проводок .....	45
2.8. Разработка алгоритмов управления.....	46

2.8.1.	Разработка алгоритма пуска.....	47
2.8.2.	Разработка алгоритма остановки.....	47
2.8.3.	Алгоритм автоматического регулирования.....	48
2.8.3.1.	Математическая модель системы.....	48
2.8.3.2.	Настройка регулятора.....	52
2.9.	Разработка экранных форм.....	62
3.1	Потенциальные потребители результатов исследования.....	65
3.2	Анализ конкурентных технических решений .....	66
3.3	Технология QuaD.....	67
3.4	Планирование научно-исследовательских работ .....	69
3.4.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	69
3.4.2	Определение трудоемкости и разработка графика выполнения работ.....	71
3.5	Бюджет научно-технического исследования.....	74
3.5.1	Расчет материальных затрат.....	74
3.5.2	Основная заработная плата исполнителей темы.....	75
3.5.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	76
3.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды .....	76
3.5.5	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	77
4	Социальная ответственность .....	80
	Введение.....	80
4.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... ..	80
4.2	Производственная безопасность .....	82
4.2.1	Освещенность .....	83
4.2.2	Уровень шума .....	87
4.2.3	Электромагнитное излучение .....	88
4.2.4	Электрический ток .....	90
4.3	Экологическая безопасность .....	90
4.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	92
	Заключение .....	95
	Список использованных источников .....	96

Приложение А Структурная схема.....	100
Приложение Б Трехуровневая структура АС.....	101
Приложение В Функциональная схема.....	102
Приложение Д Схема информационных потоков.....	103
Приложение Е Схема внешних проводок.....	104
Приложение Ж Алгоритм пуска и остановки системы.....	105
Приложение З Структурная схема САР.....	106
Приложение И Экранная форма.....	107

## Определения

**автоматизированная система:** Комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая, подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций [1].

**интерфейс:** Совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил взаимодействия (управления, контроля и т.д.) между элементами системы [2].

**протокол:** (CAN, OSI, ProfiBus, ModBus, HART, ProfiBus DP, ModBus DP, ModBus RTU) – набор правил и действий (очередности действий), позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в сеть устройствами [3].

**автоматизированное рабочее место:** программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA-системы [4].

**мнемосхема:** совокупность сигнальных устройств и сигнальных изображений оборудования и внутренних связей контролируемого объекта, размещаемых на диспетчерских пультах, операторских панелях или выполненных на персональном компьютере [5].

**техническое задание на АС:** утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы.

**технологический процесс:** часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. К предметам труда относятся заготовки и изделия. Технологический процесс может быть отнесен к изделию, его составной части или к методам обработки, формообразования и сборки [6].

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

**scada:** программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

**425280:** это код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом).

**стандарт:** образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними других подобных объектов.

**объект управления:** устройство (машина, агрегат, технологический процесс), состоянием которого можно и нужно управлять [7].

**программируемый логический контроллер:** специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. 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 [8].

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

## **Обозначения и сокращения**

БКНС – блочная кустовая насосная станция;

АСУ – автоматизированная система управления;

АС – автоматизированная система;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ЖКИ – жидкокристаллический индикатор;

ПЧ – преобразователь частот;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПО – программное обеспечение.

## **Введение**

Автоматизированная система управления обеспечивает автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, является одним из наиболее эффективных инструментов контроля и интенсификации производства. Кроме того, осуществляется минимизация негативного влияния человеческого фактора при подготовке и принятии управленческих решений. При этом остаётся возможность участия человека в отдельных операциях, как в целях сохранения человеческого контроля над процессом, так и в связи со сложностью или нецелесообразностью автоматизации отдельных операций.

В любом современном производстве необходима полноценная система сбора, обработки, представления и архивирования данных о состоянии технологических объектов, поступающих с различных участков предприятия и различных подсистем АСУ. Для осуществления полноценной работы системы существует необходимость оперативно получать информацию, контролировать работу в режиме реального времени, а также осуществлять мониторинг состояния элементов системы. Чтобы управлять такой системой, необходимо иметь данные о её параметрах на всём её протяжении. А эти параметры могут изменяться и в аварийной форме.

Наибольшим эффектом извлечения нефти характеризуются водонапорные режимы. Естественный водонапорный режим обеспечивается далеко не на каждом месторождении. Поэтому создается искусственный водонапорный режим. Основная задача участка ППД ЦДНГ – поддержание пластового давления, повышение нефтеотдачи пластов.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка проекта автоматизированной системы управления блочной кустовой насосной станцией. В начале были выделены точки автоматизации, затем подобраны современные средства измерения, которые обладают унифицированными сигналами, а также исполнительные механизмы, для

реализации систем. Одним из этапов является разработка экранных форм для оператора, которые позволяют наглядно следить за ходом технологического процесса.

## **1. Обзор технического задания**

### **1.1. Назначение и цели создания системы**

Автоматизированная система управления БКНС предназначена для:

- контроля состояния основного и вспомогательного технологического оборудования;
- управления исполнительными механизмами, как в автоматическом, так и в автоматизированном режиме;
- определения аварийных ситуаций и защиты насосных агрегатов и вспомогательного оборудования;
- поддержания пластового давления на заданном уровне, путем закачивания воды в нагнетательные скважины;
- визуальное представление информации о состоянии технологического процесса.

Цели создания АСУ:

- обеспечение оперативного контроля технологических параметров процесса;
- обеспечение безопасности работы основного и вспомогательного оборудования;
- уменьшение материальных и энергетических затрат;
- сокращение числа остановок и аварий технологического оборудования;
- обеспечение оптимального режима работы оборудования;
- достижение более высокого уровня автоматизации технологических объектов.

### **1.2. Требования к автоматике**

Система автоматизации АСУ ТП БКНС должна обеспечить следующее:

#### **1. Измерение:**

- температуры подшипников насоса;

- температуры подшипников электропривода насоса;
- расхода воды на входе насоса;
- расхода воды на выходе насоса;
- давление воды на входе насоса;
- давление воды на выходе насоса;
- перепад давления на фильтрах в маслосистеме;
- перепад давления на фильтре насоса;
- уровня масла в резервуарах маслосистемы;
- потребляемого тока насосным агрегатом.

2. Контроль дискретных параметров:

- состояния электродвигателя насосного агрегата;
- состояния насосов маслосистемы;
- наличие жидкости на входе.

3. Управление:

- электродвигателем насоса;
- насосами маслосистемы.

4. Индикацию:

- измеряемых параметров на дисплее АРМ;
- аварийных ситуаций на дисплее АРМ.

5. Сигнализацию:

- превышения максимального допустимого перепада давления на фильтрах;
- превышения максимально допустимого тока потребления электродвигателя;
- превышения максимально допустимой температуры подшипников;
- превышения максимально допустимых давлений на входе и выходе насоса;

– снижения уровня масла в резервуарах маслосистемы ниже критической отметки.

### **1.3. Требования к техническому обеспечению**

Оборудование, устанавливаемое на площадке объекта, должно быть устойчивым к воздействию температур от минус 10 °С до 50 °С и влажности не более 80 % при температуре 35 °С.

Программно-технический комплекс БКНС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также дополнительно иметь резерв по каналам ввода/вывода не менее 20 %.

Датчики, используемые в системе, должны отвечать требованиям взрывобезопасности. Чувствительные элементы датчиков должны быть выполнены из коррозионностойких материалов, так как соприкасаются с агрессивной средой. Электрические цепи должны быть искробезопасными.

Все датчики, используемые в системе, должны иметь унифицированные выходные сигналы: 4-20 мА; 0-10 В.

Контроллеры должны иметь необходимые интерфейсы для передачи данных на верхний уровень АСУ ТП, а именно Ethernet.

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

Программное обеспечение должно обеспечивать:

- регистрацию параметров, которые характеризуют технологических процесс;
- конфигурирование алгоритмов управления и защиты;
- управление исполнительными механизмами;
- конфигурирование отчетных документов;
- индикацию аварийных ситуаций.

Средства создания программ для ПЛК должны включать в себя языки программирования, которые соответствуют стандарту МЭК 61131-3.

## **1.5 Требования к информационному обеспечению**

По результатам проектирования должны быть представлены:

- состав, структура и способы организации данных в АС;
- порядок информационного обмена между компонентами и составными частями АС;
- структура процесса сбора, обработки, передачи информации в АС информация по визуальному представлению данных и результатам мониторинга.

В состав информационного обеспечения должна входить унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности [9].

## 2. Основная часть

### 2.1. Описание технологического процесса

Технологический процесс, функциональная схема которого представлена на рисунке 1 и в приложении А, обеспечивает автоматическое поддержание на выходе насосного агрегата давление  $216 \text{ кгс/см}^2$ .

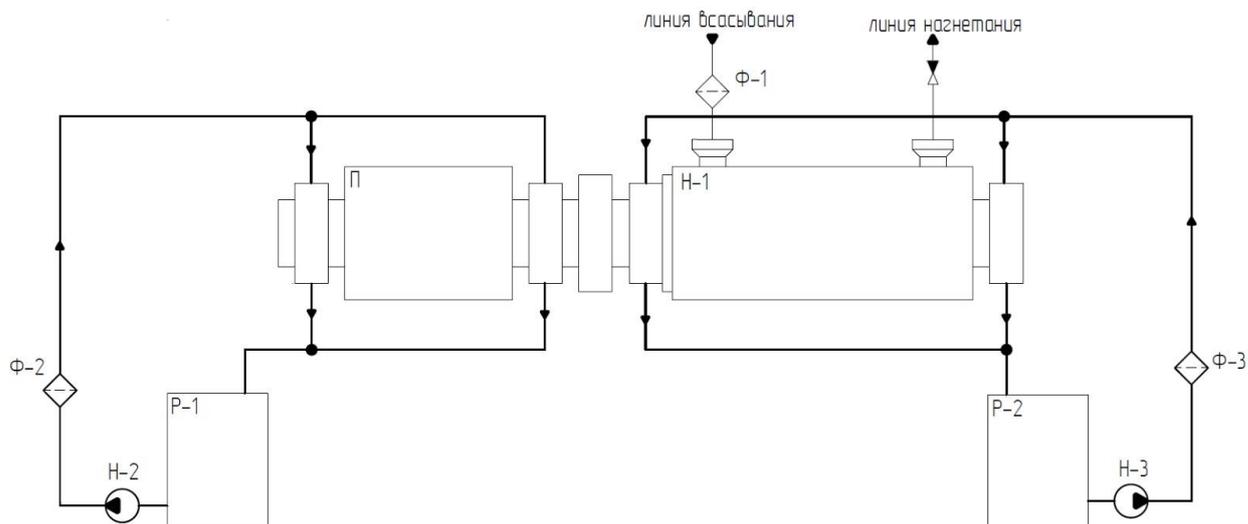


Рисунок 1 – Функциональная схема технологического процесса

Жидкость поступает по трубопроводу на линию всасывания насосного агрегата (Н-1), проходя при этом фильтр (Ф-1). После прохождения насосного агрегата жидкость поступает на линию нагнетания, по которой отправляется к нагнетательным скважинам.

Для поддержания рабочего режима трущихся деталей, сальников насосного агрегата предусмотрена система смазки. Масло подается из резервуаров (Р-1, Р-2) маслососами (Н-2, Н-3) через фильтры (Ф-2, Ф-3) к трущимся деталям. Из подшипников по сливному трубопроводу масло сливается в резервуар, где происходит частичное охлаждение масла за счет радиаторов, установленных на резервуарах.

### 2.2. Структурная схема АС

Объектом управления является центробежный насосный агрегат, управление технологическим процессом в котором сводится к управлению электроприводом. Централизованное управление реализуется командами

включить/выключить. Управление на полевом уровне заключается в автоматическом регулировании давления на входе насосного агрегата.

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков (измерительных преобразователей), осуществляющих сбор информации о параметрах технологического процесса, и исполнительных устройств, которые реализует регулирующие и управляющие воздействия. Исполнительными устройствами является электропривод насосного агрегата и насосы маслосистемы.

Средний уровень (контроллерный) состоит из ПЛК, который осуществляет:

- исполнение команд верхнего уровня;
- обмен информацией с верхним уровнем;
- сбор и первичную обработку информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое регулирование.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) состоит из компьютера, который соединен с ПЛК сетью Ethernet, в качестве передающей среды используется медная витая пара.

Разработанная трехуровневая архитектура представлена в приложении Б.

### **2.3. Функциональная схема автоматизации**

Функциональная схема автоматизации предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации ТП [10].

ФСА является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации. На функциональной схеме

изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации, защиты и блокировок [10].

Все элементы систем управления показываются в виде условных изображений и объединяются в единую систему линиями функциональной связи. Функциональная схема автоматического контроля и управления содержит упрощенное изображение технологической схемы автоматизируемого процесса. Оборудование на схеме показывается в виде условных изображений [10].

Разработаны функциональные схемы автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013.

#### **2.4. Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.208-2013**

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ГОСТ 21.208-2013 и приведена в приложении В. На схеме выделены каналы измерения (1, 3-14), сигнализации (1, 3 - 8, 10, 12-14) и управления (2, 8, 15).

#### **2.5. Разработка схемы информационных потоков**

Необходимо обратить внимание на то, что всего есть три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (сбор и обработка);
- средний уровень (текущее хранение);
- верхний уровень (архивное хранение).

Рассмотрим каждый из уровней подробнее. На нижнем уровне происходит сбор данных с датчиков, как правило, собираются аналоговые и дискретные сигналы, а также данные о вычислении и преобразовании.

Средним уровнем является маршрутизатор информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к экранным формам АРМ. На данном уровне ПЛК формирует пакетные данные и отправляет их на верхний уровень к SCADA-системам.

Верхний уровень представляет из себя базу данных АСУ ТП. Информация на данном уровне отображается в виде экранных форм или мнемосхем, которые видит оператор на своём мониторе. На форме выводятся различные информационные и управляющие элементы, а также отчеты.

Разработанная схема информационных потоков представлена в приложении Д.

Для того чтобы идентифицировать элементы контроля и управления, используются идентификаторы (шифры). Структура идентификаторов имеет вид:

AAA\_BBBB\_CCC, где:

– AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:

- PRS – давление;
- TMP – температура;
- LVL – уровень;
- PRD – перепад давления;
- FLW – расход.

– BBBB – код технологического аппарата, 4 символа, может принимать следующие значения:

- TNK1 – резервуар маслосистемы 1;
- TNK2 – резервуар маслосистемы 2;
- MTR0 – привод насоса;
- PMP1 – насос;
- PMP2 – насос маслосистемы привода;
- PMP3 – насос маслосистемы насоса;
- SCLN – всасывающая линия;
- DCLN – линия нагнетания;
- FTR1 – фильтр 1;
- FTR2 – фильтр 2;

- FTR3 – фильтр 3.
- CCC - уточнение, третий символ, может принимать следующие значения:
  - FRB – «свободный» подшипник;
  - TMB – подшипник передачи.

## 2.6. Выбор средств реализации АС

### 2.6.1. Выбор ПЛК

В качестве ПЛК в данной работе был выбран SIMATIC S7-1200 (рисунок 2).

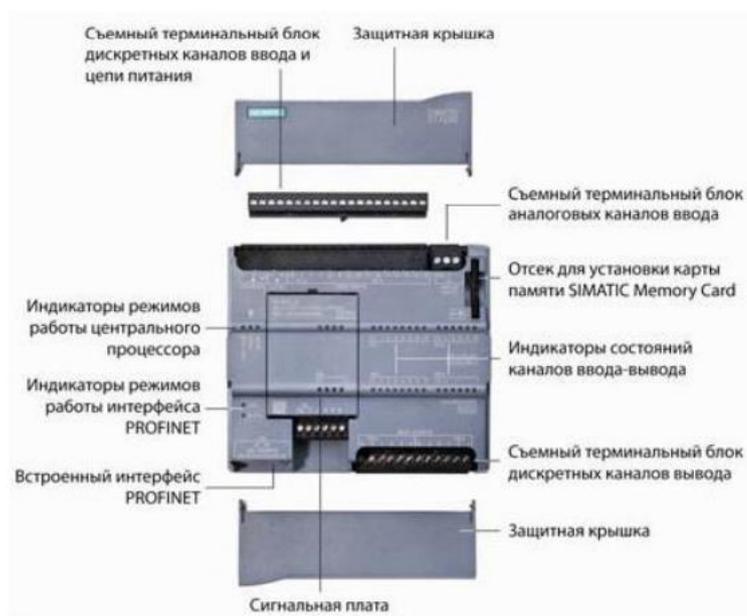


Рисунок 2 – SIMATIC S7-1200

Семейство программируемых контроллеров SIMATIC S7-1200 фирмы Siemens предназначены для построения относительно простых и дешевых систем автоматического управления. Они обладают высокой производительностью: высокая скорость выполнения инструкций и, как следствие, малое время цикла выполнения программы. Наличие скоростных счетчиков внешних событий, расширяющих возможные области применения контроллеров. Скоростная обработка запросов на прерывание. Контроллеры SIMATIC S7-1200 обладают высокой универсальностью: возможность

расширения системы управление за счет подключения дополнительных модулей ввода-вывода. Технические характеристики S7-1200 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики S7-1200

Рабочая память	75 КБ
Время выполнения операций	логических - 0,08 мкс с фиксированной точкой – 0,5 мкс с плавающей точкой – 0,6 мкс
Кол-во каналов ввода-вывода, дискретных / аналоговых, не более	284/67
Языки программирования	LAD, FBD, SCL
Напряжение питания	24 В
Диапазон рабочих температур	От минус 10 до 50 °С
Степень защиты	IP20

Мощная система команд для быстрой и удобной обработки информации в любых практических применениях. Множество дополнительных характеристик: PPI интерфейс, поддерживающий программирование, выполнение процедур обслуживания человеко-машинного интерфейса, последовательного обмена данными с различной аппаратурой. Дружественные пакеты программирования STEP 7 Micro/Win и STEP 7 Micro/DOS. Трехуровневая парольная защита программ пользователя. Текстовый дисплей TD200 и широкий спектр панелей оператора, позволяющих создавать удобный человеко-машинный интерфейс.

Индикаторы на передней панели процессора позволяют отслеживать состояние контроллера и неисправности:

- STOP/RUN

- Постоянно горящий оранжевый свет указывает на состояние STOP.
- Постоянно горящий зеленый свет указывает на режим RUN.
- Мигающий (попеременно зеленый и оранжевый) указывает, что CPU находится в состоянии запуска.

- ERROR

- Мигающий красный указывает на ошибку, например, внутреннюю ошибку в CPU, ошибку карты памяти или ошибку конфигурирования (несогласованные модули).
- Постоянно горящий красный указывает на неисправность аппаратуры.

- MAINT (обслуживание) мигает всякий раз при вставке карты памяти. Затем CPU переходит в состояние STOP. После того как CPU перешел в состояние STOP, выполните одно из следующих действий, чтобы инициировать анализ карты памяти:

- Переведите CPU в режим RUN.
- Выполните полное стирание памяти (MRES).
- Выключите CPU и включите его снова.

CPU предоставляет также два светодиода, которые указывают состояние связи через PROFINET.

- Link [соединение] (зеленый) включается, чтобы показать, что соединение выполнено успешно.
- Rx/Tx (желтый) включается, чтобы показать активность передачи.

CPU и каждый цифровой сигнальный модуль (SM) имеют по одному светодиоду канала ввода/вывода для каждого из цифровых входов и выходов. Светодиод канала ввода/вывода (зеленый) включается или выключается, чтобы показать состояние отдельного входа или выхода.

## 2.6.2. Выбор датчиков

### 2.6.2.1. Выбор датчика температуры

Для измерения температуры проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- Метран ТСМУ-274;
- Метран ТСМУ-55;
- WIKA UT10;
- Метран-280.

Результаты сравнения сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Обзор датчиков температуры

Критерии выбора	Метран ТСМУ-274	Метран ТСМУ-55	WIKA UT10	Метран-280
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды
Диапазон измеряемых температур	от минус 50 до 180 °С	От минус 50 до 150 °С	От минус 30 до 150 °С	От минус 40 до 70°С
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,25 %	0,20 %	0,15 %
Потребляемая мощность	Не более 0,5 Вт	0,5	-	-
Выходной сигнал	4-20 мА +HART	4–20 мА	4–20 мА +HART	4–20 мА +HART
Взрывозащищенность	ExdIICT6	ExdIICT6	EExiaIICT6	ExdeIICT6
Температура окружающей среды	От минус 50 до 85 °С		От минус 40 до 60 °С	От минус 40 до 60 °С

Срок службы	5 лет	5 лет	5 лет	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP65 [7]	-	IP63 [8]	IP65 [7]

Датчик температуры Метран-280 (рисунок 3).

Датчик температуры для точных измерений в составе автоматических систем управления технологическими процессами. Передача информации об измеряемой температуре в виде постоянного тока 4-20 мА или по цифровому каналу в соответствии с HART-протоколом [13].



Рисунок 3 – Датчик температуры Метран-280

Основными критериями при выборе датчика стали пылевлагозащищенность и приведенная погрешность. В итоге был выбран датчик температуры Метран-280. Выбранный датчик гарантирует точную и надежную передачу результатов измерения температуры.

#### **2.6.2.2. Выбор датчика давления**

Для задачи измерения давления проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- Сапфир-22М;
- Rosemount 3051С;
- КВАРЦ-2;
- Метран - 150;
- Метран серии 3051.

Результаты сравнения сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Обзор датчиков давления

Критерии выбора	Сапфир-22М	Rosemount 3051C	КВАРЦ-2	Метран - 150	Метран серии 3051
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар				
Диапазоны пределов измерений	-	0–13,8 МПа	0–10 МПа	0–27 МПа	0–13,8 МПа
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,075 %	0,1 %	0,075 %	0,075 %
Перестройка диапазонов измерений	-	100:1	-	100:1	100:1
Выходной сигнал	4–20 мА	4–20 мА +HART	4–20 мА	4–20 мА +HART	4–20 мА+HART
Взрывозащищенность	Ex	ExiaIICT5	ExiaIICT5X	ExibIICT5X	ExdIICT5
Температура окружающей среды	От минус 50 до 80 °С	От минус 40 до 85 °С	От минус 40 до 65 °С	От минус 55 до 80 °С	От минус 40 до 85 °С
Наличие ЖКИ	нет	да	нет	да	да
Срок службы	12 лет	12 лет	6 лет	12 лет	12 лет
Степень защиты от пыли и воды	-	IP65	IP54	IP65	IP65



Рисунок 4 – Метран – 150

В итоге был выбран датчик давления Метран-150 (Рисунок 4), так как может измерять большее давление рабочей среды, а также имеет более широкий диапазон рабочих температур.

Интеллектуальные датчики давления серии Метран-150 предназначены для измерения и непрерывного преобразования в унифицированный аналоговый токовый сигнал и/или цифровой сигнал в стандарте протокола HART следующих входных величин: давления избыточного, абсолютного, разности давлений [14].

Датчики Метран-150 обладают поворотным электронным блоком и ЖКИ. Датчики Метран-150 изготавливаются в соответствии с самыми высокими требованиями к контрольно-измерительным приборам. Метран-150 сохраняют работоспособность при кратковременном повышении токов или напряжений сверх установленных величин - имеют высокую перегрузочную способность, обладают защитой от переходных процессов. Непрерывная самодиагностика датчика дает необходимый уровень надежности и защищенности технического процесса [14].

### 2.6.2.3. Выбор датчика перепада давления

В данной работе использован датчик разности давлений (перепада давлений) Курант ДД (рисунок 6).



Рисунок 6 – Датчики разности давлений Курант ДД

В дифманометрических датчиках, к которым относятся датчики разности давлений (перепада давлений) Курант ДД, мембранный элемент сравнивает два рабочих давления контролируемой среды и имеет два явных входа, что и обеспечивает измерение разности давлений. Такой датчик является наиболее универсальным и может использоваться для измерений избыточного давления и разрежения [15].

Особенностью большинства дифманометрических датчиков является то, что они рассчитаны на измерение относительно малых перепадов давлений на фоне значительно большего избыточного давления и многократной односторонней перегрузки этим давлением [15].

Датчик имеет следующие особенности:

- он имеет модульную конструкцию, включающую механически соединенные первичный измерительный блок с расположенным в нем тензопреобразователем и блок электроники;
- первичный блок выполнен в корпусе преимущественно из нержавеющей сталей и сплавов;

– датчик настраивается и, при необходимости, переключается потребителем на один из диапазонов модели в интервале (как правило) от 10 до 100 % максимального верхнего предела;

– датчик имеет фильтр защиты электронного блока, обеспечивающий безопасность прибора при скачках напряжения и подавляющий помехи, повышая тем самым надежность и помехоустойчивость датчика [15].

Таблица 4 – Технические характеристики Курант ДД

Диапазон измерений	0,16 кПа...16 МПа
Пределы допускаемой погрешности	0,5 %
Перегрузка	150 % (1,5 - кратная)
Выходной сигнал	4...20 мА
Питание	12...36 В
Пылевлагозащищенность	IP65
Диапазон рабочих температур	От минус 40 до 80 °С

#### 2.6.2.4. Выбор уровнемера

Для задачи измерения уровня проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- KRONHE BM-100 А;
- Метран-УЛМ-11;
- ДУУЗ–01;
- Сапфир-22ДУ.

Сравнение уровнемеров приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Обзор уровнемеров

Критерии выбора	ДУУЗ-01	Сапфир 22ДУ	УЛМ-11	KRONHE BM-100 A
Измеряемые среды	Жидкость	Жидкость	Жидкость, сыпучие продукты	Жидкость, сжиженный газ
Диапазон измеряемых уровней	0–4000 мм	600– 2500 мм	600–30000 мм	0–46000 мм
Предел допускаемой погрешности	± 0,25 %	± 0,5 %	± 0,005 %	± 0,01 %
Выходной сигнал	4–20 мА	4–20 мА	4–20 мА +HART	4–20 мА +HART
Взрывозащищеннос ть	ExibIIВТ5	ExdIIВТ4	ExdIIВТ6	ExibIIВТ6-Т3
Температура окружающей среды	От минус 45 до 75 °С	От минус 50 до 50 °С	От минус 50 до 50 °С	От минус 40 до 85 °С
Срок службы	10	10	20 лет	-
Возможность измерения уровня раздела двух жидкостей	да	да	нет	да
Метод измерения	Контактны й	Контактны й	Бесконтактны й	Бесконтактны й

В итоге был выбран уровнемер УЛМ-11 (Рисунок 6), так как является бесконтактным уровнемером и имеет абсолютную погрешность меньше, чем датчик уровня ДУУ2М.

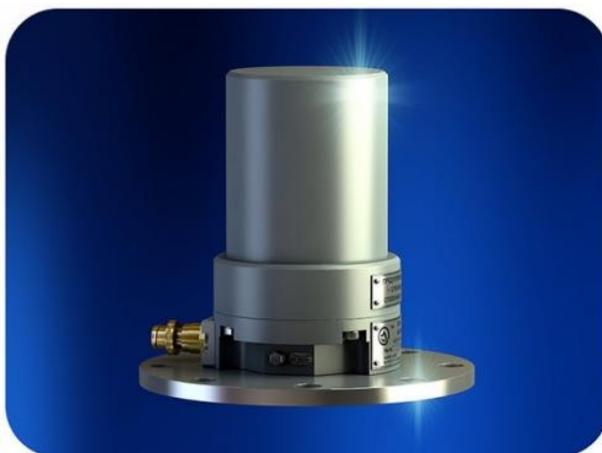


Рисунок 6 – УЛМ-11

Высокоточный бесконтактный радарный уровнемер УЛМ-11 обладает высочайшей чувствительностью. Предназначен для измерения уровня как жидких продуктов, так и сыпучих материалов, как нейтральных, так и агрессивных: нефти, мазута, бензина, дизельного топлива, масла, кислот, щелочи, пульпы, воды, растительного масла, пива, угля, угольной пыли, цемента, клинкера, руды, зерна и т.д. [16].

Применяемая в уровнемерах УЛМ-11 технология непрерывного измерения (FMCW), позволяет надежно измерять уровень большого спектра продуктов в различных режимах эксплуатации. Данная технология обеспечивает стабильные и точные измерения уровня вне зависимости от амплитуды отраженного сигнала. Взрывозащищенное исполнение - ExdIIВТ6 [16].

#### **2.6.2.5. Выбор датчика тока**

В качестве датчика тока был выбран датчик ДТХ-Т (рисунок 7).



Рисунок 7 – Датчик тока ДТХ-Т

Датчик состоит из корпуса, печатной платы, на которой закреплен кольцевой магнитопровод с компенсационной обмоткой и электронной схемы. Составным элементом является специальный датчик Холла, который находится в зазоре магнитопровода и работает как "0"-индикатор. Проводник с током проходит через отверстие в корпусе датчика без разрыва измеряемой цепи. Может крепиться на DIN-рейку при помощи промежуточной планки [17].

Таблица 6 – Технические характеристики ДТХ-Т

Диапазон измеряемых токов	0...300 А
Допустимая перегрузка по измеряемому току	150 %
Диапазон рабочих температур	От минус 20 до 70 °С
Основная приведенная погрешность	1 %
Выходной сигнал	4...20 мА
Напряжение питания	15 В

### 2.6.2.6. Выбор расходомера

При выполнении выпускной квалификационной работы были рассмотрены два варианта расходомеров: FLUXUS F808 (рисунок 8) и ЭМИС-ПЛАСТ 220 (рисунок 9).



В итоге был выбран расходомер FLUXUS F808, так как обладает лучшими техническими характеристиками, а именно имеет меньшую погрешность измерения, больший диапазон рабочих температур и возможность установить на трубы большего диаметра.

Расходомер FLUXUS F808 является ультразвуковым, соответственно, использует метод разности времени прохождения. Ультразвуковые сигналы посылаются первым датчиком, установленным на трубе, и принимаются вторым датчиком. Сигналы попеременно посылаются по и против направления потока.

Поскольку среда, через которую распространяется сигнал, находится в движении, то время прохождения звукового сигнала в направлении потока меньше, чем время прохождения сигнала против потока.

Расходомер измеряет разницу во времени прохождения  $\Delta t$  и на основании этой величины рассчитывает среднюю скорость потока вдоль пути распространения сигнала. С поправкой на профильное сечение потока, прибор

рассчитывает скорость потока через поперечное сечение, которая пропорциональна объемному расходу.

Весь процесс измерения управляется интегрированными микропроцессорами. Расходомер проверяет специальным электронным блоком поступающие ультразвуковые сигналы на пригодность для поведения измерений и оценивает достоверность результатов значений. Паразитные сигналы подавляются.

Рассмотрим сравнительную таблицу выбранных расходомеров:

Таблица 7 – Обзор расходомеров

	FLUXUS F808	ЭМИС-ПЛАСТ 220
Диаметр трубы	6...12000 мм	8...300 мм
Предел допускаемой относительной погрешности	0,5 %	1 %
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Напряжение питания	20...32 В	24 В
Пылевлагозащита	IP 66	IP 65
Диапазон рабочих температур	От минус 40 до 60 °С	От минус 40 до 55 °С

### 2.6.3. Выбор исполнительных устройств

#### 2.6.3.1. Выбор насосного агрегата

В качестве насосного агрегата для перекачки воды был выбран насос 1Д315-71 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Насос 1Д315-71

Насос 1Д315-71 – представляет собой горизонтальный, одноступенчатый, с рабочим колесом двустороннего входа, центробежный электронасос для перекачивания воды. Технические характеристики 1Д315-71 приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики 1Д315-71

Подача	315 м <sup>3</sup> /ч
Напор	71 м/ вод.ст
Диаметр рабочего колеса	240 мм
Кавитационный запас	6,3 м

Для привода агрегата применяется асинхронных электродвигатель АИР280S2. Технические характеристики АИР280S2 приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Технические характеристики АИР280S2

Мощность	110 кВт
Частота вращения	2975 об/мин

Ток статора	198 А
КПД	93,7 %
Коэффициент мощности	0,9

### 2.6.3.2. Выбор насосов маслосистемы

В качестве насосов для перекачки масла в маслосистеме используются насосы Viscomat 60/2 (рисунок 11).



Рисунок 11 – Насос Viscomat 60/2

Шестеренчатый насос для различных масел Viscomat 60/2 предназначен для перекачки большого количества продукта при среднем давлении. Технические характеристики Viscomat 60/2 приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики Viscomat 60/2

Производительность	0,6 м <sup>3</sup> /ч
Давление	0,4 МПа
Напряжение питания	24 В
Уровень шума	70 дБ

Вес	4,9 кг
Цена	17000 рублей

### 2.6.3.3. Выбор преобразователя частоты

Исходя из параметров электропривода насосного агрегата, а именно мощности и номинального тока статора, был выбран преобразователь частоты HYUNDAI N700V-1100HF (рисунок 12).



Рисунок 12 – Преобразователь частоты HYUNDAI N700V-1100HF

ПЧ HYUNDAI N700V-1100HF - универсальный преобразователь частоты с улучшенным векторным управлением, обеспечивающим высокие динамические характеристики, малое время реакции привода на изменение нагрузки, предназначен для управления общепромышленным электроприводом. Технические характеристики HYUNDAI N700V-1100HF приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические характеристики HYUNDAI N700V-1100HF

Область применения	насосы / вентиляторы
Мощность	110 кВт
Номинальный ток	217 А

Напряжение питания	380 В
Выходная частота	0,1...400 Гц
Пылевлагозащищенность	IP 20
Перегрузка (в течение минуты)	150 %
Цифровой интерфейс/протокол	порт RS485/ Modbus
ПИД-управление	ПИД-регулятор встроен
Диапазон рабочих температур	От минус 10 до 50 °С

## 2.7. Разработка схемы внешних проводок

В процессе выполнения работы была разработана схема внешних проводок, она приведена в приложении Е. На схеме показаны проводки следующих датчиков: датчиков температуры, датчиков давления, расходомеров, уровнемеров, датчика тока и датчиков перепада давления.

Для передачи сигналов был выбран кабель КВВГЭнг (рисунок 13).



Рисунок 13 – Кабель КВВГЭнг

КВВГЭнг – это кабель с медными токопроводящими жилами с пластмассовой изоляцией в пластмассовой оболочке, с защитным покровом. Он служит для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам и распределительным устройствам номинальным переменным напряжением до 660 В частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В, при температуре окружающей среды от минус 50 °С до 50 °С.

Кабель КВВГЭнг предназначен для прокладки в помещениях и кабельных сооружениях при отсутствии опасности механических повреждений при эксплуатации и защиты электрических цепей от влияния внешних электрических полей, а также для обеспечения пожарной безопасности кабельных цепей при прокладке в пучках. Технические характеристики КВВГЭнг приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Технические характеристики КВВГЭнг

Диапазон рабочих температур	От минус 30 до 50 °С
Минимальная температура прокладки кабеля без предварительного подогрева	Минус 15 °С
Минимально допустимый радиус изгиба при прокладке	одножильного кабеля - 10 диам. кабеля многожильного кабеля - 7,5 диам. кабеля
Срок службы	30 лет
Гарантийный срок эксплуатации	5 лет

## 2.8. Разработка алгоритмов управления

В автоматизированных системах используются различные алгоритмы, такие как:

- алгоритмы запуска/останов технологического оборудования;
- ПИД-алгоритмы, для автоматического регулирования;
- технологических параметров;
- алгоритмы защиты;

- алгоритмы централизованного управления.

При выполнении блок-схем алгоритмов использовались элементы согласно ГОСТ 19.701-90.

### **2.8.1. Разработка алгоритма пуска**

Данный алгоритм запускает насосный агрегат в работу. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не происходит.
2. Проверяется давление на всасывающей (наличие воды), если оно не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
3. Проверяется уровень масла в резервуаре 1, если он не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
4. Проверяется уровень масла в резервуаре 2, если он не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
5. Проверяется температура подшипников привода, если она не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
6. Проверяется температура подшипников насоса, если она не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
7. Проверяется перепад давления на фильтрах 1, 2, 3, если он не в норме, то выдается соответствующее сообщение.
8. Команда на ПЧ для запуска привода.

Блок-схему данного алгоритма можно увидеть в приложении Ж.

### **2.8.2. Разработка алгоритма остановки**

Данный алгоритм останавливает насосный агрегат. Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Проверка поступления команды от оператора, если нет, то ничего не происходит.
2. Обнуление счетчика команд.
3. Команда на ПЧ для остановки привода.

4. Проверка остановки привода. Если не остановлен, увеличение значение счетчика, на 1, далее проверка значения счетчика, при значении равном 10 выдается сообщение об аварии, при значении меньшем 10 возврат к 3 пункту алгоритма. Если провод остановлен, то продолжает выполнение алгоритма и выполняется пункт 5.

5. Остановка насоса маслосистемы привода.

6. Остановка насоса маслосистемы насоса.

Блок-схему данного алгоритма можно увидеть в приложении Ж.

### **2.8.3. Алгоритм автоматического регулирования**

#### **2.8.3.1. Математическая модель системы**

В качестве регулируемой величины выступает давление в трубопроводе линии нагнетания насоса.

В качестве алгоритма регулирования используется алгоритм ПИД-регулирования, который позволяет обеспечить достаточно малое время переходного процесса, а также обладает устойчивостью к внешним возмущениям.

ПИД-регулятор – преобразующее устройство, формирующее на основе ошибки  $e$  управляющее воздействие на объект управления [7].

Формирование управляющего сигнала осуществляется на основании суммы трёх составляющих, первое из которых пропорционально сигналу рассогласования, второе интеграл сигнала рассогласования, третье является производной сигнала рассогласования [18].

Схема автоматического регулирования (рисунок 14) состоит из: входное воздействие (уставка), ПЛК (реализующий функцию ПИД-регулятора), преобразователь частоты, асинхронный двигатель (привод), объект управления (трубопровод) и датчик давления (является обратной связью).

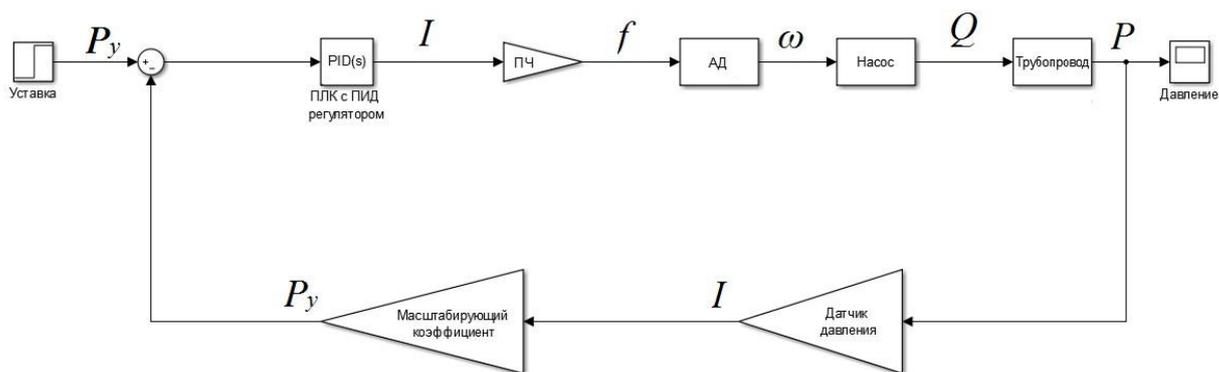


Рисунок 14 – Схема автоматического регулирования

Объектом управления является участок трубопровода нагнетательной линии. Оператор с помощью экранной формы задает давление, которое необходимо поддерживать в трубопроводе. Эта уставка подается в ПЛК, где происходит сравнение уставки со значением текущего давления, полученного с датчика давления. Затем происходит формирование выходного сигнала, этот сигнал подается на преобразователь частот, который формирует частоту для асинхронного двигателя.

Рассмотрим линеаризованную модель системы, для этого рассмотрим передаточные функции звеньев, входящих в данную модель.

### Трубопровод

Передаточная функция объекта управления описывается аperiodическим звеном первого порядка

$$W_{\text{тр}} = T \frac{k_{\text{тр}}}{s+1}. \quad (1)$$

Коэффициенты определяются по формулам:

$$k_{\text{тр}} = QP = 31527 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0857; \quad (2)$$

$$T = LV; \quad (3)$$

$$v = QS; \quad (4)$$

$$S = 4\pi d^2; \quad (5)$$

где:  $v$  – скорость течения жидкости;

$L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;

Q – измеряемый объемный расход жидкости;

S – площадь сечения трубы;

d – диаметр трубы.

Укажем в таблице 13 все необходимые характеристики трубопровода.

Таблица 13 – Характеристики трубопровода

Характеристика	Значение
Диаметр трубы, d	0,15 м
Объемный расход, Q	0,0875 м <sup>3</sup> /с
Длина участка, L	20 м

Произведем необходимые расчеты:

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} = 0,01765;$$

$$V = \frac{0,0875}{0,01765} = 4,95751;$$

$$T = \frac{20}{4,95751} = 4,0344;$$

Получаем передаточную функцию трубопровода:

$$W_{\text{тр}} = \frac{0,0857}{4,0344 \cdot s + 1}. \quad (6)$$

### **Преобразователь частоты**

ПЧ формирует частоту для асинхронного двигателя, поэтому его передаточная функция будет определяться коэффициентом преобразования:  $f = 60$  Гц

$$K_{\text{пп}} = I = 16 \text{ мА};$$

### **Асинхронный двигатель**

АД представляет из себя апериодическое звено, которое преобразует энергию электрическую энергию в угловую скорость вращения вала:

$$W_{ад} = \frac{K_{ад}}{T_{ад} * s + 1}. \quad (7)$$

Коэффициент передачи двигателя определяется как отношение угловой  $\omega_{ад}$  скорости к частоте питающей сети  $f$ , в номинальном режиме:

$$K_{ад} = \frac{2 * 3,14 * 2975}{60 * 50} = 6,23.$$

Постоянную времени двигателя примем равной  $T_{ад} = 0,9$  и получим передаточную функцию:

$$W_{ад} = \frac{6,23}{0,9 * s + 1}.$$

Необходимо учесть, что максимальная частота, выходящая из ПЧ, равняется 60 Гц, следовательно, необходимо ограничить максимальную скорость вращения вала электродвигателя в Simulink. Для начала найдем величину скольжения выбранного электродвигателя:

$$s = \frac{1 - n_{ном}}{1 - n_c} = \frac{2975}{3000} = 0,0083.$$

Вычислим синхронное число оборотов электродвигателя при частоте питающей сети 60 Гц:

$$n_c = \frac{60 * f}{p} = \frac{60 * 60}{1} = 3600 \text{ об/мин.} \quad (9)$$

Вычислим число оборотов для асинхронного электродвигателя:

$$n = n_c \cdot (1 - s) = 3600 \cdot (1 - 0,0083) = 3574 \text{ об/мин.} \quad (10)$$

После АД в Simulink поставим звено ограничения, которое ограничит верхний предел скорости вращения вала. Верхний предел скорости вращения равен 3574 об/мин, или 374,08 рад/с.

### **Насос**

Насос представляет из себя аperiodическое звено, которое преобразует скорость вращения вала в энергию, сообщаемую перекачиваемой жидкости (производительность насоса):

$$W_H = \frac{K_H}{T_H * s + 1}. \quad (11)$$

Коэффициент передачи насоса в статическом режиме определяется как отношения производительности (объем перекачиваемой жидкости в единицу времени)  $Q$  к номинальной скорости асинхронного двигателя (привода) АД:

$$K_H = \frac{Q}{\omega_{ад}} = \frac{315}{311} = 1,01. \quad (12)$$

Постоянную времени насоса примем равной  $T_H = 0,2$  и получим передаточную функцию:

$$W_H = \frac{1,01}{0,2*s+1}.$$

### Датчик давления

Так как датчик давления преобразует значение давления в токовый сигнал, его передаточная функция будет выглядеть:

$$W_{ДД} = P\mathit{max} = \frac{16}{27} = 0,5926. \quad (13)$$

### Масштабирующий коэффициент

Передаточная функция масштабирующего коэффициента будет обратной к передаточной функции датчика давление, т.к. с помощью данного коэффициента ПЛК восстанавливает значение давления из токового сигнала:

$$W_{МК} = 1,6875.$$

Получаем математическую модель системы (рисунок 15).

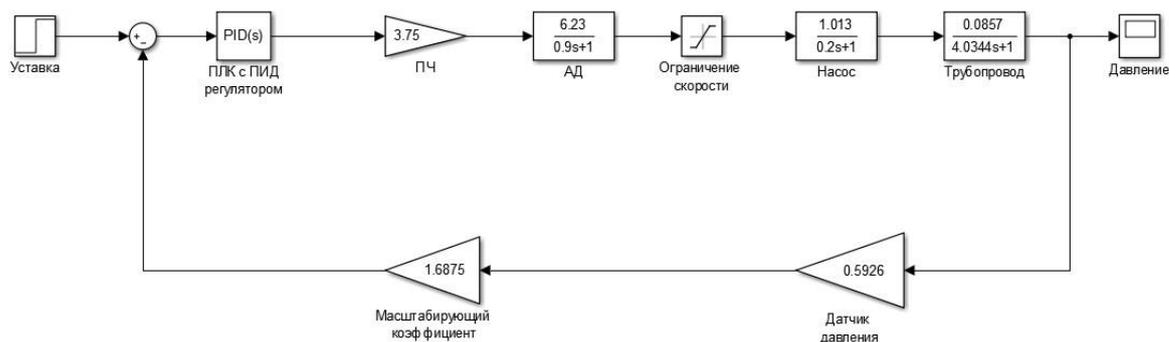


Рисунок 15 – Система автоматического регулирования  
Операторно-структурная схема изображена в приложении 3.

### 2.8.3.2. Настройка регулятора

В системе автоматического регулирования используется ПИ-регулятор. Структура ПИ-регулятора представлена на рисунке 16.

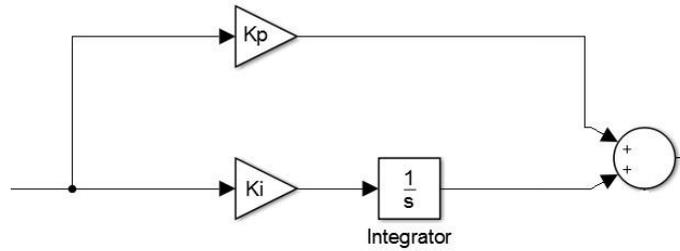


Рисунок 16 – Структура ПИ-регулятора

Формирование управляющего воздействия ПИ-регулятора происходит в соответствии с разницей между уставкой и значением давления в трубопроводе на выходе насоса, приведенных к унифицированному токовому сигналу. Управляющее воздействие направляется на привод (асинхронный двигатель) насоса, который осуществляет перекачку жидкости.

Сознательный отказ от дифференциальной составляющей объясняется тем, что дифференциальная составляющая усиливает шумы в сигнале. Для избавления от шумов можно применить высокочастотные фильтры, но это приведет к задержке при получении регулятором измеряемых значений, в свою очередь это отрицательно скажется на работоспособности систем.

Настройка регулятора проводилась с помощью двух методов – метода Циглера-Никольса (ЦН) основанного на реакции на ступенчатое воздействие (единичный скачок) и метода Chien, Hrones и Reswick (CHR). Формулы для расчёта коэффициентов регулятора представлены в таблице 14 с учетом того, что коэффициент интегральной составляющей  $K_{и} = \frac{K_{п}}{T_{и}}$ .

Таблица 14 – Формулы для расчета коэффициентов регулятора

	Н		С HR	
Регулятор	$K_{п}$	$K_{и}$	$K_{п}$	$K_{и}$
П-	$1/\alpha$	-	$0,3/\alpha$	-

ПИ-	$0,9/\alpha$	$K_{\Pi}^2/3L$	$0,35/\alpha$	$K_{\Pi}^2/1.2L$
-----	--------------	----------------	---------------	------------------

Для начала необходимо получить характеристику объекта, т.е. реакцию объекта на скачок, поэтому смоделируем ступенчатое воздействие управляющего сигнала на систему в Simulink. Входное воздействие представляет из себя ступенчатое воздействие, которое обозначает уставку 27 МПа, но выраженную в токовом эквиваленте. Операторно-структурная схема (ОСС) приведена на рисунке 17.



Рисунок 17 – ОСС для определения характеристики

Полученная характеристика объекта приведена на рисунке 18. По оси ОУ указана относительная величина давления, выраженная в долях от 27 МПа.

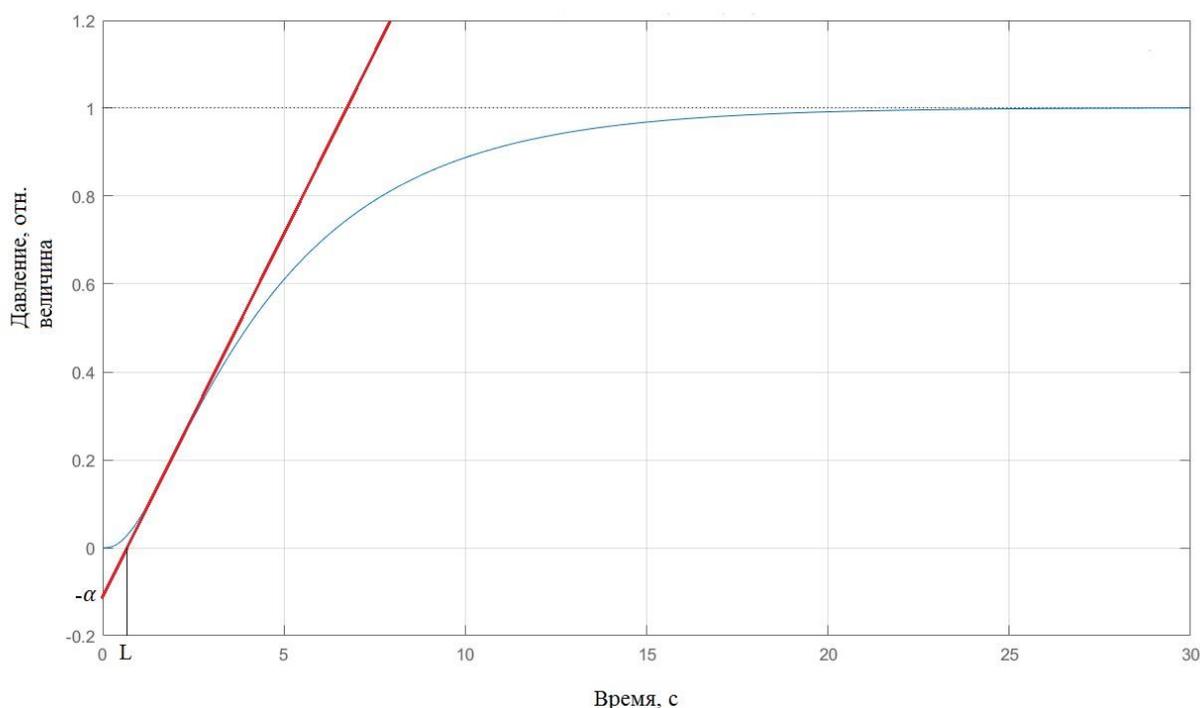


Рисунок 18 – Характеристика объекта

Из характеристики видно, что параметры, необходимые для расчета коэффициентов регулятора, равны  $\alpha = 0,1 * 27 = 2,7$  и  $L = 0,6$ . По формулам из таблицы 14 были рассчитаны коэффициенты (таблица 15).

Таблица 15 – Коэффициенты регулятора

Регулятор	ЦН		CHR	
	$K_P$	$K_I$	$K_P$	$K_I$
П-	0,3704	-	0,1111	-
ПИ-	0,3333	0,0617	0,1296	0,0233

Подставим найденные коэффициенты в ПИ-регулятор и построим переходные характеристики, а затем оценим качество переходного процесса.

Операторно-структурная схема представлена на рисунке 19.

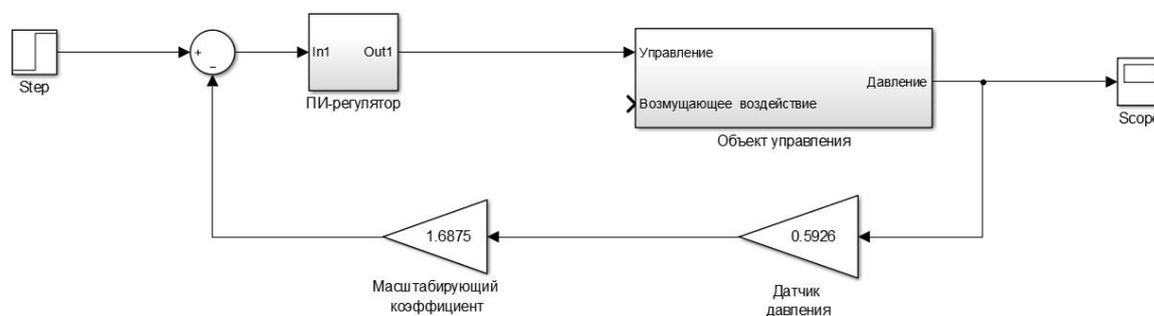


Рисунок 19 – ОСС с регулятором

Переходные характеристики с найденными коэффициентами представлены на рисунке 20, а показатели качества переходных процессов сведены в таблицу 16.

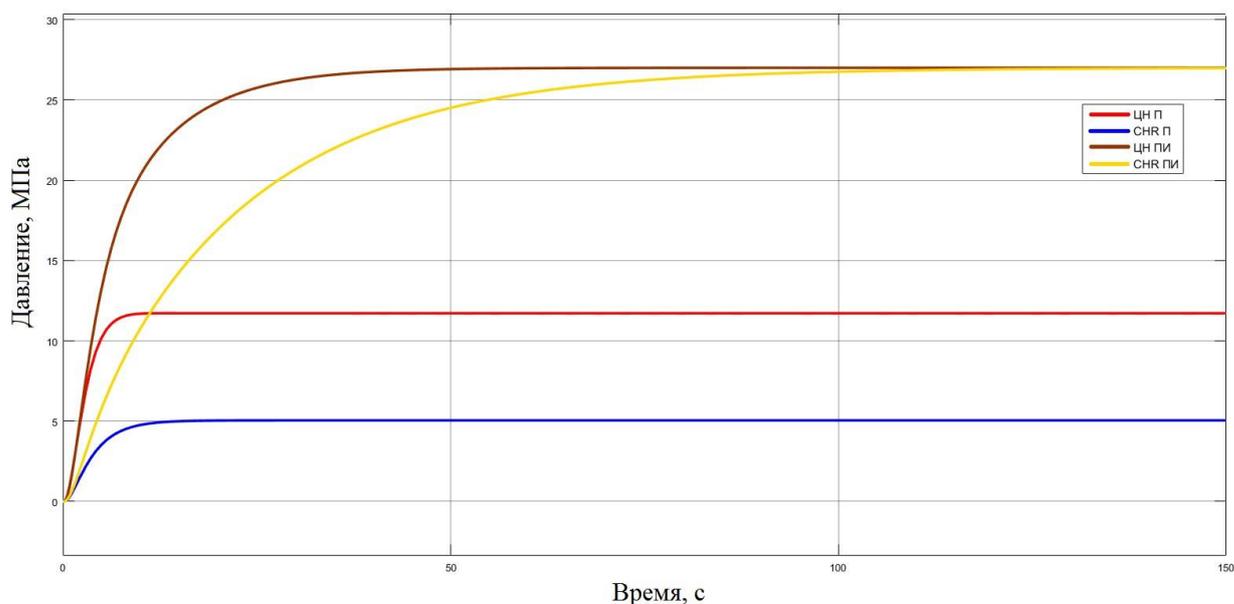


Рисунок 20 – Переходные характеристики

Таблица 16 – Показатели качества переходных процессов

Регулятор	ЦН	CHR
П-	$t_{\text{пн}} = 6,5 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 56,6 \%$	$t_{\text{пн}} = 13,1 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 81,3 \%$
ПИ-	$t_{\text{пн}} = 32,8 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 82,9 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$

Из полученных результатов видно, что наилучший результат дает настройка ПИ-регулятора по методу Циглера-Никольса. Для улучшения показателей качества переходного процесса выполним ручную подстройку регулятора (рисунок 21). В таблица 17 приведены показатели качества переходных процессов.

Таблица 17 – Показатели качества переходных процессов

Регулятор	ЦН	Ручная настройка
ПИ-	$t_{\text{пн}} = 32,8 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 8,4 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$

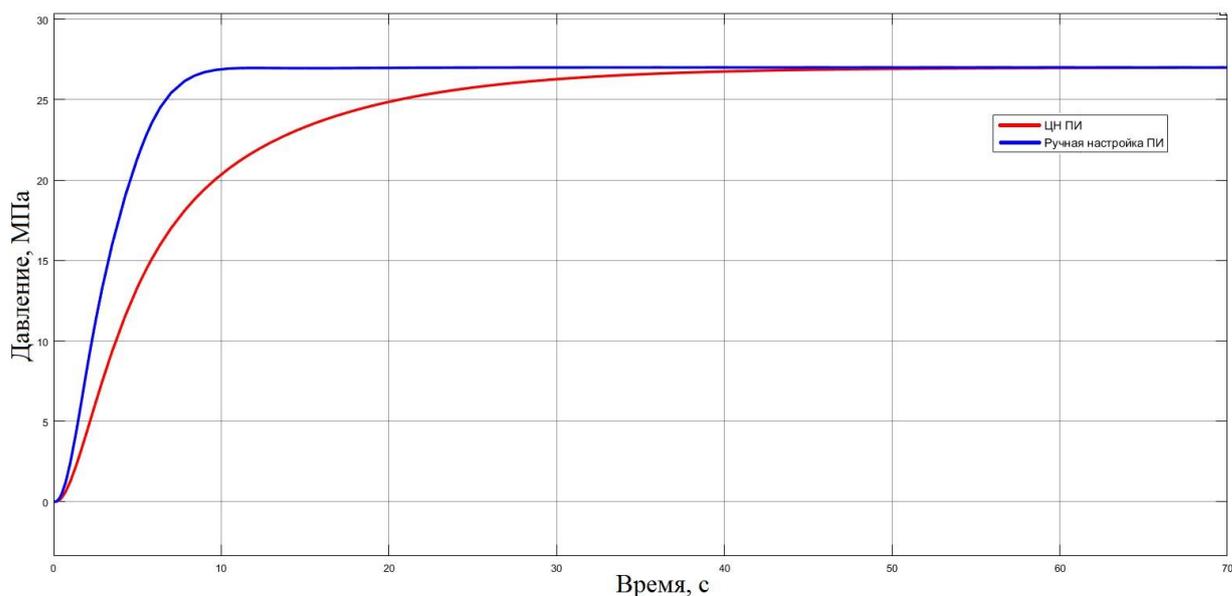


Рисунок 21 – Сравнение переходных характеристик

Сравнив показатели качества по таблице 17, можно сказать, что благодаря ручной настройке мы смогли добиться более качественного переходного процесса. Параметры ПИ-регулятора при ручной настройке:  $K_P = 0,6357$ ;  $K_I = 0,1432$ .

#### Анализ поведения системы при возмущающем воздействии

Смоделируем ситуацию, когда есть возмущающее воздействие. Возмущающим воздействием будет являться падение давления на входе в насос, которое вызывает падение производительности насоса (расхода на выходе) на  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Операторно-структурная схема приведена на рисунке 22, переходная характеристика представлена на рисунке 23, а показатели качества переходных процессов отражены в таблице 18. Все эксперименты проводились с коэффициентами ПИ-регулятора, найденными ранее.

Таблица 18 – Показатели качества переходных процессов

По возмущению	Ручная настройка ПИ	ЦН ПИ	СНР ПИ
ПИ-регулятор	$t_{\text{пн}} = 8,1 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 16,2 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 37,1 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$

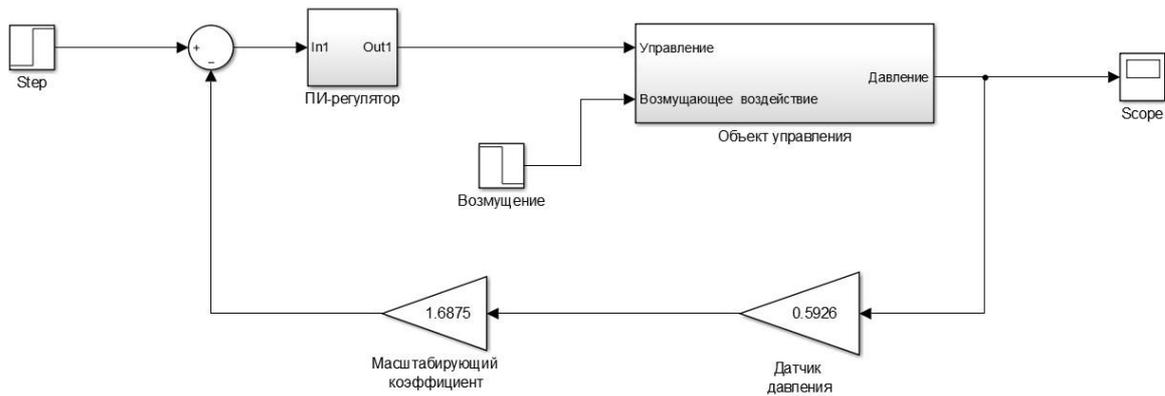


Рисунок 22 – ОСС при возмущающем воздействии

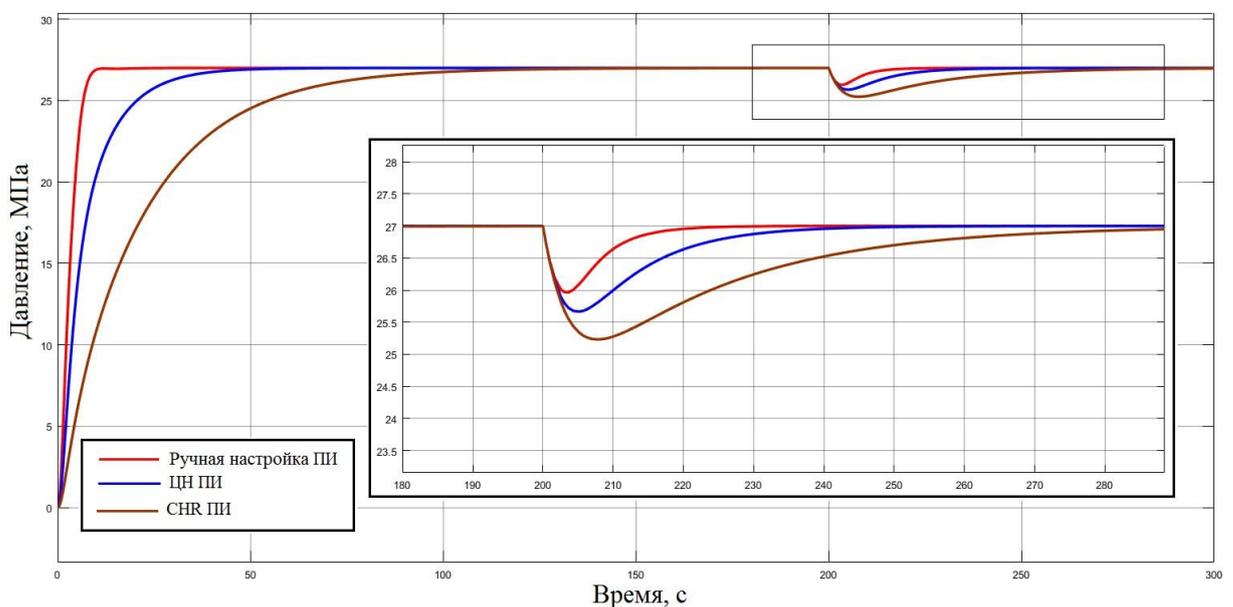


Рисунок 23 – Переходная характеристика при возмущении

На графике (Рисунок 23) переходной характеристики видно, что система обрабатывает возмущение и возвращает значение давления на выходе насоса к уставке, следовательно, данную систему можно использовать в качестве системы стабилизации пластового давления. Наилучшие показатели качества переходного процесса дает настройка ПИ-регулятора ручным способом.

Дальнейшие анализы проводились при коэффициентах ПИ-регулятора, найденных ручным способом.

### Анализ поведения системы при шумах в канале обратной связи

Смоделируем ситуацию, когда есть шум в канале обратной связи. В качестве источника шума в Simulink выбран генератор сигналов, который

генерирует случайный сигнал с равномерным распределением с амплитудой 10 мА, что равняется 62,5% от номинального сигнала, и частотой 1000 Гц, то есть сигнал принимает случайные значения от минус 10 мА до 10 мА через каждые 0,001с. Операторно-структурная схема приведена на рисунке 24, переходная характеристика представлена на рисунке 25.

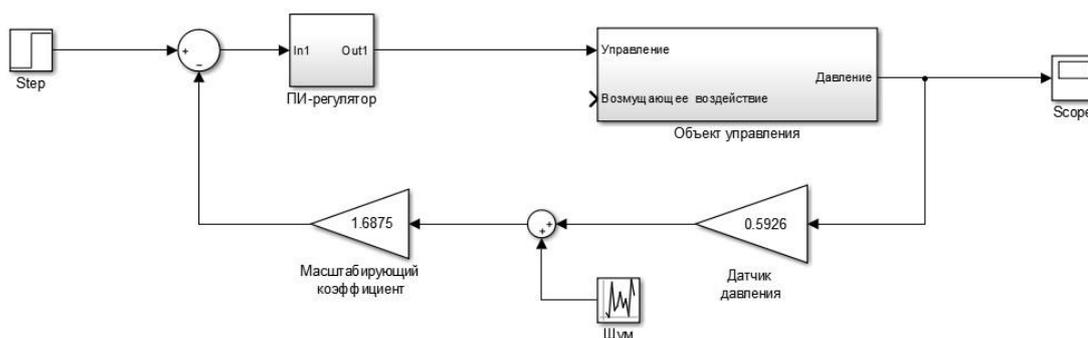


Рисунок 24 – ОСС с шумом в обратной связи

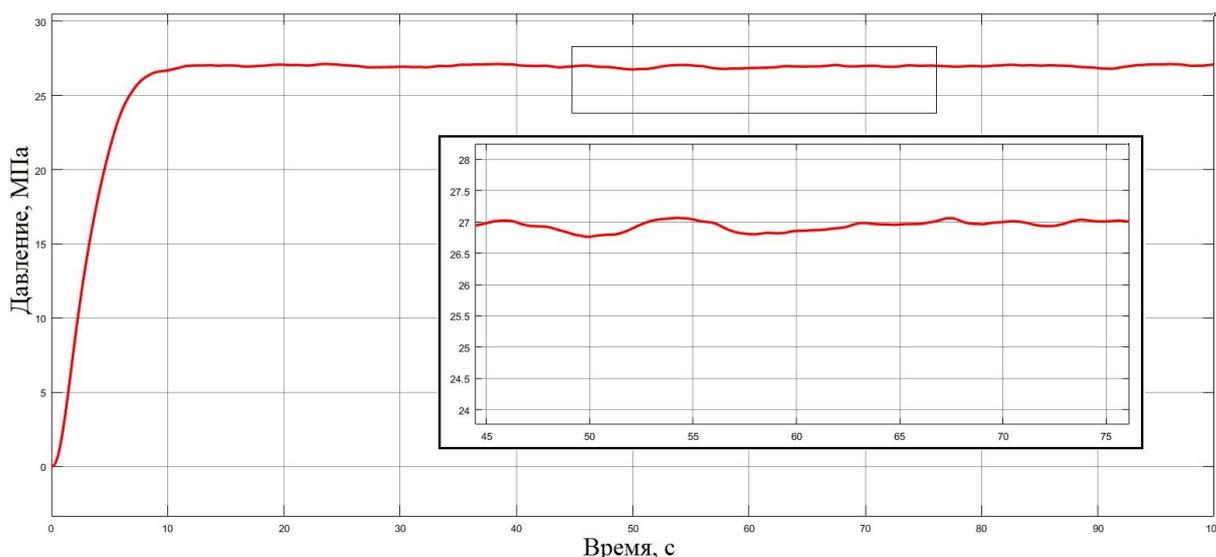


Рисунок 25 – Переходная характеристика при шуме

Из графика переходной характеристики видно то, что шум не оказывает значительного влияния на регулируемую величину, но значение регулируемой величины не выходит на установившееся значение, а колеблется в районе уставки.

## Анализ системы на грубость

Анализ системы на грубость проводился при изменении параметров объекта управления (трубопровода) как в большую, так и в меньшую сторону, а именно  $\pm 30\%$ . В таблице 19 приведены параметры трубопровода.

Таблица 19 – Параметры трубопровода

Отклонение	- 30 %	0 %	30 %
$k_{тр}$	0,06	0,0857	0,1114
$T$	2,8241	4,0344	5,2447

На рисунке 26 приведены переходные характеристики, а в таблице 20 указаны показатели качества переходного процесса.

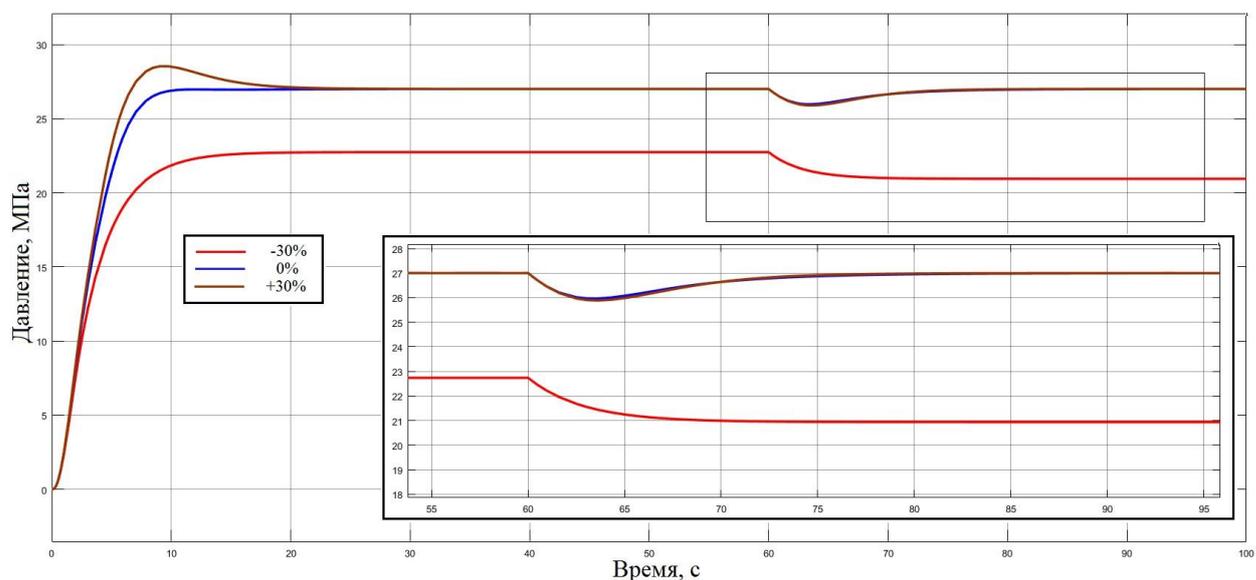


Рисунок 26 – Переходные характеристики при анализе на грубость

Таблица 20 – Показатели качества переходных процессов

	По управлению	По возмущению
<b>Минус 30 %</b>	$t_{\text{пт}} = 11,9 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 15,8 \%$	$t_{\text{пт}} = 4,0 \text{ с}$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 22,4 \%$
<b>0 %</b>	$t_{\text{пт}} = 8,4 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{пт}} = 8,1 \text{ с}$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$

<b>30 %</b>	$t_{\text{пн}} = 14,9 \text{ с}$ $\sigma = 5,7 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 8,4 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$
-------------	---	--

Из полученных результатов видно, что система не является грубой по отношению к задающему воздействию, т.к. при изменении параметров трубопровода показатели качества переходного процесса сильно отклоняются от номинальных. По отношению к возмущающему воздействию система тоже не является грубой. Также из полученных результатов видно, что ограничение скорости вращения двигателя влияет на динамику процесса, при отклонении параметров объекта управления на – 30 % можно заметить, что система не выходит на заданный уровень, так как не хватает скорости двигателя. Ниже будет представлен график переходной характеристики системы без ограничения скорости (рисунок 27).

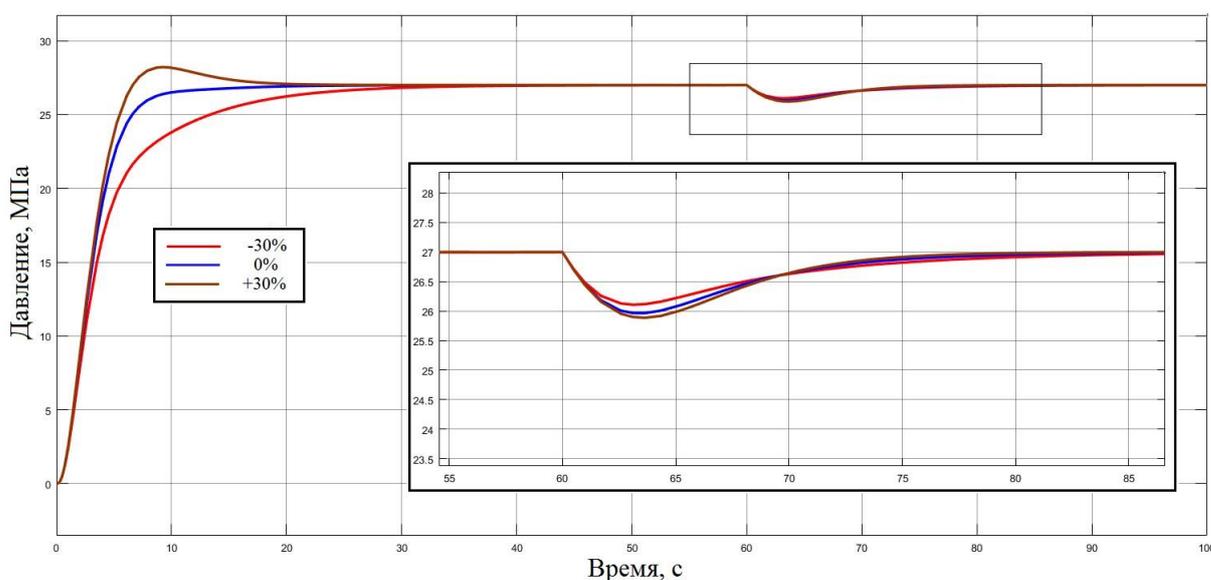


Рисунок 27 – Переходные характеристики при анализе на грубость без ограничений скорости

Таблица 21 – Показатели качества переходных процессов

	<b>По управлению</b>	<b>По возмущению</b>
<b>Минус 30 %</b>	$t_{\text{пн}} = 22,4 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$	$t_{\text{пн}} = 7,5 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$

	$\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	
<b>0 %</b>	$t_{\text{ин}} = 9,7 \text{ с}$ $\sigma = 0 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{ин}} = 8,1 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$
<b>30 %</b>	$t_{\text{ин}} = 13,4 \text{ с}$ $\sigma = 5,7 \%$ $\varepsilon_{\text{ст}} = 0 \%$	$t_{\text{ин}} = 8,3 \text{ с } \varepsilon_{\text{ст}}$ $= 0 \%$

При отсутствии ограничение скорости система не является грубой по отношению к задающему воздействию, но является грубой по отношению к возмущающему воздействию.

## 2.9. Разработка экранных форм

«SCADA – программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления» [19].

«SCADA-системы решают следующие задачи:

- Обмен данными с «устройствами связи с объектом» (то есть с промышленными контроллерами и платами ввода-вывода).
- Обработка информации в реальном времени.
- Логическое управление.
- Отображение информации на экране монитора в удобной и понятной для человека форме.
- Ведение базы данных реального времени с технологической информацией.
- Аварийная сигнализация и управление тревожными сообщениями;

- Подготовка и генерирование отчетов о ходе технологического процесса;
- Осуществление сетевого взаимодействия между SCADA и ПК;
- Обеспечение связи с внешними приложениями (СУБД, электронные таблицы, текстовые процессоры и т. д.)» [19].

В ходе выполнения работы была разработана мнемосхема технологического процесса, её можно увидеть в приложении И. Мнемосхема была разработана с использованием ПО Simatic WinCC.

«Simatic WinCC (Windows Control Center) – система HMI, программное обеспечение для создания человеко-машинного интерфейса, составная часть семейства систем автоматизации Simatic, производимых компанией Siemens AG» [20].

Пользователь может осуществлять навигацию экранных форм с использованием кнопок прямого вызова. В главном окне мнемосхемы пользователь может наблюдать показатели технологического процесса, а также может производить пуск и останов насосного агрегата. Помимо главного окна пользователь может переключиться в окно, где отображаются аварийные сообщения. Как менялись значения давления в трубопроводе линии нагнетания, пользователь может увидеть в окне «графики».

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

В ВКР рассматривается система автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией (БКНС). БКНС предназначена для закачки воды в нагнетательные скважины пласта, с целью поддержания давления на заданном значении.

В ходе проектирования системы было составлено техническое задание, далее исходя из требуемых параметров был осуществлен подбор средств реализации данной системы автоматизированного управления. Помимо указанных видов работ были разработаны графические приложения, которые отражают схемы автоматизации, схему внешних проводок, разработанные мнемосхемы и др. Спроектированная система автоматизированного управления отвечает всем требованиям, указанным в техническом задании.

Достоинствами разработанной системы являются: использование современных датчиков, которые осуществляют передачу с помощью унифицированных токовых сигналов, а также применение надёжных исполнительных устройств. Применение унифицированных сигналов в системе управления позволяет производить замену используемых датчиков на аналогичные, без нарушения работоспособности системы и изменения алгоритмов работы ПЛК. Помимо вышеуказанных достоинств технической части, система автоматизированного управления позволяет снизить нагрузку на операторов, путем осуществления: автоматического контроля показателей технологического процесса, защиты оборудования от перегрева, наглядного отображения всех показателей и аварийных сообщений на дисплее ПЭВМ.

Недостатком данной системы является то, что первоначальную установку, монтаж и настройку должны проводить специалисты, которые обладают необходимыми навыками и знаниями.

### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями спроектированной системы автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией являются коммерческие организации нефтегазовой отрасли, а именно организации, осуществляющие добычу нефти. Научное исследование направлено на крупные предприятия, которые внедряют или имеют автоматизированные системы контроля и управления технологическими процессами.

В таблице 22 отражена сегментация рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности. Анализ рынка выполнялся на основе компаний ООО «Элком+» (фирма А), ООО «СПЕЦ-М» (фирма Б), АО НТК «МодульНефтеГазКомплект» (фирма В).

Таблица 22 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Подбор средств реализации	Разработка алгоритмов управления	Проектирование АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкие				
	Средние				
	Крупные				



На приведенной карте сегментирования видно, что свободными остаются следующие сегменты рынка: проектирование АСУ ТП для средних и крупных компаний, а также подбор средств реализации для крупных компаний.

### 3.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 23. В качестве конкурентов для проектируемой АСУ ТП БКНС (разработка) рассматриваются: проект сторонней компании (конкурент 1) и существующая система управления БКНС (конкурент 2).

Таблица 23 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Разработка	Конкурент 1	Конкурент 2	Разработка	Конкурент 1	Конкурент 2
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
Повышенная надежность	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
Длительность срока эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
Внедрение технических средств	0,06	4	3	5	0,24	0,18	0,3
Простота эксплуатации	0,05	4	4	5	0,2	0,2	0,25
Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Безопасность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4

В качестве проекта сторонней компании рассматривается разработка АО НТК «МодульНефтеГазКомплект» (конкурент 1). АО НТК «МНГК» – динамично развивающееся предприятие, специализацией которого является разработка и поставка высокоэффективного современного оборудования для нефтедобывающих предприятий, разработка и внедрение современных

технических и программных средств АСУ ТП, а также пуско-наладочные работы. Разработки данной компании обладают высокой безопасностью, но в тоже время являются достаточно дорогостоящими.

Существующая система управления представлена БКНС ООО «СПЕЦМ». (конкурент 2) Общество с ограниченной ответственностью «СПЕЦ-М» образовано в 1999 году. Компания имеет многопрофильную структуру бизнеса: разработка и производство оборудования, автоматизация и контроль технологических процессов, строительство зданий и сооружений. Система управления данной компании уже представлена на рынке, следовательно, обладает высоким уровнем и хорошими условиями проникновения на рынок. Достаточной низкой цена данной системы обусловлена, самостоятельным производством части оборудования. Недостатком существующей системы является использование старого оборудования, что сказывается на общем повышении производительности.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (14)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки;

$V_i$  – вес показателя;

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

### **3.3 Технология QuaD**

Для упрощения процедуры проведения QuaD, выполним оценку в табличной форме (Таблица 24).

Под критерием надежности понимается безотказность, долговечность и ремонтпригодность. Под безотказностью понимается вероятность безотказной работы, то есть вероятность того, что в пределах заданного периода функционирования, отказа не будет. Под долговечностью понимается долгий срок эксплуатации без отказов. Ремонтпригодность – свойство объекта

техники, характеризующее его приспособленность к восстановлению работоспособного состояния после отказа или повреждения.

Таблица 24 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
<b>Показатели оценки качества разработки</b>					
Надежность	0,2	70	100	0,7	0,14
Безопасность	0,1	70	100	0,7	0,07
Простота эксплуатации	0,07	70	100	0,7	0,049
Повышенная надежность	0,4	70	100	0,7	0,28
Длительность срока эксплуатации	0,1	70	100	0,7	0,07

Простота эксплуатации является важным показателем при сравнении различных схем группового регулирования. Применение индивидуальных регуляторов в системах первичного и вторичного регулирования требует достаточно квалифицированной наладки и дальнейшей их эксплуатации.

Критерии безопасности — установленные нормативно техническими документами и (или) органами государственного надзора и контроля значения параметров и (или) характеристик последствий аварий, в соответствии с которыми обосновывается безопасность АС.

Критерий повышенной надежности характеризуется вероятностью безотказной работы материала при эксплуатации. Эксплуатационные отказы делятся на постепенные и внезапные. Постепенные отказы могут вызываться чрезмерным износом, усталостным разрушением, пластической деформацией

при ползучести и т.п. Главный путь борьбы на этом этапе — создание запаса прочности, по величине которого прогнозируют безотказную работу детали.

Критерий длительность срока эксплуатации — свойство элемента или системы длительно сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при определенных условиях эксплуатации.

Оценка качества и перспективности определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100; \quad (15)$$

где:  $P_{cp}$  — средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$P_i$  — средневзвешенное значение критерия.

Рассчитаем  $P_{cp}$  для проектируемой системы:  $P_{cp} = 0,6825 \cdot 100 = 68,25$ . Средневзвешенное значение позволяет оценить перспективы разработки и качество проведенного исследования, мы получили значение 68,25, следовательно, можно сказать, что перспективность разработки выше среднего.

### **3.4 Планирование научно-исследовательских работ**

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

Разобьем процесс выполнения ВКР на этапы и работы, которые необходимо сделать для достижения результата. При реализации проекта рассматриваются два исполнителя: руководитель (Р), студент (С).

Выделенные этапы представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

<b>Основные этапы</b>	<b>№ раб.</b>	<b>Содержание работ</b>	<b>Должность исполнителя</b>
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, инженер
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, инженер
	3	Изучение существующих систем	Инженер
	4	Календарное планирование работа	Руководитель, инженер
Разработка системы и проектирование	5	Описание технологического процесса	Инженер
	6	Разработка функциональной схемы автоматизации	Инженер
	7	Разработка структурной схемы	Инженер
	8	Разработка схемы информационных потоков	Инженер
	9	Выбор средств реализации	Инженер
	10	Разработка схемы внешних проводок	Инженер
	11	Разработка алгоритмов управления	Инженер
	12	Получение математической модели объекта	Инженер
	13	Моделирование	Инженер
	14	Разработка экранных форм	Инженер
	15	Проверка работы с руководителем	Руководитель, инженер
	16	Исправление замечаний	Инженер
Оформление отчета	17	Составление пояснительной записки	Инженер

### 3.4.2 Определение трудоемкости и разработка графика выполнения работ

Для определения трудоемкости работ будем использовать такие показатели как ожидаемое значение трудоемкости, продолжительность каждой работы, продолжительность выполнения  $i$  – ой работы в календарных днях, коэффициент календарности.

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ  $t_{ожі}$  применяется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (16)$$

где:  $t_{mini}$  – минимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимальная трудоемкость  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_{pi}$  учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

(17)

$$T_{pi} = Ч_i * t_{ожі},$$

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

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

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал},$$

(18)

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}, \quad (19)$$

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

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

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

Коэффициент календарности (2017 год):  $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 118) = 1,477$ .

Все рассчитанные значения для каждой работы представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Временные показатели проведения научного исследования

№ раб.	Трудоемкость работ						Исполнители	$T_{\text{pi}}$ , раб. дн.	$T_{\text{ki}}$ , кал. дн.
	$t_{\text{mini}}$ , чел.-дн.		$t_{\text{maxi}}$ , чел.-дн.		$t_{\text{ожt}}$ , чел.- дн.				
	С	Р	С	Р	С	Р		С+Р	С+Р
1	2	1	3	2	2,4	1,4	2	1,9	3
2	14	3	17	5	15,2	3,8	2	9,5	15
3	5	–	7	–	5,8	–	1	5,8	9
4	2	2	3	3	2,4	2,4	2	2,4	4
5	1	–	2	–	1,4	–	1	1,4	3
6	5	–	7	–	5,8	–	1	5,8	9
7	2	–	3	–	2,4	–	1	2,4	4
8	2	–	3	–	2,4	–	1	2,4	4
9	10	–	15	–	12	–	1	12	18
10	2	–	3	–	2,4	–	1	2,4	4
11	4	–	6	–	4,8	–	1	4,8	8
12	2	–	3	–	2,4	–	1	2,4	4
13	4	–	6	–	4,8	–	1	4,8	8
14	3	–	5	–	3,8	–	1	3,8	6
15	2	2	3	3	2,4	2,4	2	2,4	4
16	3	–	5	–	3,8	–	1	3,8	6
17	5	–	7	–	5,8	–	1	5,8	9
Итого:									118

На основании таблицы 26 построим диаграмму Ганта (таблица 27), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 27 – Календарный план-график

№ работы	Т <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
		Февраль			Март			Апрель			Май		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	3	■											
2	15	■	■										
3	9			■									
4	4				■								
5	3				■								
6	9				■	■							
7	4					■							
8	4						■						
9	18						■	■					
10	4							■					
11	8							■	■				
12	4								■				
13	8								■	■			
14	6									■			
15	4										■		
16	6											■	
17	9											■	

### 3.5 Бюджет научно-технического исследования

#### 3.5.1 Расчет материальных затрат

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой:

$$Z_m = (1 + K_T) * \sum_i^m = C_i * N_{расхi}, \quad (20)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию;

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов;

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (примем равным 0,2).

Для научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ноутбук, мышь, принтер, печатная бумага, канцелярские товары.

Таблица 28 – Материальные затрат

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб	Затраты $Z_m$ , руб
Ноутбук	Шт.	1	32000	38400
Мышь	Шт.	1	500	600
Принтер	Шт.	1	6000	7200
Печатная бумага	Пачка	1	250	300
Канцелярские товары	Шт.	1	150	180
Итого:				46680

### 3.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата студента и руководителя за выполнение НТИ, рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (21)$$

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (22)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 56 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Таблица 29 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	66	118
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	24
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	243	223

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot k_p, \quad (23)$$

где:  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска). Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 30.

Таблица 30 – Основная заработная плата

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	35111	1,3	45644	1953,5	13,8	26958,3
Инженер	22695	1,3	29503	1481,8	76,2	112913,2
Итого:						139871,5

### 3.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной плат ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (24)$$

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

Таблица 31 – Дополнительная заработная плата

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ( $k_{доп}$ )	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	26958,3	0,12	3235
Инженер	112913,2	0,12	13550
Итого:			16785

### 3.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений по внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (25)$$

где:  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с положениями ст.58.2 закона №212-ФЗ установлены следующие тарифы страховых взносов: ПФР – 0,22 (22 %), ФСС РФ – 0,029 (2,9 %), ФФОМС – 0,051 (5,1%), следовательно,  $k_{внеб} = 0,3$ .

Таблица 32 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб.	$k_{внеб}$	З <sub>внеб</sub> , руб.
Руководитель	26958,3	3235	0,3	9058
Инженер	112913,2	13550	0,3	37939

### 3.5.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 33.

Таблица 33 – Бюджет затрат на НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Инженер
1. Материальные затраты НТИ	0	40500
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	26958,3	112913,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	3235	13550
4. Отчисления во внебюджетные фонды	9058	37939
Бюджет затрат НТИ	39251,3	164402,2

### 3.5.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Интегральный финансовый показатель разработки находится по формуле:

$$I_{фин.р}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (26)$$

где  $I_{фин.р}^{исп.i}$  – финансовый интегральный показатель разработки;

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

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

$\Phi_{max}$  зависит от сложности проектируемой системы. На сложность проекта влияет большая совокупность факторов, поэтому точно оценить величину  $\Phi_{max}$  невозможно. Примем, что стоимость выполнения проекта Автоматизация систем управления БКНС текущего проекта равняется 1685444 руб., в Аналоге 1 2900000 руб., у Аналога 2 2800000 руб.;

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{Аналог 1}} = \frac{2\,900\,000}{1\,685\,444} = 1,72 \quad (27)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{Текущий проект}} = \frac{1\,685\,444}{1\,685\,444} = 1 \quad (28)$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{Аналог 2}} = \frac{2\,800\,000}{1\,685\,444} = 1,66 \quad (29)$$

Таблица 34 – Оценочная карта для сравнения эффективности

Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Аналог 1	Текущий проект	Аналог 2
Критерии				
Способствует росту производительности труда	0,3	4	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	5	5	4
Помехоустойчивость	0,05	4	5	4
Энергосбережение	0,05	4	4	3
Надежность	0,15	4	4	4
Материалоемкость	0,15	4	5	5
Итого	1			

В результате расчётов получились следующие показатели:

Аналог 1 = 4,3; Текущий проект = 4,75; Аналог 2 = 4,1.

Теперь определим интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки  $I_{\text{исп.}i}$  :

$$I_{\text{Аналог 1}} = \frac{4,3}{0,64} = 2,5 \quad (30)$$

$$I_{\text{Текущий проект}} = \frac{4,75}{1} = 4,75 \quad (31)$$

$$I_{\text{Аналог 2}} = \frac{4,1}{0,92} = 2,47 \quad (32)$$

А также рассчитаем сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср1}} = \frac{2,5}{4,75} = 0,52 \quad (33)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср2}} = \frac{4,75}{4,75} = 1 \quad (34)$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср3}} = \frac{2,47}{4,75} = 0,51 \quad (35)$$

Таблица 35 – Сводная таблица показателей

Показатель	Аналог 1	Текущий проект	Аналог 2
Интегральный финансовый показатель разработки	1,72	1	1,66
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,75	4,1
Интегральный показатель эффективности	2,5	4,75	2,47
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,52	1	0,51

Таким образом, основываясь на определении ресурсосберегающей, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, проведя необходимый сравнительный анализ, можно сделать вывод о превосходстве текущего проекта над аналогами.

## **4 Социальная ответственность**

### **Введение**

В ВКР рассматривается система автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией (БКНС). БКНС предназначена для закачки воды в нагнетательные скважины пласта, с целью поддержания пластового давления на заданном значении.

В этом разделе рассматриваются вопросы, связанные: с выявлением и анализом вредных и опасных факторов, оценкой условий труда, разработкой мер защиты от вредных и опасных факторов, охраной окружающей среды.

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

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 [36].

«Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики. Целесообразно применение столов, имеющих отдельную от основной столешницы специальную рабочую поверхность для размещения клавиатуры. Используются рабочие столы с регулируемой и нерегулируемой высотой рабочей поверхности. При отсутствии регулировки высота стола должна быть в пределах от 680 до 800 мм» [37].

«Глубина рабочей поверхности стола должна составлять 800 мм (допускаемая не менее 600 мм), ширина — соответственно 1 600 мм и 1 200 мм. Рабочая поверхность стола не должна иметь острых углов и краев, иметь матовую или полуматовую фактуру» [37].

«Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной — не менее 500 мм, глубиной на уровне колен — не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног — не менее 650 мм» [37].

«Клавиатура должна располагаться на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю» [37].

«Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600-700 мм), но не ближе 500 мм» [37].

«Для обеспечения физиологически рациональной рабочей позы, создания условий для ее изменения в течение рабочего дня применяются подъемно-поворотные рабочие стулья с сиденьем и спинкой, регулируемые по высоте и углам наклона, а также расстоянию спинки от переднего края сидения» [37].

«Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углом наклона вперед до 15 градусов и назад до 5 градусов.;
- высоту опорной поверхности спинки  $300\pm 20$  мм, ширину — не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах  $0\pm 30$  градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сидения в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах  $230\pm 30$  мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.;

– поверхность сиденья, спинки и подлокотников должна быть полумягкой, с нескользящим неэлектризующимся, воздухо непроницаемым покрытием, легко очищаемым от загрязнения» [37].

«Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 град. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм» [37].

«Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности. При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК регламентированные перерывы следует устанавливать через 2 часа от начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый» [37].

## 4.2 Производственная безопасность

Анализ опасных и вредных факторов, которые оказывают влияние на оператора, работающего за компьютером, проводился согласно ГОСТ 12.0.003-74 [25], результаты приведены в таблице 34.

Таблица 34 - Опасные и вредные факторы при работе оператора

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за компьютером	1. Повышенный уровень шума на рабочем месте;	1. Электрический ток	1. Шумы – ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ

	<p>2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений;</p> <p>4. Повышенная или пониженная влажность воздуха;</p> <p>5. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;</p> <p>6. Повышенный Уровень статического электричества.</p>		<p>2. Освещение – СП 52.13330.2016</p> <p>3. Электромагнитное излучение – ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ</p> <p>4. Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ</p> <p>5. Микроклимат – ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ</p> <p>6. ГОСТ 17.4.3.04-85</p>
--	--	--	---

#### 4.2.1 Освещенность

Освещение рабочего места оператора является особенно важным. Недостаточное освещение является вредным фактором, который приводит к ухудшению зрения и вызывает утомление, поэтому освещение должно быть таким, чтобы работник мог выполнять свою работу без напряжения. Показатели естественного, искусственного и совместного освещения указаны в таблице 35.

Таблица 35 - Нормируемые показатели естественного, искусственного и совмещенного освещения СП 52.13330.2016 [26]

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение			
		КЕО $e_n$ , %		КЕО $e_n$ , %		освещенность, лк		показатель дискомфорта $M$ , не	коэффициент пульсации
		при верхнем или	при боковом	при верхнем или	при боковом	при комбинированном освещении	при общем освещении		

	КЕО и освещенности (Г - горизонтальная, В - вертикальная) и высота плоскости и над полом, м	комбинированном освещении	освещении	комбинированном освещении	освещении	все го	от обще го	ении	более	освещенности, К <sub>п</sub> , % не более
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400	15	10
	Экран монитора: В-1,2	-	-	-	-	-	-	200	-	-

Из показателей видно, что освещенность рабочего места должна составлять от 200 до 400 лк при общем освещении, а КЕО должен быть не ниже 1,2%.

В помещении используется комбинированное освещение. Произведем расчёты естественного и искусственного освещения согласно СНиП 23.05-95 «Естественное и искусственное освещение» [27].

#### *Естественное освещение*

Операторная имеет размеры 4 х 5 х 2,5м, в которой установлена 2 окна размером 1,6 х 1,8 м. Освещение является боковым, односторонним.

Рассчитаем эквивалентную площадь световых проемов по формуле:

$$S_{\text{экв}} = N \cdot S_{\text{окна}} = 2 \cdot 1,6 \cdot 1,8 = 5,76 \text{ м}^2.$$

Вычислим площадь помещения по формуле:

$$S = 4 \cdot 5 = 20 \text{ м}^2.$$

Для расчета коэффициента естественного освещения понадобятся следующие величины:

- а)  $n_0 = 9$  – световая характеристика окна, зависящая от глубины помещения, выступа окна и соотношения длин сторон;

б)  $K_{зд} = 1,2$  – коэффициент, учитывающий уменьшение КЕО от затемнения противостоящим зданием;

в)  $r_1 = 3$  – коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от внутренних поверхностей;

г)  $t_0$  – общий коэффициент светопропускания, в данном случае будет равен  $t_0 = 0,27$ .

Рассчитает коэффициент естественного освещения по формуле:

$$КЕО = \frac{S_{эКВ} \cdot t_0 \cdot r_1 \cdot 100}{S \cdot n_0 \cdot K_{зд}} = \frac{5,76 \cdot 0,27 \cdot 3 \cdot 100}{20 \cdot 9 \cdot 1,2} = 2,16. \quad (27)$$

Получили, что КЕО соответствует нормам согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

#### *Искусственное освещение*

В качестве источников искусственного освещения используются лампы ЛБ-40 в количестве  $N=8$  штук. Световой поток лампы  $F=2800$  лм. Коэффициент запаса  $k=1,5$ , данный коэффициент учитывает запыленность светильников. Коэффициент  $z=1,1$ , этот коэффициент отражает неравномерность освещения.

Рассчитаем индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h_p \cdot (a+b)}, \quad (28)$$

где:

$S$  – площадь помещения;  $a$  и  $b$  – длина и ширина помещения;  $h_p$  – расчетная высота, равная:  $h_p = h$

–  $h_c - h_{р.п}$ , где:

$h$  – высота помещения;

$h_c=0,2$  м – расстояние от перекрытия до светильника;  $h_{р.п}=0,8$  м

– расстояние от пола до рабочей поверхности.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{(h-h_c-h_{p.п}) \cdot (a+b)} = \frac{20}{(2,5-0,2-0,8) \cdot (4+5)} = 1,48. \quad (29)$$

По соответствующей таблице [28] определяем коэффициент использования светового потока (исходя из индекса помещения), он равен:

$$n = 0,55.$$

Вычислим освещенность по формуле:

$$E = \frac{F \cdot N \cdot n}{S \cdot k} = \frac{2800 \cdot 8 \cdot 0,55}{20 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 373,3 \text{ лк.} \quad (30)$$

Используемая система искусственного освещения удовлетворяет нормам СП 52.13330.2016

### Микроклимат

«Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов внутренней среды помещения, которые оказывают влияние на здоровье человека» [29].

«Согласно ГОСТ 12.1.005-88 показателями, характеризующими микроклимат в помещениях, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения» [30].

Следует отметить что работа оператора относится к категории легких работ (1а). Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата, согласно ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ для категории работа (1а) отражены в таблицах 35,36.

Таблица 36 - Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

Таблица 37 - Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2

Для поддержания параметров микроклимата в диапазоне оптимальных на рабочем месте применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление помещения.

#### 4.2.2 Уровень шума

На рабочем месте специалист может быть подвергнут вредному производственному фактору – шуму, источниками являются: осветительные приборы, персональный компьютер, кондиционер, вентиляция и звуки, доносящиеся с улицы. Шум оказывает влияние на органы слуха, а также на всю нервную систему, тем самым ослабляя внимание работника.

Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука согласно ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ [31] приведены в таблице 38.

Таблица 38 - Предельные уровни звукового давления и предельные уровни звука

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц	Уровни звука и эквивалентные
--	--	------------------------------

	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	уровни звука (в дБА)
Рабочие места в помещениях дирекции, проектноконструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

В качестве средств коллективной защиты можно применять:

— звукопоглощающие материалы, звукоизоляцию, акустические экраны.

В качестве средств индивидуальной защиты работник может использовать специальные противошумные наушники, которые защитят органы слуха от вредного шума.

Одним из самых простых и действенных способов облегчения работы, является отдых, поэтому целесообразно устраивать кратковременные перерывы в течении рабочего дня при отсутствующих источниках шума.

#### 4.2.3 Электромагнитное излучение

В нашем случае основным источником электромагнитных излучений является дисплей компьютера. Рассмотрим норм напряженностей магнитного и электрического полей согласно ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ [32].

Таблица 39 - Предельно допустимые уровни (ПДУ) постоянного магнитного поля

Время воздействия за рабочий день, минуты	Условия воздействия			
	Общее		Локальное	
	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл	ПДУ напряженности, кА/м	ПДУ магнитной индукции, мТл
0-10	24	30	40	50
11-60	16	20	24	30
61-480	8	10	12	15

«Что же касается ПДУ напряженности электрического поля 50 Гц, то предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м» [32].

«При напряженностях в интервале больше 5 до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания в ЭП Т (час) рассчитывается по формуле:

$$T = (50/E) - 2, \text{ где}$$

Е - напряженность ЭП в контролируемой зоне, кВ/м;

Т - допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч» [32].

«При напряженности свыше 20 до 25 кВ/м допустимое время пребывания в ЭП составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 кВ/м без применения средств защиты не допускается» [32].

Рассмотрим уровни электромагнитных полей (ЭМП), создаваемых ПЭВМ. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ, согласно ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ [33] указаны в таблице 40.

Таблица 40 - Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	25 В/м
электрического поля	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного	в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц	250 нТл
потока	в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

В качестве защиты от вредного воздействия электромагнитных полей проводятся следующие мероприятия:

- регламентированные перерывы;
- применение экранов и фильтров;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- применение средств индивидуальной защиты.

#### **4.2.4 Электрический ток**

Рабочее помещение, где установлены персональные компьютеры, относится к помещениям без повышенной опасности, однако существует опасность поражения электрическим током в случае неисправности изоляции проводов и повреждении корпуса системного блока.

Одним из важных мероприятий для обеспечения безопасности является заземление оборудования, путем подключение заземляющего проводника к общей шине заземления.

Организационные мероприятия для защиты от поражения электрическим током:

- перед началом работы оператор должен убедиться в отсутствии висящих проводов, в целостности провода питания, а также в отсутствии видимых токоведущих частей;

- оператору запрещается прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;

- оператору запрещается самостоятельное вскрытие и ремонт оборудования;

- все работы по устранению неисправностей должен проводить квалифицированный персонал с исправным инструментом;

- оператор должен не допускать попадание влаги на поверхность устройств.

#### **4.3 Экологическая безопасность**

В наше время проблема, связанная с загрязнением окружающей среды, становится глобальной. Для того чтобы жить в чистом и безопасном мире человечество должно совершенствовать существующие и разрабатывать

совершенно новые технические средства защиты для окружающей среды. На текущий момент техника и технологии позволяют сократить выбросы токсичных и вредных веществ, но для обеспечения чистоты в долгосрочной перспективе, люди должны создавать замкнутые, безотходные производства, а мусор и отходы должны подвергаться переработке.

В данном случае отходами будут являться части ПЭВМ, в частности электронные платы. Необходимо не просто выкидывать электронные компоненты на свалки, а производить утилизацию и переработку.

«Электронные отходы представляют собой большую опасность для окружающей среды, надо помнить, что на производство мобильных телефонов и персональных компьютеров уходят значительные доли золота, серебра и палладия, добываемых ежегодно во всем мире. Конечно, в каждом отдельном устройстве драгоценных металлов содержится мизерное количество, но если рассматривать общемировое производство (более 1,2 млрд. ежегодно), то этим количеством уже пренебрегать неразумно. Следует отметить, что концентрация этих драгоценных металлов в печатных платах более чем в десять раз превышает их концентрацию в добываемой руде. Однако переработка печатных плат технологически сложный процесс из-за неоднородности материалов, ведь они состоят из множества разнородных компонентов» [34].

«Печатная плата является одним из наиболее важных компонентов электронного оборудования. Она представляет собой платформу, на которой устанавливаются и связываются между собой микроэлектронные компоненты, такие как полупроводниковые микросхемы и конденсаторы. Переработка плат включает в себя три типа обработки: предварительная обработка, физическая переработка и химическая переработка. Предварительная обработка включает в себя демонтаж многоцветных и токсичных элементов, измельчение или разделение. Затем следует физическая переработка. Потом материалы извлекают путем химического процесса переработки» [34].

#### 4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

«Помещения в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов с учетом особенностей технологических процессов, размещенных в них производств, по взрывопожарной и пожарной опасности подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д» [35].

Операторная относится к категории «В1-В4». Краткая характеристика категории приведена в таблице 41.

Таблица 41 - Характеристика категории

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б

Причинами возгорания могут стать короткое замыкание и перегрузка электросети, поэтому необходим правильный монтаж электрической сети, а также соблюдение режима эксплуатации электрических приборов.

Рассмотрим подробнее противопожарные мероприятия.

Организационные мероприятия:

- издание планов эвакуации, плакатов, инструкций;
- обучение персонала правилам противопожарной безопасности и контроль знаний;
- проведение противопожарного инструктажа персонала.

Эксплуатационные мероприятия:

- свободный проход к оборудованию;

- поддержание исправности изоляции проводников;
- соблюдение эксплуатационных норм.

Технические мероприятия:

– в помещении установлен углекислотный огнетушитель ОУ-8, на входной двери находится план эвакуации в случае пожара, а также на досягаемом расстоянии находится пожарный щит;

- световая индикация;
- звуковое оповещение в виде громкоговорителя;
- пассивные датчики задымленности;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В случае возникновения ЧС – пожар, необходимо действовать в соответствии со следующим распоряжением:

– убедиться в срабатывании системы пожаротушения, если по каким-то причинам система не сработала и не включила оповещение, включить вручную; если система не передала сигнал в службу пожаротушения, то сообщить по телефону 01.

– в случае отсутствия прямой угрозы здоровью и жизни произвести попытку самостоятельного тушения возгорания;

– при потере контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться из здания в соответствии с планом эвакуации;

– ожидать приезда специалистов.

Вывод:

В данном разделе выпускной квалификационной работы рассматривались вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия

проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

## **Заключение**

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стала спроектированная система автоматизированного управления блочной кустовой насосной станцией. В результате проделанной работы были разработаны: функциональная схема технологического процесса, структурная схема АС, ФСА по ГОСТ 21.208-2013, схема информационных потоков, схема внешних проводок, блок схемы алгоритмов, экранные формы.

Выбраны средства для реализации данной системы. Все датчики обладают унифицированным выходным аналоговым сигналом 4-20 мА, а именно: датчик температуры, датчик давления, датчик перепада давления, уровнемер, датчик тока, расходомер. В качестве ПЛК используется Siemens SIPLUS S7-1200.

Разработанные экранные формы позволяют оператору с АРМ осуществлять управление технологическим процессом, а также контролировать параметры технологического процесса.

Разработанная система автоматизированного управления БКНС выполнена в соответствии с требованиями Росстандарта и с требованиями, указанными в техническом задании.

## Список использованных источников

1. Академик: Автоматизированная система управления. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/312433>, свободный.
2. СТО НОСТРОЙ 2.15.9-2011. «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство систем распределенного управления. Монтаж, испытания и наладка. Требования, правила и методы контроля».
3. Wikipedia: Протокол передачи данных. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол\\_передачи\\_данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/Протокол_передачи_данных) , свободный.
4. ГОСТ 34.003-90. «Информационная технология (ИТ). Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения».
5. Wikipedia: Мнемосхема. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мнемосхема>, свободный.
6. ГОСТ 3.1109-82. «Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий».
7. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Том 1. Линейные системы. - М.: Физматлит, 2003.
8. Wikipedia: Программируемый логический контроллер. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Программируемый\\_логический\\_контроллер](https://ru.wikipedia.org/wiki/Программируемый_логический_контроллер) , свободный.
9. АСУ ТП: Требования к видам обеспечения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://automation-system.ru/spravochnik-inzhenera/34glava7/307-7-7.html> , свободный.
10. Электротехнический-портал.РФ: Функциональные схемы автоматизации технологических процессов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xn----8sbnaarbiedfksmiphlmncml d9b0i.xn-->

[plai/proektirovanyeavtomatiki/48-proektirovanye-lokalnyh-sistem-kontrolya/209-funktionalnyeshemy-avtomatizacii.html](http://plai/proektirovanyeavtomatiki/48-proektirovanye-lokalnyh-sistem-kontrolya/209-funktionalnyeshemy-avtomatizacii.html), свободный.

11. Siemens: Simatic S7-1200. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://w5.siemens.com/web/ua/ru/iadt/ia/FAPA/PLC/Pages/simatic-s7-s300.aspx>, свободный.

12. Wika: Модель TR10-D. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.wika.ru/tr10\\_d\\_ru\\_ru.WIKA](http://www.wika.ru/tr10_d_ru_ru.WIKA), свободный.

13. Emerson: Метран-280. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www2.emersonprocess.com/ru-RU/brands/Metran/products/Temperature/duvs/280/Pages/index.aspx>, свободный.

14. Тепломеханика: Метран-150. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://teplomehanika.ru/metran150.htm>, свободный.

15. Метроник: Курант ДД. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metronic.ru/dd.html>, свободный.

16. Лимако: Уровнемер УЛМ-11. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.limaco.ru/ru/production/101/162/>, свободный.

17. НИИЭМ: Датчик измерения постоянного и переменного тока ДТХ-Т. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.niiem46.ru/current\\_sensors/dth\\_t.html](http://www.niiem46.ru/current_sensors/dth_t.html), свободный.

18. Справочник технического переводчика: ПИД-регулятор. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://intent.gigatran.com/article/?id=76906>, свободный.

19. Wikipedia: SCADA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/SCADA>, свободный.

20. Siemens: Simatic WinCC. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://w3.siemens.com/mcms/automation-software/en/tia-portal-software/wincctia-portal/Pages/default.aspx>, свободный.

21. ГОСТ 21.408-2013 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».
22. ГОСТ 21.208-2013. «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
23. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
24. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
25. ГОСТ 12.0.003-74 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».
26. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение».
27. Малахит: Расчет освещения по методу коэффициента использования светового потока. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.malahit-irk.ru/index.php/2011-01-13-09-04-43/202-2011-07-07-12-57-50.html>, свободный.
28. ЭКОКОНТРОЛЬ: Микроклимат помещений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ekontrol.ru/climate/>, свободный.
29. ГОСТ 12.1.005-88 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
30. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
31. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях».
32. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
34. Nature time: Как осуществляется переработка электроники. [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <http://nature-time.ru/2015/03/kakosushhestvlyaetsya-pererabotka-elektroniki/>, свободный.

35. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

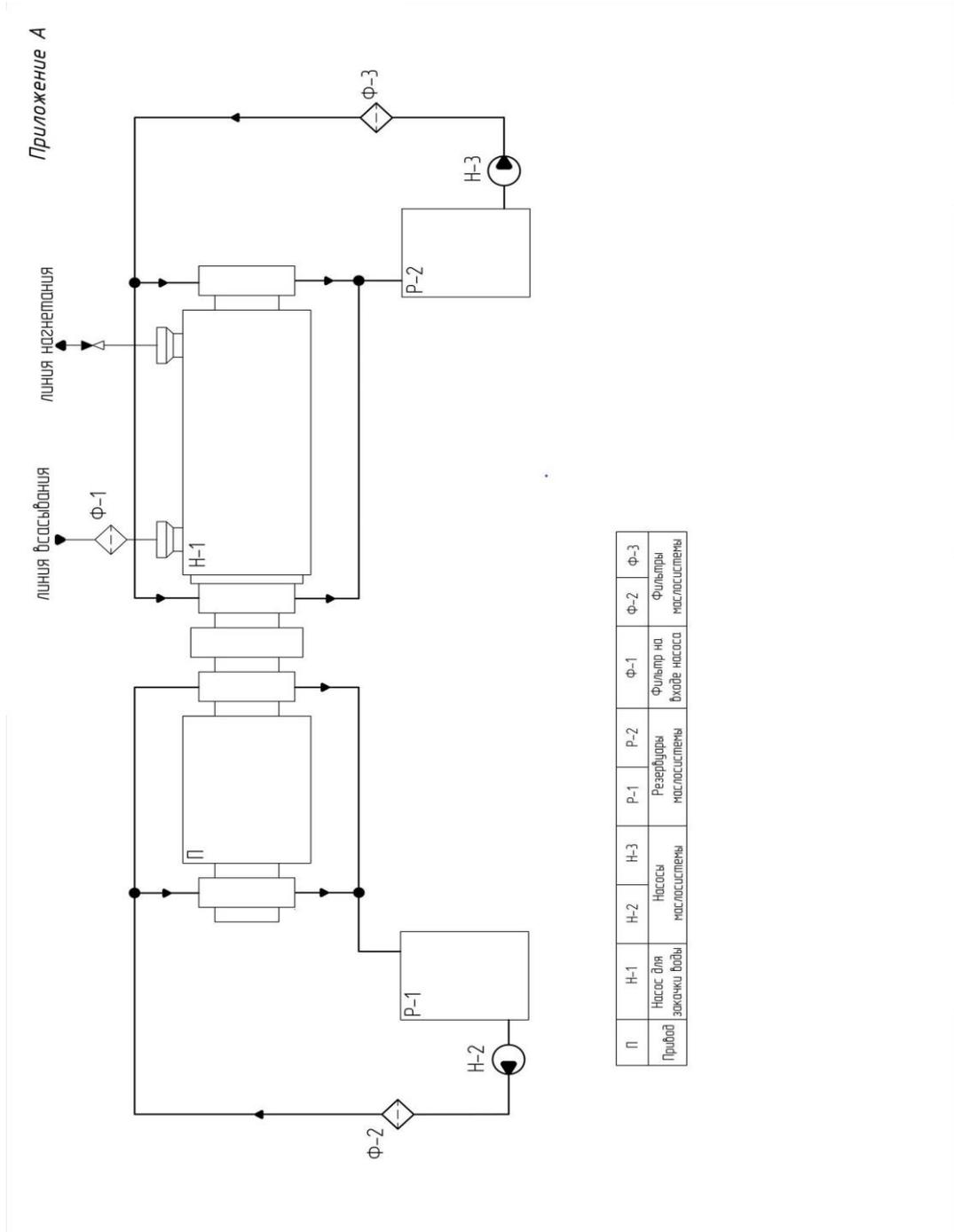
36. ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».

37. Grandars: Организация рабочего места при работе за компьютером. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

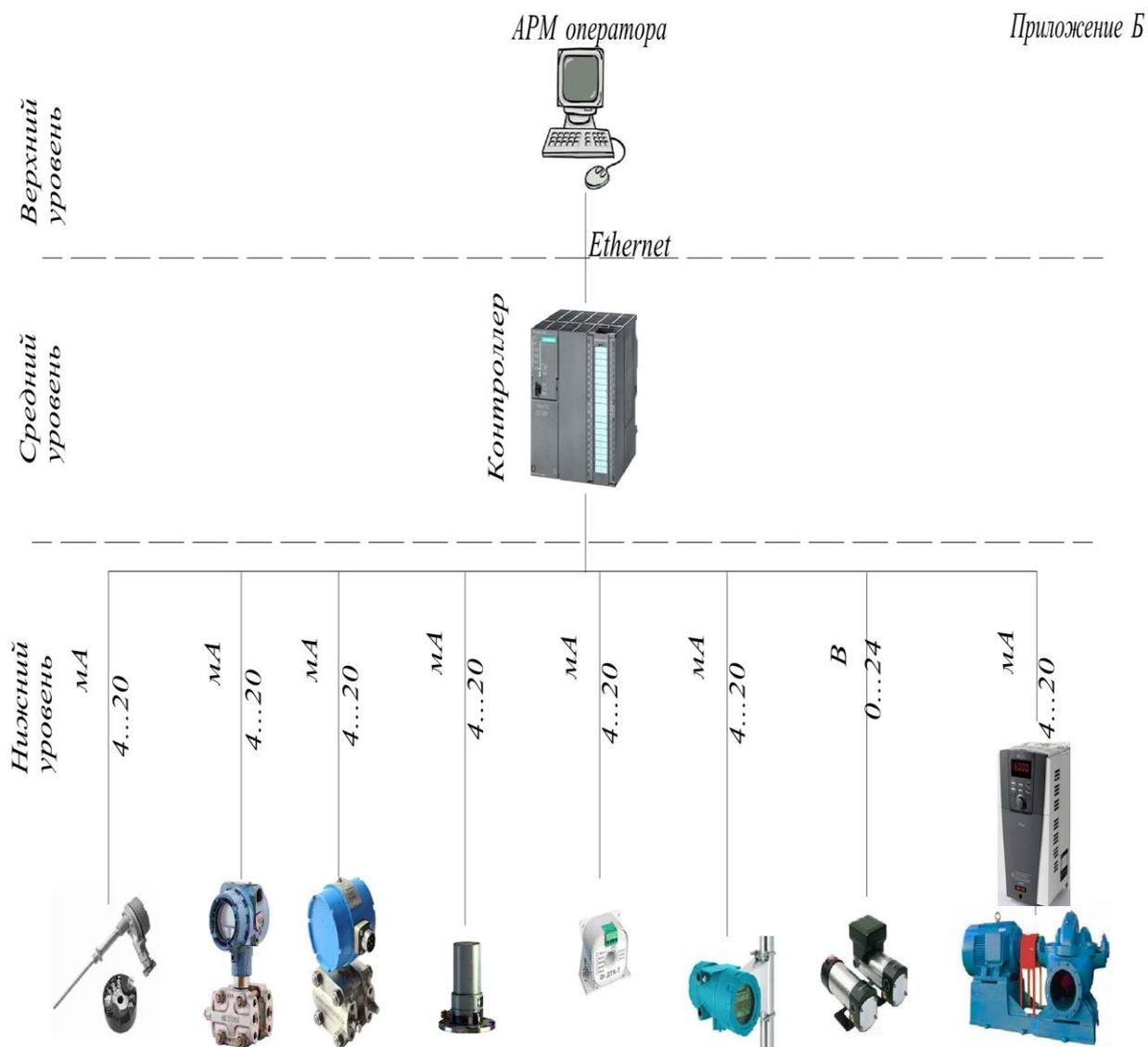
<http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatnosti/organizaciyaraboty-za-kompyuterom.html>, свободный.

38. Энциклопедия АСУ ТП: Расчет параметров ПИД-регулятора. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.bookasutp.ru/Chapter5\\_5.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter5_5.aspx), свободный.

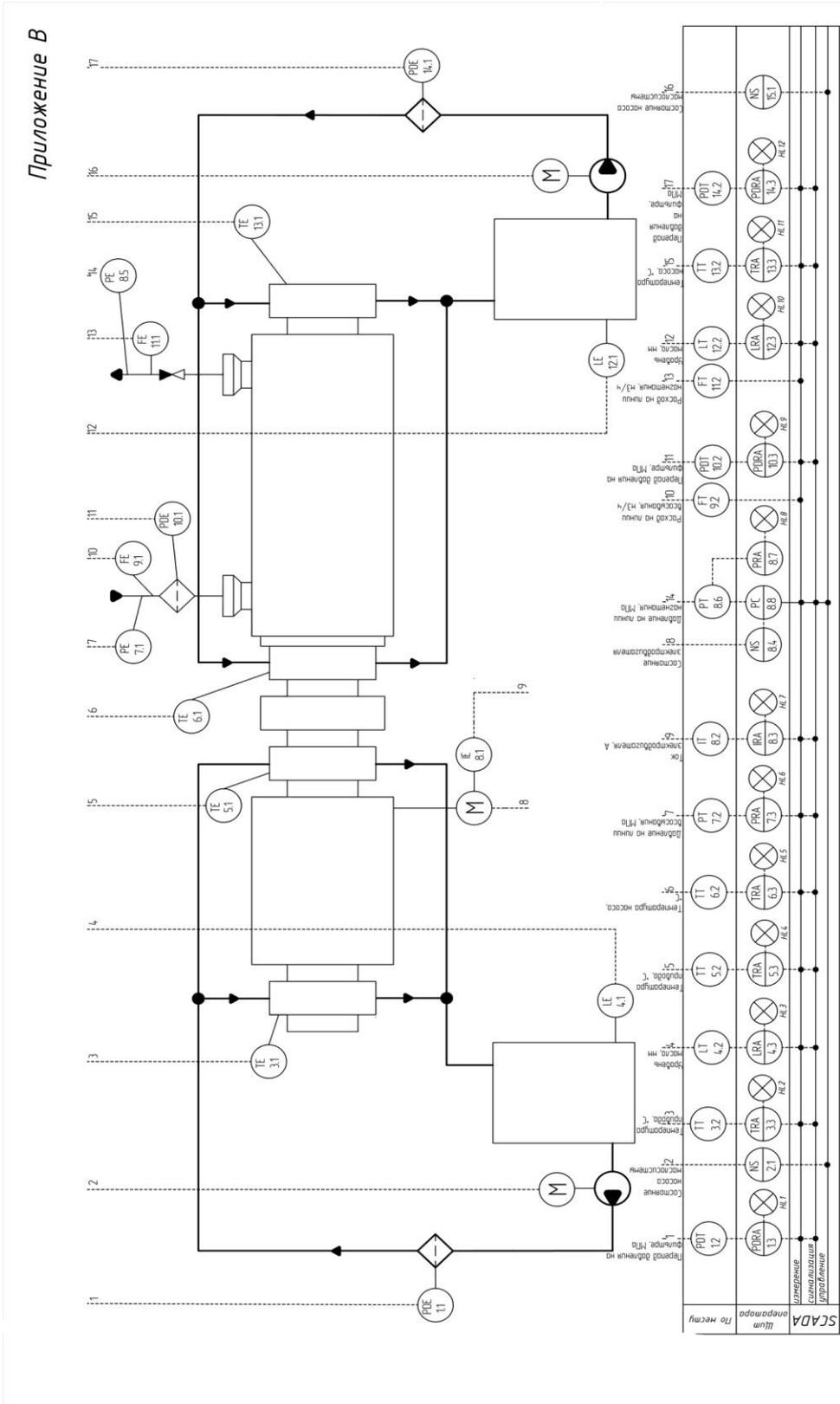
# Приложение А (обязательное) Структурная схема



**Приложение Б**  
**(обязательное)**  
**Трехуровневая структура АС**

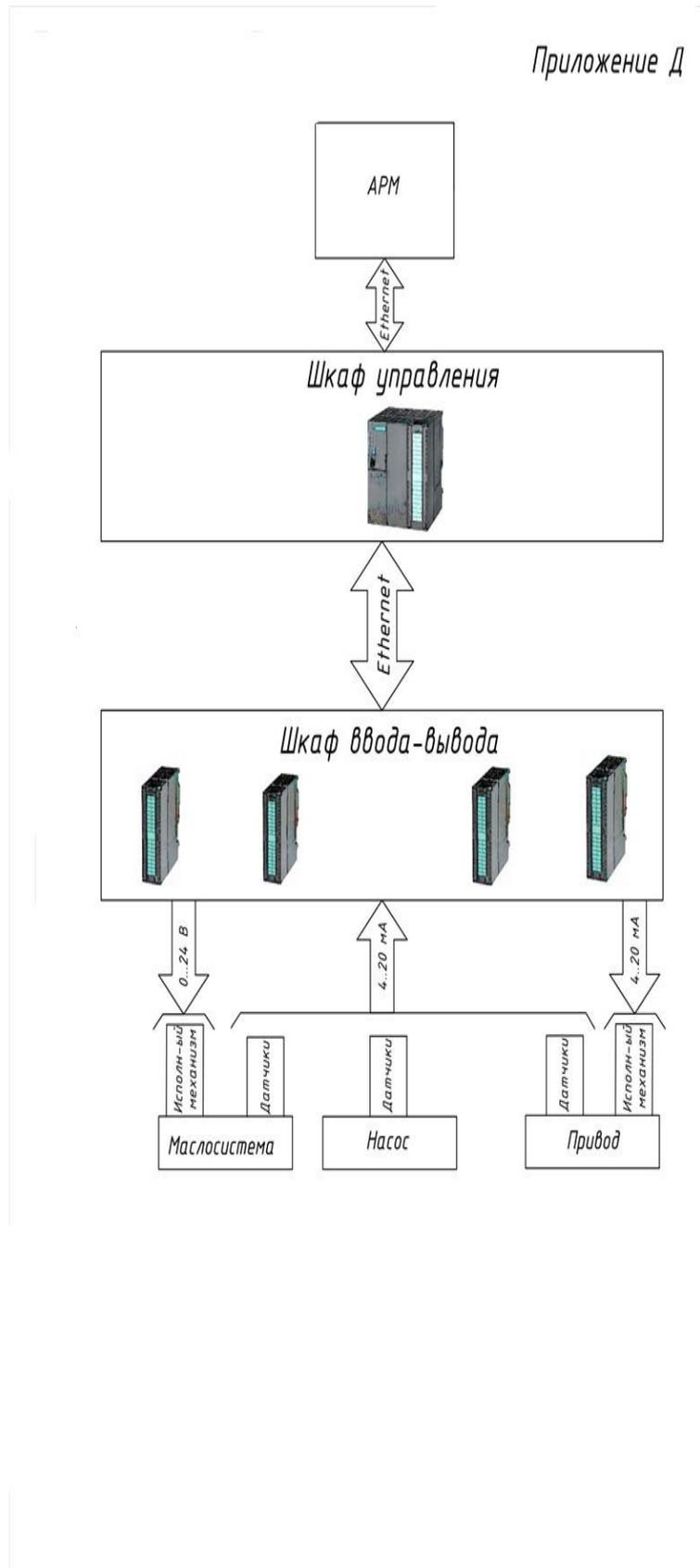


# Приложение В (обязательное) Функциональная схема



**Приложение Д  
(обязательное)**

**Схема информационных потоков**



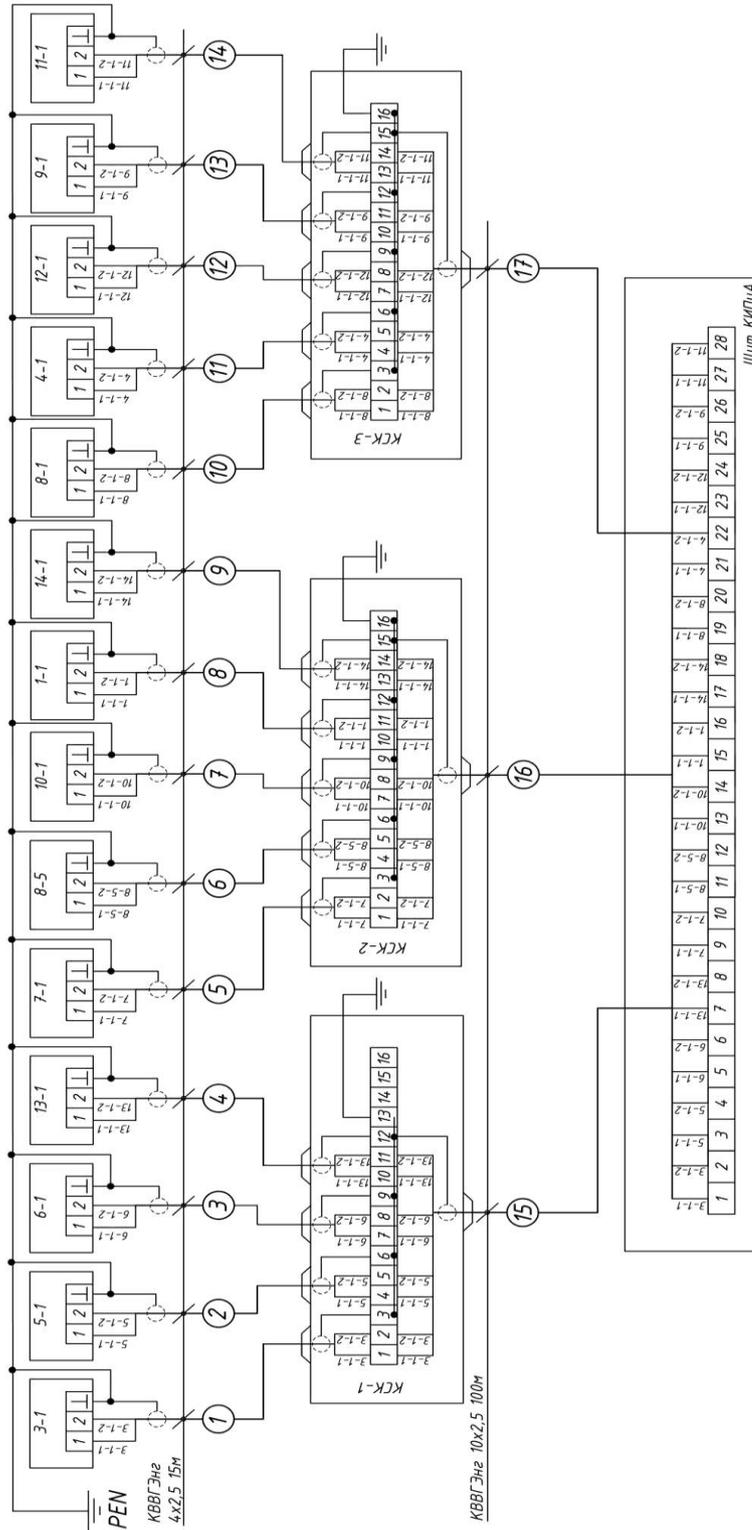
# Приложение Е

(обязательное)

## Схема внешних проводов

Приложение Е

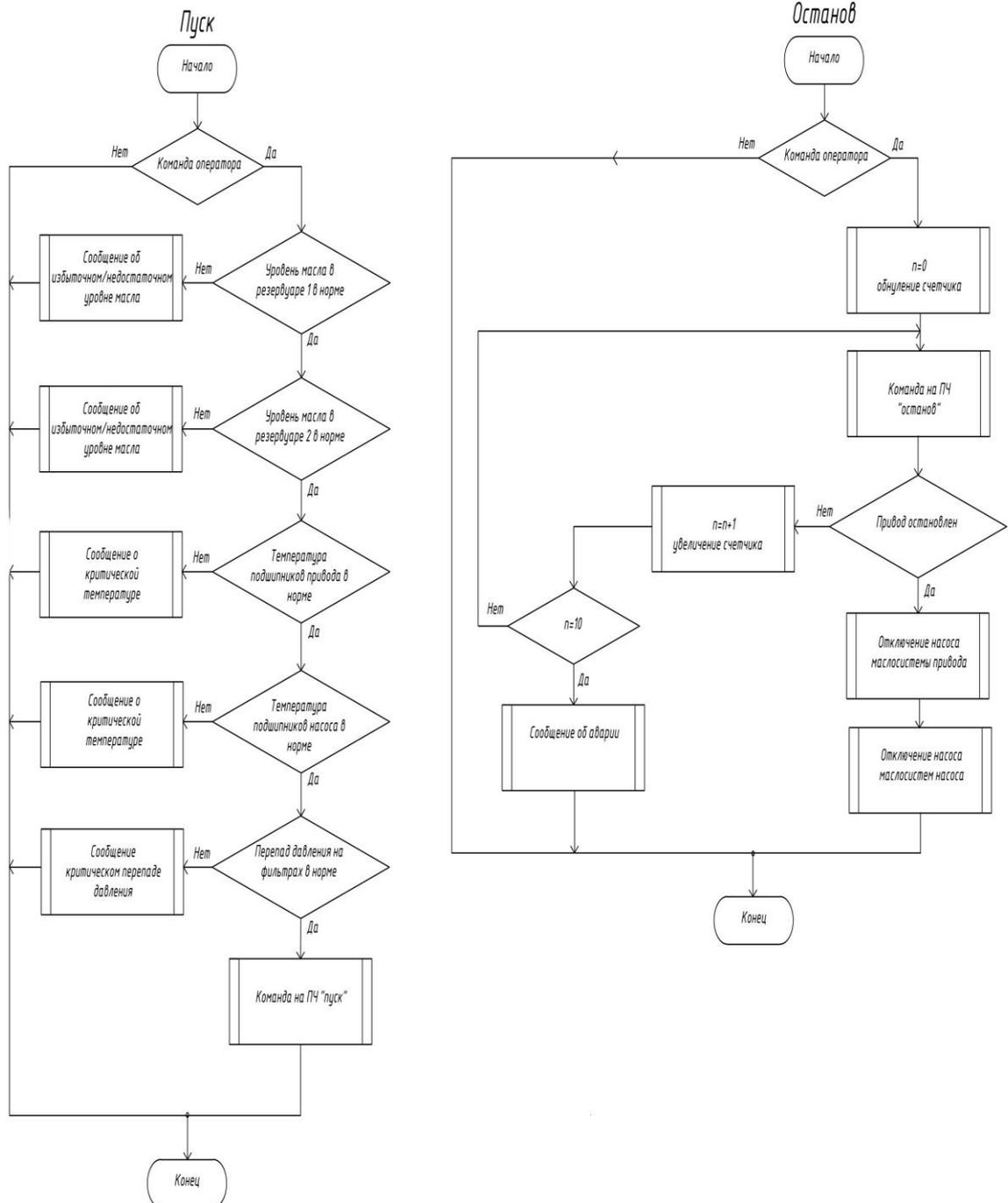
Наименование параметра	Температура			Давление			Перепад давления			Ток			Уровень			Расход		
	П	Н-1	Н-1	Линия всасывания	Линия нагнетания	Линия всасывания	Ф-1	Ф-2	Ф-3	П	Р-1	Р-2	Линия всасывания	Линия нагнетания	Линия всасывания	Линия нагнетания	FLUXUS F808	
Место отбора импульса																		
Тип датчика	Метран-280			Метран-150			Курант ДД			ДТХ-Т			УЛМ-11					
Позиция	3-1	5-1	6-1	13-1	7-1	8-5	10-1	1-1	14-1	8-1	4-1	12-1	9-1	11-1				



# Приложение Ж (обязательное)

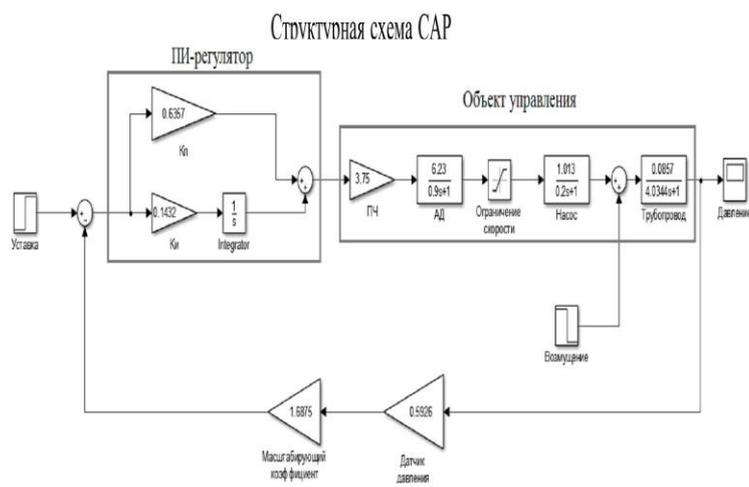
## Алгоритм пуска и остановки

Приложение Ж

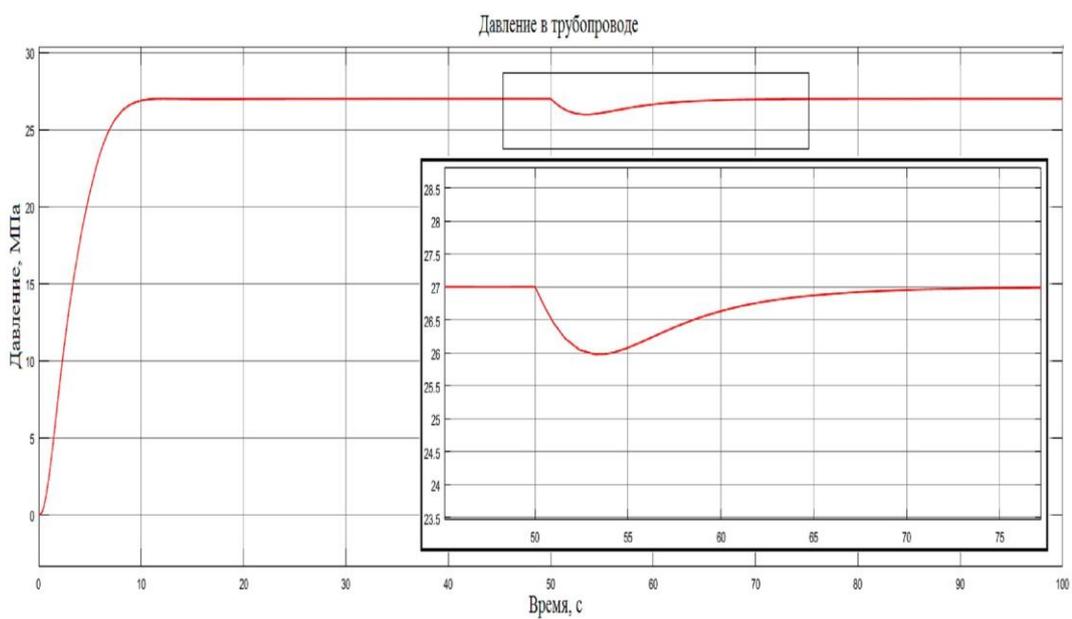


# Приложение 3 (обязательное) Структурная схема САР

Приложение 3



## Результаты моделирования



# Приложение И (обязательное) Экранная форма

## Приложение И

