

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции

УДК 004.896:622.276.53-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Карпенко Иван Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель ОАР ИШИТР	Семенов Николай Михайлович	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федоренко Ольга Юрьевна	Д-р мед. наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин Александр Васильевич	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-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
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда
ОПК(У)-2	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-3	Способен использовать современные

	информационные технологии, технику, прикладные программные средства при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с автоматизацией производств, выборе на основе анализа вариантов оптимального прогнозирования последствий решения
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью
Профессиональные компетенции	
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

	<p>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</p>
ПК(У)-5	<p>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</p>
ПК(У)-6	<p>Способен проводить диагностику состояния и динамики производственных объектов производств с использованием необходимых методов и средств анализа</p>
ПК(У)-7	<p>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</p>
ПК(У)-8	<p>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</p>

	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)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения – весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

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

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

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

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 Направление подготовки
 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) _____ (Дата) Воронин А.В.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Т71	Карпенко Иван Александрович

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	47/8 от 16.02.2022 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1 Описание технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Разработка схемы информационных потоков АС 6 Выбор средств реализации АС 7 Разработка схемы соединения внешних проводок 8 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС

	9 Разработка экранных форм АС
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio 2 Структурная схема автоматизации 3 Функциональная схема автоматизации 4 Схема соединения внешних проводов, выполненная в Visio 5 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 6 Алгоритм пуска/остановки насосных агрегатов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП Верховская Марина Витальевна
Социальная ответственность	Профессор Федоренко Ольга Юрьевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Карпенко Иван Александрович		

Студенту

Группа	ФИО
3-8Т71	Карпенко Иван Александрович

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Принять по действительным ценам
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка НДС – 20 % Ставка социального налога – 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчет инновационного потенциала НИИ	– SWOT-анализ; – оценка научного уровня исследования.
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	– расчет материальных затрат; – расчет основной и дополнительной заработной платы; – расчет отчислений во внебюджетные фонды; – расчет бюджета проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT. 2. Линейный график работ.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Карпенко Иван Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 3-8Т71		ФИО Карпенко Иван Александрович	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение

- Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.
- Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации

Объект исследования: блочно-кустовая насосная станция.
Область применения: нефтедобыча, ППД.
Рабочая зона: производственное помещение.
Размеры помещения: 8*4м.
Количество и наименование оборудования рабочей зоны: насосный агрегат, маслосистема, оборудование КИПиА.
Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль работоспособности оборудования КИПиА, наблюдение за технологическим процессом, обнаружение и устранение неисправности.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021).
 СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
 ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Перечень опасных и вредных факторов.
 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
 ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
 Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок
 Инструкция по охране труда при эксплуатации и при работе в электроустановках до 1000В с 3 группой допуска ИОТВ №76-19.

	<p>Инструкция по охране труда по применению и содержанию средств защиты в используемых электроустановках ПЗ-05 И-101725 ЮЛ-769.06.</p> <p>Инструкция по охране труда при работе с ручным слесарным инструментом ИОТВ №55-19.</p> <p>Инструкция по охране труда при выполнении работ по прокладке кабельных линий ИОТВ №40-19.</p> <p>Инструкция по охране труда при безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ИОТВ №41-19.</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.</p> <p>ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные.</p> <p>ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.</p> <p>ГОСТ 30852.10-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Искробезопасная электрическая цепь.</p> <p>ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.</p> <p>ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.</p> <p>ГОСТ 25861-83 Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний.</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения.</p> <p>ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов.</p> <p>ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.</p> <p>Федеральный закон от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»</p> <p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-</p>
--	---

	ФЗ "О специальной оценке условий труда.
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – наличие электростатического поля, чрезмерно отличающегося от поля Земли; – наличие электромагнитных полей промышленных частот (порядка 50-60 Гц); – Неподвижные и подвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы. <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума; – активное наблюдение за ходом производственного процесса; – отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего. <p>Средства коллективной защиты: наличие отопления, осветительные приборы, устройства дист. управления, знаки безопасности, защитные заземления, устройства автоматического отключения.</p> <p>Средства индивидуальной защиты: костюм специальный защитный, ботинки, перчатки, каски защитные, очки защитные, противозумные наушники, средства дерматологические (защитные, очистители кожи, репаративные средства).</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: проседание вышележащих горных пород вследствие обрушения пустот, откуда были выкачаны полезные ископаемые.</p> <p>Воздействие на гидросферу: загрязнение водоемов при разливе нефтепродукта.</p> <p>Воздействие на атмосферу: неконтролируемый выброс газа.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: природные катастрофы (ураган) геологические воздействия (провалы территории), техногенные аварии (отказ систем</p>

	безопасности, пожар, превышение давления). Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.04.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д-р мед. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т71	Карпенко Иван Александрович		

Реферат

Работа включает в себя 112 страниц текста, 25 таблиц, 22 рисунка, 1 перечень используемой литературы из 36 пунктов, 6 приложений.

Объект исследования выпускной квалификационной работы – блочно-кустовая насосная станция.

Целью работы является создание автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станцией с применением программируемого логического контроллера и одной из SCADA-систем.

Система контроля и управления технологическим процессом выполнена с помощью промышленных контроллеров Mitsubishi Electric, MELSEC L на базе SCADA-системы MasterSCADA.

Разработанная в выпускной квалификационной работе автоматизированная система может служить для хранения данных, управления и контроля на производстве. Этот проект послужит для безопасности, путем сокращения аварийных ситуаций, позволит увеличить точность и стабильность измерений, а так же положительно повлияет на производительность.

Перечень ключевых слов.

Блочно–кустовая насосная станция, ПИД–регулятор, программируемый логический контроллер, автоматизированная система управления, SCADA – система.

Содержание

Определения	
Введение	21
1. Требования к разрабатываемой системе	22
1.1 Цели и задачи автоматизированных систем управления технологическими процессами	22
1.2 Требования к системе	23
1.3 Требования к техническому оборудованию	23
1.4 Требования к электропитанию и электрозащите	24
1.5 Требования к программному обеспечению	25
2. Основная часть	26
2.1 Описание технологического процесса поддержания пластового давления	26
2.2 Описание технологического процесса блочной кустовой насосной станции	27
2.3 Выбор архитектуры автоматизированных систем	28
2.4 Разработка структурной схемы автоматизированных систем	31
2.5 Функциональная схема автоматизации	31
2.6 Разработка схемы информационных потоков блочной кустовой насосной станции	32
2.7 Выбор средств реализации блочной кустовой насосной станции	34
2.7.1 Выбор контроллерного оборудования блочной кустовой насосной станции	34
2.7.2 Выбор датчиков	38
2.7.2.1 Выбор расходомера	38
2.7.2.2 Выбор датчика давления	41
2.7.2.3 Выбор датчика температуры	43
2.7.2.4 Выбор уровнемера	45
2.7.2.5 Выбор датчика вибрации	48
2.7.2.6 Выбор датчика тока	59

2.7.2.7	Выбор датчика осевого сдвига	50
2.7.3	Выбор регулирующего клапана	51
2.8	Разработка схемы внешних проводок	53
2.9	Выбор алгоритмов управления автоматизированных систем блока кустовой насосной станции	55
2.9.1	Алгоритм сбора данных измерений	56
2.9.2	Алгоритм пуска/остановки технологического оборудования ...	56
2.9.3	Алгоритм автоматического регулирования давления	56
2.9.4	Разработка программного обеспечения для программируемых логических контроллеров	62
2.10	Экранные формы автоматизированной системы блока кустовой насосной станции	63
2.10.1	Разработка дерева экранных форм	63
3.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
3.1	Технология QuaD	68
3.2	SWOT-анализ	69
3.3	Структура работ в рамках научного исследования	72
3.3.1	Разработка графика проведения научного исследования	73
3.3.2	Расчет материальных затрат НИИ	75
3.3.3	Расчет затрат на специальное оборудование	76
3.3.4	Основная заработная плата исполнителей темы	78
3.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	79
3.3.6	Накладные расходы	79
3.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	80
3.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	80

3.5 Интегральный показатель ресурсоэффективности	81
3.6 Выводы по разделу	83
4. Социальная ответственность	85
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
4.2 Производственная безопасность	87
4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов	89
4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов	93
4.3 Экологическая безопасность	94
4.3.1 Защита атмосферы	94
4.3.2 Защита гидросферы	94
4.3.3 Защита литосферы	95
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	95
4.5 Выводы по разделу	99
Заключение	101
Список используемых источников	102
Приложение А (обязательное) Функциональная схема	107
Приложение Б (обязательное) Структурная схема автоматизации	108
Приложение В (обязательное) Функциональная схема автоматизации ...	109
Приложение Г (обязательное) Схема внешних проводок	110
Приложение Д (обязательное) Алгоритм сбора данных	111
Приложение Е (обязательное) Алгоритм пуска/остановки насосных агрегатов	112

Определения

Автоматизированная система (АС) – комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса.

Интерфейс (RS-232, RS-422, RS-485) – совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.

Видеокадр – область экрана, которая служит для отображения мнемосхем, трендов, табличных форм, окон управления, журналов и т.п.

Мнемосхема – представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.

Интерфейс оператора – совокупность аппаратно-программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой.

Профиль АС – определяется как подмножество и/или комбинации базовых стандартов информационных технологий и общепринятых в международной практике фирменных решений (Windows, Unix, Mac OS), необходимых для реализации требуемых наборов функций АС.

Протокол (Profibus, Modbus, HART и др.) – набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами.

Технологический процесс (ТП) – последовательность технологических операций, необходимых для выполнения определенного вида работ.

Архитектура автоматизированной системы – набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых конструируется АС.

ОРС-сервер – программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и

предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC.

Тег – метка как ключевое слово, в более узком применении идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры.

Обозначения и сокращения

БКНС – блочно-кустовая насосная станция;

ППД – поддержание пластового давления;

АСУ – автоматизированная система управления;

ТП – технологический процесс;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

САУ – система автоматического управления;

ПО – программное обеспечение;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ОТ – охрана труда;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

УПСВ – установка предварительного сброса воды;

КНС – кустовые насосные станции;

ВРБ – водораспределительные блоки;

БГ – блок гребенки;

СУБД – система управления базами данных;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПАЗ – противоаварийные защиты.

Введение

В данной выпускной квалификационной работе будет проектироваться БКНС (блочная кустовая насосная станция) и вариант ее модернизации. Назначение БКНС – поддержание пластового давления на нефтяных месторождениях с помощью подачи воды в нефтеносные пласты. Блочная поставка обеспечивает быстроту и простоту при развертывании, а также большим преимуществом является возможность автоматизации до 90 % процессов.

Сама по себе автоматизация согласно википедии – это одно из направлений научно-технического прогресса, использующее саморегулирующиеся технические средства и математические методы с целью освобождения человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов, изделий или информации, либо существенного уменьшения степени этого участия или трудоёмкости выполняемых операций. Данный процесс повсеместно используется как в бытовых, так и в промышленных сферах. В нашем случае он обеспечивает максимальную безопасность, минимизирует энергозатратность, количество обслуживающего персонала и реализует возможность полного удаленного контроля над БКНС.

Большинство объектов нефтепромысла строились и разрабатывались еще в годы СССР и потому многие из них нуждаются в той или иной степени модернизации. Подлежащая модернизации БКНС включает в себя морально и технологически устаревшие датчики и контроллер, что является основанием для их замены. К примеру, установленный до модернизации счетчик нефти МИГ-40 имеет погрешность (1,5-2,5) %, в то время как современные счетчики имеют погрешность (0,1-0,7) %, что уменьшает финансовые потери из-за неточности, а также обосновывает и окупает замену.

1 Требования к разрабатываемой системе

Для проектирования модернизации автоматизированной системы управления технологическими процессами БКНС, необходимо четко определить поставленную задачу, что и будет выполнено в текущем разделе.

1.1 Цели и задачи АСУ ТП

Цели разрабатываемой АСУ ТП:

- исключение появления аварийных ситуаций;
- рост качества работы, выполняемой БКНС;
- создание подходящего технологического режима на основе анализа показаний и сведений, полученных от приборов;
- экономия материальных и энергетических ресурсов;
- рост объемов конечной продукции;
- устойчивость параметров и показателей оборудования во время технологического процесса.

Основные задачи, решаемые посредством автоматизации БКНС:

- отслеживание и регулирование технологических систем в режиме реального времени;
- контроль качества потока жидкостей, например загрязненной воды, эмульсий и так далее;
- контроль движения потока жидкости после отделения газа;
- отслеживание нагнетания давления в нефтеносных пластах, с помощью закачивания пластовой, пресной воды или полимеров;
- обнаружение аварийных ситуаций и переход технологических узлов в безопасный режим работы в автоматическом режиме или по команде оперативного персонала;
- четкое понимание течения технологии процесса, выражающееся в визуализации технологических параметров, контроль и взаимодействие с ними посредством отражения всего этого в SCADA-системе управляющей системой как автоматически, так и автоматизировано. Примером автоматической работы

является система ПАЗ, не требующая вмешательства человека, а примером автоматизированной работы могут быть остальные технологические процессы, требующие пусть и редкого, но вмешательства оператора или технолога.

1.2 Требования к системе

Создание системы управления БКНС подразумевает использование открытой древовидной системы на основе часто применяемых протоколов для взаимодействия между уровнями.

Выбор контроллеров, датчиков, исполнительных механизмов, а также структуры системы управления, производится с учетом возможных вариантов, подходящих по техническим параметрам.

Система управления должна обладать:

- необходимыми сертификатами соответствия, согласно требованиям Российских нормативных документов;
- комплексом мер для автономной работы;
- возможность учета и фиксации ошибок, отключений, изменений параметров, аварийных ситуаций и сигналов тревоги;
- комплексом мер по защите доступа к данным и функциям.

1.3 Требования к техническому оборудованию

Диапазон температур, к воздействию которых должны быть устойчивы приборы, исполнительные механизмы и другое оборудование, установленное вне обогреваемых помещений, – от минус 40 до плюс 60 градусов Цельсия.

Должен быть предусмотрен резерв каналов контроллеров не менее 20 %.

Величины, необходимые для контроля и регулирования БКНС:

1. давление (МПа) – дифференциальное давление на фильтрах, избыточное давление на входе и выходе насосов, масла в маслосистеме, давление воды на входе и выходе БКНС;
2. расход рабочего агента ($\text{м}^3/\text{ч}$) – на выкиде насосов;
3. уровень (мм) – масла в маслобаках;

4. температура ($^{\circ}\text{C}$) – перекачиваемого продукта, подшипников насоса и электродвигателя, охлажденного и рабочего масла в маслосистеме;
5. вибрация (мм/с) – среднеквадратичное значение виброскорости;
6. осевой сдвиг (мм) – отклонение от допуска установки (центровки) электродвигателя;
7. нагрузка (А) – величина тока нагрузки на электродвигателе насоса.

Средства измерения должны соответствовать сигналу (4-20) мА, а микропроцессорные устройства соответствовать протоколу RS-422/RS-485.

Измерительные средства системы должны быть взрывобезопасны, искробезопасны, а также иметь коррозионную устойчивость чувствительного элемента.

Исполнительные механизмы должны иметь возможность работы в ручном режиме.

Все части системы должны быть приведены в соответствие с ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) [1].

Установленные приборы и оборудование должны быть приведены в соответствие с климатическими требованиями – работать при диапазоне температур от минус 40 до 60 $^{\circ}\text{C}$, иметь соответствующие влаго-, пыле-, электро- защиту.

1.4 Требования к электропитанию и электрозащите

Питание всех цепей системы должно быть приведено в соответствие с правилами эксплуатации электроустановок – Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок" [2].

Выполнение переключения с основного питания на резервное должно производиться автоматически и не влиять на работоспособность системы.

Элементы системы должны иметь заземление согласно [2].

1.5 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение не должно конфликтовать с уже существующим ПО. Языки программирования должны соответствовать стандарту IEC 61131-3 [3].

ПО должно быть интуитивно понятным, русифицированным, иметь режимы входа для разных пользователей с возможностью установки паролей для идентификации.

Обязательно должны иметься базы данных с возможностью просмотра трендов не только технологических параметров, но и идентификации персонала, вносящего изменения в технологический процесс.

2 Основная часть

2.1 Описание технологического процесса поддержания пластового давления

БКНС технологически задействованы в системах поддержания пластового давления (ППД). ППД, в свою очередь, является комплексом, который обеспечивает добычу, подготовку, подачу в пласт нефтяного месторождения воды для поддержания пластового давления, что является необходимым условием для эффективной добычи нефти.

Насосные станции по конструктивным особенностям бывают двух видов:

- КНС собранные в капитальных зданиях;
- БКНС, создаваемые в блоках на заводах-изготовителях и так же блочно устанавливаемые на промысле.

Комплекс ППД состоит из нескольких частей:

УПСВ – установка предварительного сброса воды;

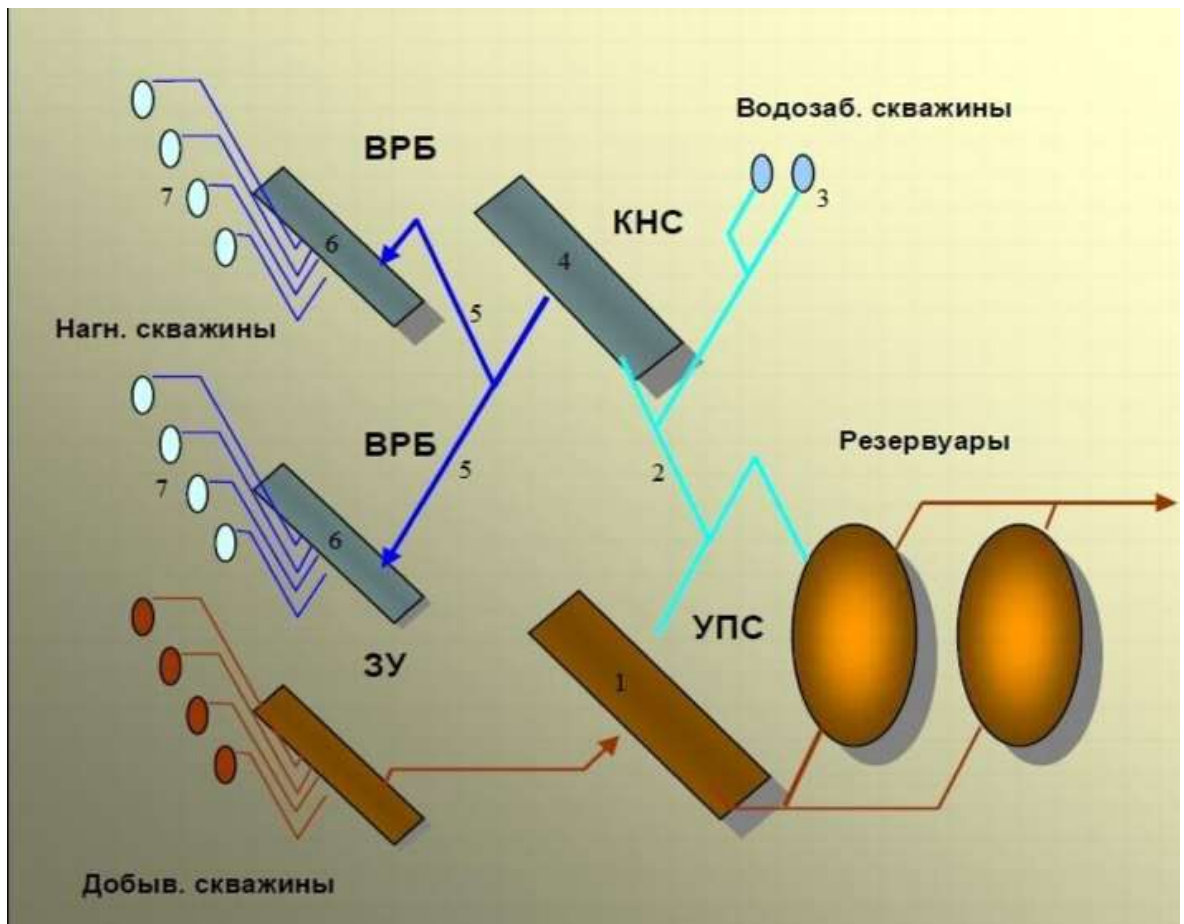
КНС – кустовые насосные станции, это и есть наши БКНС;

ВРБ – водораспределительные блоки;

БГ – блоки гребенки.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема работы ППД.

Принцип работы комплекса ППД: из водозаборной скважины или УПСВ вода по промысловому трубопроводу поступает на БКНС, далее на ВРБ (БГ) и через них – на нагнетательные скважины. БКНС является сердцем комплекса ППД и перекачивает воду по трубопроводу в нефтенесущий пласт, без чего не возможна эффективная работа по добыче нефти.



1 – установка предварительного сброса воды; 2 – водовод низкого давления; 3 – водозаборные скважины; 4 – кустовая насосная станция; 5 – водоводы высокого давления; 6 – водораспределительные блоки; 7 – нагнетательные скважины

Рисунок 1 – Принципиальная схема работы ППД

2.2 Описание технологического процесса БКНС

БКНС предназначена непосредственно для нагнетания воды в пласт при нефтедобыче. Блоки собираются на заводах и в готовом виде транспортируются к месту их установки. Процесс начинается с подачи воды на насосы через систему фильтрации. Для этого используется комплекс задвижек, электрозадвижек и клапанов. Далее насосы выполняют свою функцию и поднимают давление воды до рабочих величин. Вода проходит через систему учета, обратные клапаны, снова через комплекс задвижек, электрозадвижек и

клапанов в систему ППД на нагнетающие скважины. В состав БКНС входят дублируемые насосы одинакового класса и типа [4].

Чаще всего у насосов предусмотрена система подачи масла к подшипникам. Данная система включает в себя подачу масла из баков с помощью отдельного масляного насоса и охлаждение его после подшипников в маслоохладителях, от них масло поступает снова в бак и цикл повторяется. В маслосистеме обязательно предусмотрен резервный маслонасос и фильтрация примесей. Охлаждение осуществляется воздухом.

Функциональная схема приведена в Приложении А.

2.3 Выбор архитектуры автоматизированной системы

Для того чтобы разработать архитектуру АС, необходимо понять, чего мы хотим добиться с ее помощью, какие задачи выполнить и как сделать это наиболее продуктивно. Наши цели:

- облегчить работу персоналу с помощью АС;
- повысить качество выполняемых работ;
- получить адаптивную АС.

Чтобы выполнить эти цели, нужно опираться на определение профилей АС – они представляют собой комплекс стандартов, направленных на определенную задачу.

Согласно [5], существует несколько групп профилей АС:

- профиль защиты информации АС;
- профиль среды АС;
- профиль прикладного программного обеспечения;
- профиль инструментальных средств АС.

Из подходящих профилей была выбрана SCADA-система MasterSCADA, базироваться она будет на операционной системе Windows 10. Для защиты информации проекта будут использоваться стандартные средства защиты Windows. Профиль средств инструментов, используемый в АС, должен

строится на базе выбранной АС, дополняя, сопровождая и развивая ее, помогая с выбором методов и технологии создания АС.

Модель, представленная на рисунке 2, демонстрирует разделение ПО на 3 части – внешняя среда, платформа сервисов, а также прикладное ПО. Взаимосвязь происходит посредством интерфейсов, внешней средой АС в данном случае будет «нижний уровень». Сервисы API, EEI и другие являются частью платформы сервисов и используются посредством интерфейсов. SCADA-системы, СУБД и HMI входят в состав «верхнего уровня».

Верхний уровень – исполняет функцию автоматического управления и отражает технологические параметры и протекающие процессы.

Средний уровень – строит взаимосвязь с нижним и верхним уровнем посредством контролера ПЛК.

Нижний уровень – включает в себя приборы, интерпретирующие физические параметры в сигналы, а также получающие сигналы от среднего уровня.

Эта связка позволит выполнить:

- регулирование отдельных параметров;
- однократно логически управлять процессами и агрегатами;
- программно логически управлять связкой оборудования;
- максимально продуктивно управлять переходными технологическими режимами.

Для взаимодействия SCADA с приборами и исполнительными механизмами используется сигнал (4-20) мА. Транслирование данных осуществляется посредством RS-485, RS-422, RS-232, Ethernet, ModBus, а также сети TCP/IP.

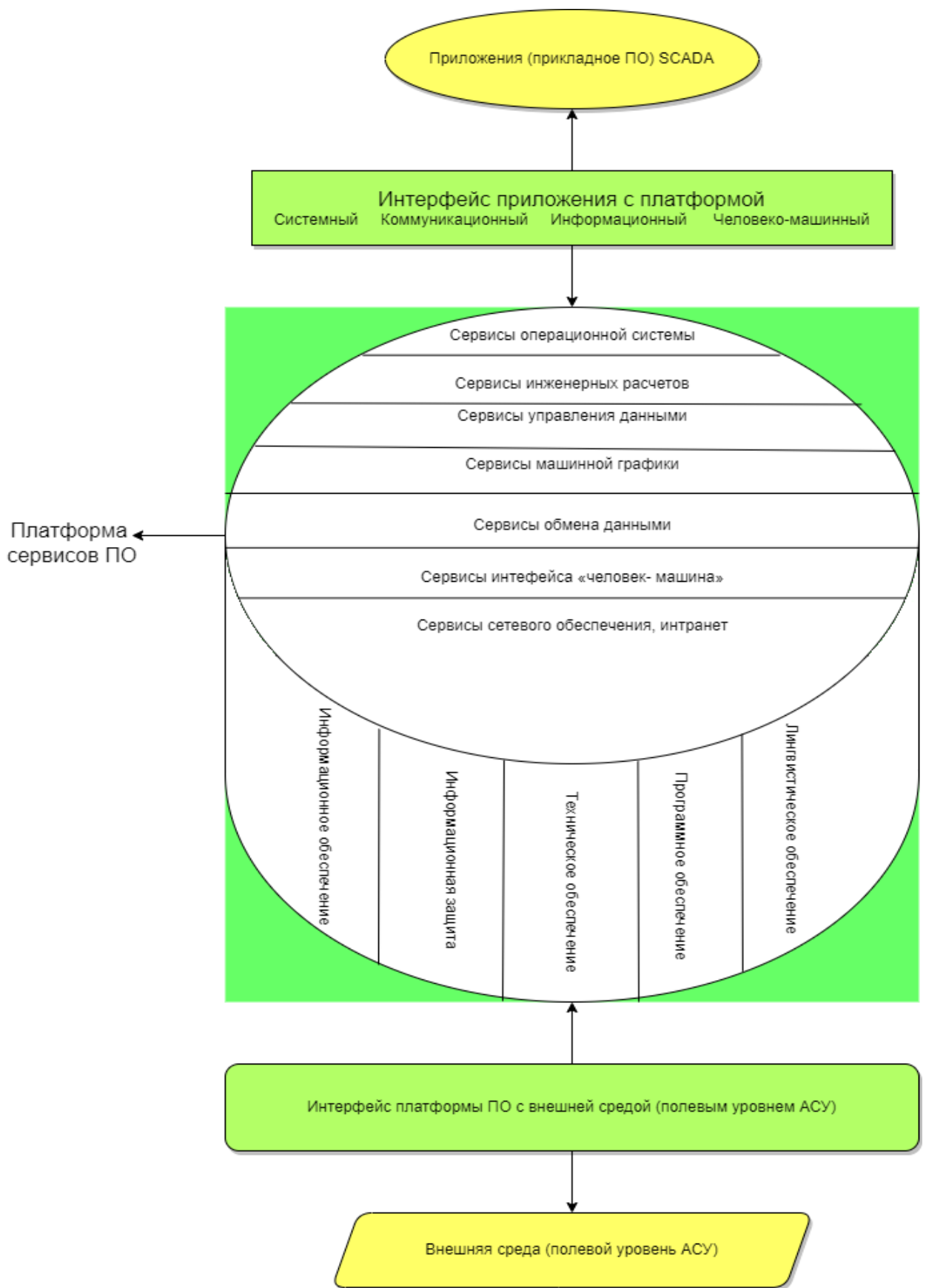


Рисунок 2 – Концептуальная модель ПО АС.

2.4 Разработка структурной схемы автоматизированной системы

Для разработки структурной схемы АС необходимо подробнее рассмотреть состав системы.

Нижний (полевой) уровень будет включать в себя приборы КИПиА, измеряющие: расход, положение, температуру, уровень, избыточное и дифференциальное давление и так далее. Этот набор измеряемых величин позволит продуктивно выстраивать технологический процесс и оперативно в него вмешиваться при необходимости.

Средний, или контроллерный уровень включает в себя – ПЛК которые собирают, анализируют информацию, посылают необходимые сигналы исполнительным регулирующим механизмам, а так же взаимодействуют с верхним уровнем и отвечают за сохранность информации, например, трендов или уставок.

Верхний (информационно-вычислительный) уровень включает в себя компьютеры и сервера баз данных. Взаимодействие между ними происходит посредством локальной сети Ethernet.

Компьютер, который используется для отслеживания технологических процессов оперативным персоналом, называется автоматизированным рабочим местом, или АРМ оператора. На нем устанавливают необходимое программное обеспечение: Modbus RTU; MasterSCADA; OPC сервер; драйвера RS-485, АС4; Excel.

В Приложении Б представлена разработанная структурная схема автоматизации.

2.5 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматизации представляет собой производственную документацию, на основании которой определяют перечень средств автоматизации, а также структуру контроля, управления и регулирования для разрабатываемой системы. Она отражает в себе

фундаментальные технические решения, выдвинутые при создании СА технологических процессов.

Функциональная схема автоматизации ставит основной целью обработку начальной информации по правильности прохождения технологического процесса, позиции оборудования, контролирование и сохранение текущих данных.

Чаще всего представляет собой функционально-блочную структуру из отдельных частей, входящих в ее состав.

Функциональная схема должна соответствовать ГОСТ 21.208-2013 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» [6] и ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов» [7].

В Приложении В представлена функциональная схема автоматизации.

2.6 Разработка схемы информационных потоков блочной кустовой насосной станции

Создавая схему информационных потоков БКНС, нужно учитывать, что в нее входят нижний уровень (отвечает за сбор и обработку данных), средний уровень (отвечает за оперативное хранение данных) и верхний уровень (отвечает за архивное и корпоративной информационной системы (КИС) хранение данных).

Параметры, транслируемые в локальную вычислительную сеть с использованием стандарта OPC (Open Platform Communications), включают в себя:

- давление (избыточное) на входе насосов;
- давление (избыточное) на выходе насосов;
- давление (дифференциальное) на фильтрах;
- уровень масла в баке;
- расход воды на выходе БКНС;

- температура подшипников;
- температура масла;
- вибрация насосного агрегата;
- осевой сдвиг электродвигателя;
- нагрузка на электродвигатель насоса.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки.

Знак подчеркивания _ в данном представлении служит для отделения одной части идентификатора от другой и не несет в себе какого-либо другого смысла.

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице №1.

Таблица №1 – Кодировка сигналов в SCADA-системе.

Кодировка	Расшифровка
DAV_VHD_WORK_VOD	Давление воды на входе насосов
DAV_VYH_WORK_VOD	Давление воды на выходе насосов
URV_MAS_WORK_MASL	Уровень масла в маслобаках маслосистемы
RAS_VYH_WORK_VOD	Расход воды на выходе БКНС
TEM_DVG_WORK_POD	Температура подшипников
TEM_MAS_WORK_MASL	Температура масла в маслосистеме

Для облегчения работы персонала и наглядности выводимая информация визуализирована с помощью изображения информативных объектов и частей системы, воздействующих на них. Так же на АРМе оператора могут автоматически компоноваться разнообразные формы отчетов в формате Excel. Компиляция отчетов производится по определенному ранее времени: каждые 2 часа (двухчасовой отчет), каждую смену (отчет в 08.00 и 20.00 каждых суток), каждые сутки (отчет в 24.00 каждых суток), каждый месяц (30-31 число каждого месяца), по требованию (оперативный отчет) [8].

Составляются отчеты с обязательным включением в них информации:

- сводка актуального состояния оборудования;

– сводка актуальных измерений.

2.7 Выбор средств реализации блочной кустовой насосной станции

Для того чтобы выбрать программно-технические средства проекта АС, необходимо рассмотреть возможные варианты, выбрать конкретные компоненты АС и проанализировать сочетание между ними.

Средства АС БКНС представляют собой метрологические приборы, исполнительные механизмы, а также контроллер и его оборудование.

Все части АС предусмотрены для выполнения определенной роли:

- измерительные (метрологические) приборы предоставляют информацию о протекании технологических процессов;
- исполнительные механизмы преобразуют электроэнергию в механическое усилие или физические величины, чтобы взаимодействовать с объектом управления согласно рабочему алгоритму;
- контроллер и его оборудование занимается расчетами и производством логических операций.

2.7.1 Выбор контроллерного оборудования блочной кустовой насосной станции

Для выбора контроллера произведем оценку следующих видов ПЛК:

- Siemens S7-400;
- Mitsubishi Electric MELSEC L;
- ОВЕН ПЛК 110.

Остановим свой выбор на Mitsubishi Electric MELSEC L, так как это качественный контроллер с набором необходимых функций, имеющий возможность наращивания и большой запас надежности. Так же стоит обратить внимание на то, что цена контроллера Mitsubishi Electric MELSEC L ниже, чем у Siemens S7-400. Контроллер ОВЕН ПЛК110 ниже по цене Mitsubishi Electric MELSEC L, но уступает ему по надежности, что является основным из критериев выбора.

Проведем сравнительный анализ контроллеров.

Таблица 2 – Сравнительный анализ контроллеров

Контроллеры	Siemens S7-400	Mitsubishi Electric MELSEC L	ОВЕН ПЛК110
Модули ввода/вывода	Модульного типа до 4000 точек	Подключение дополнительных модулей до 1024 точек	Подключение дополнительных модулей до 1024 точек
Время цикла	0,1 мс	0,2 мс	(0,2-1) мс (в зависимости от блока)
Резервирование	128 МБ на flash память	128 МБ на flash память	6 МБ на flash память
Протокол	RS-485, Modbus RTU, Profibus, Ethernet	RS-485, Modbus RTU, Profibus, Ethernet	RS-485, RS-232, Modbus RTU, Ethernet
Языки программирования	FBD, LD, CFC, STL	FBD, LD, CFC, STL	FBD, LD, CFC, STL
Средняя наработка на отказ	170 000 ч	150 000 ч	100 000 ч
Цена	250000 Р	180000 Р	110000 Р

Процессы управления и контроля параметров на БКНС с помощью автоматического регулирования прекрасно выполняет контроллер Mitsubishi Electric, MELSEC L (Рисунок 3). Основные его преимущества:

- Уменьшение финансовых вложений на внедрение, освоение и поддержку контроллера;
- фактор надежности, образующийся из востребованности контроллера на разных уровнях и отраслях экономики не только в РФ, но и за границей, а также отсутствием рекламаций об отказах;
- наличие основных сетевых протоколов обмена данными, форматов данных и производительность на высоком уровне;
- присутствие основных языков математического описания данных и процессов, что дает контроллеру универсальность и комфорт в работе и обслуживании.



Рисунок 3 – Mitsubishi Electric, MELSEC L

Согласно документации, Mitsubishi Electric, MELSEC L – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации средней степени сложности.

В разнообразных секторах промышленного производства Mitsubishi Electric, MELSEC L ценится за то, что обеспечивает создание систем автоматического управления за счет своего функционала, возможностей, рентабельности, комфорта эксплуатации и использования структур локального и распределенного ввода-вывода.

Охлаждаются модули естественным образом.

Особенности Mitsubishi Electric, MELSEC L, повлиявшие на выбор:

- включает в себя встроенные интерфейсы Ethernet и Mini USB, слот карты памяти SD/SDHC;
- также имеет интерфейс CC-Link V2 Master/Local для подключения к эффективной открытой полевой шине;
- встроенный в среду разработки конфигурационный инструмент упрощает настройку функции регистрации данных благодаря интерфейсу с пошаговым мастером. GX LogViewer – программное обеспечение разработанное компанией

Mitsubishi Electric, которое позволяет легко визуализировать и интерпретировать захваченные данные;

- встроенные порты USB 2.0 и Ethernet могут использоваться для подключения непосредственно на месте установки;

- пакет GX Works2 представляет следующее поколение в программном обеспечении для программирования и обслуживания ПЛК;

- допустимое время провала электропитания 10 мс, имеется автоматический рестарт после потери электропитания.

Технические характеристики процессорного модуля L02SCPU приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики процессорного модуля L02SCPU

Параметры		Значение
Способ управления		Циклическое выполнение сохранённой программы
Адреса ввода-вывода		1024/8192
Языки программирования		Функциональный блок, язык релейных схем, MELSP3(SFC), MELSP-L, структурированный текст (ST), логический символический язык
Основные скорости обработки операций		60 нс
Размер программы (кол-во шагов)		20 Кб
Объём памяти	Память программы	80 Кб
	Стандартная RAM	128 Кб
	Стандартная ROM	512 Кб
Встроенные функции	Встроенные входы/выходы	16 входов (24 В пост.т.); 8 выходов (5-24 В пост.т., 0,1 А на канал)

Продолжение таблицы 3 – Технические характеристики процессорного модуля L02SCPU

	Регистрация данных	10 настроек регистрации данных (для каждой можно задать 32-4832 Кб)
	Интерфейс связи	RS-232, USB
	Подключение CC-Link	–
Таймер (Т)		2048
Счётчик (С)		1024
Relay (М)		8192
Максимальное кол-во подключаемых модулей		Базовый блок: 10 модулей, Блок расширения: 11 модулей
Вес, кг		0,32
Размеры (ШxВxГ), мм		70x90x95

2.7.2 Выбор датчиков

2.7.2.1 Выбор расходомера

В качестве расходомеров рассмотрим следующие:

- Метран 360;
- SITRANS FX300;
- Yokogawa Rota Mass 3.

Согласно свойствам расходомеров, при большинстве равных параметров, выигрывает по средним срокам службы и цене Метран 360, кроме того он соответствует и по другим необходимым нам параметрам: по степени защиты, выходному сигналу, классу точности, диапазону рабочих температур и возможностью работы в агрессивных средах.

Сравнение расходомеров приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение расходомеров

Параметр	Метран 360	SITRANS FX300	Yokogawa Mass 3	Rota
Погрешность измерения	±0,5 %	±0,75 %	±0,1 %	
Выходной сигнал	(4-20) мА + HART	(4-20) мА + HART	(4-20) мА + HART	
Межповерочный интервал	4 года	4 года	4 года	
Средний срок службы	18 лет	10 лет	12 лет	
Степень защиты	IP68	IP66/67	IP68	
Среднее время наработки на отказ	10 000 ч	10 000 ч	10 000 ч	
Цена	184 740 Р	270 000 Р	327 452 Р	

Выбранный нами датчик расхода Метран 360 (Рисунок 4) используется в разных сегментах промышленности, в том числе коммерческом учете, в системах автоматике, ПАЗ и т.д. Назначение прибора – измерение массового расхода и расчет объемного расхода текучих и газообразных сред.

Принцип работы Метран 360: при прохождении измеряемого продукта сквозь направленное магнитное поле, так как среда электропроводна, создается напряжение по закону индукции Фарадея. Количественный показатель этого напряжения пропорционален расчетной средней величине скорости потока, а значит и объемному расходу.

Прибор также включает датчик, воспринимающий созданное напряжение и преобразователь, который модифицирует напряжение в общепринятый сигнал (4-20) мА или пульсацию. Данный датчик может поставляться в комплекте или устанавливаться позже.



Рисунок 4 – Расходомер Метран 360

В датчике Метран 360 в отличие от более ранних приборов типа МИГ-40 и т.д. другие параметры среды (давление, плотность, температура, вязкость) не влияют на расчет расхода.

Преимущества применения кориолисовых расходомеров:

- высокая точность измерений параметров;
- за счет расчета параметров и дополнительных встроенных датчиков данный тип прибора может быть использован вместо нескольких приборов;
- направленность потока измеряемой среды не влияет на правильность работы прибора;
- имеется возможность установки расходомера без соблюдения требований к прямым участкам трубопровода перед прибором и после;
- экономия средств на установке вторичных приборов, вычисляющих расход;
- так как у расходомера нет какого либо чувствительного элемента, на который могла бы влиять вибрация, давление или температура измеряемого продукта, работа прибора более корректна и стабильна;

- возможность получения корректных показаний при работе с вязкими средами;
- в конструкции расходомера отсутствуют части, которые находятся в движении, а значит, подвержены износу, что сильно увеличивает длительность работы прибора и облегчает его обслуживание;
- стабильная работа расходомера без необходимости в постоянных калибровках и технических обслуживаниях;
- блок питания, входящий в состав расходомера, предусматривает несколько режимов работы в зависимости от источника питания с автоматическим переключением между ними.

2.7.2.2 Выбор датчика давления

Параметр давления необходимо контролировать посредством датчиков давления, ниже представлена выборка:

1. Сапфир-22М;
2. Метран -100/-ДД;
3. АИР-20/М2-МВ.

В результате анализа был выбран датчик давления Метран-100 (Рисунок 5), так как Сапфир-22М уступает по параметрам другим претендентам, а Метран-100 имеет несколько преимуществ перед АИР-20/М2-МВ. Метран-100 имеет возможность измерять как разность давления, так и абсолютное (что даст нам возможность использовать один вид датчиков для разных видов давления), а также более низкую стоимость и соответствует всем остальным требованиям нашего проекта.

Результаты сравнения сведены в таблицу 5.

Метран-100 – датчик давления, используемый для систем автоматического контроля и регулирования. Измеряет параметры давления избыточного, абсолютного, разрежения, разности давлений, гидростатического давления и преобразует их в необходимый сигнал.

Таблица 5 – Сравнение датчиков давления

Критерии выбора	Сапфир-22М	Метран-100/-ДД	АИР-20/М2-МВ
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны пределов измерений	(0–2,5) МПа	(0–6) МПа	(0–2,5) МПа
Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,25 %	0,1 %
Выходной сигнал	(4–20) мА	(4–20) мА, HART	(4–20) мА, HART, RS-485
Температура окружающей среды	От минус 50 °С до плюс 80 °С	От минус 40 °С до плюс 70 °С	От минус 50 °С до плюс 70 °С
Наличие ЖКИ	нет	да	да
Срок службы	12 лет	12 лет	12 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP65	IP65	IP65
Цена от, т.р.	19 000 Р	19 000 Р	30 000 Р



Рисунок 5 – Метран-100

Сигналы могут быть: токовыми, цифровыми на основе одного из используемых протоколов и цифровым на основе протоколов обмена ICP или Modbus. В состав датчика давления входит преобразователь давления и электронный преобразователь с унифицированным сигналом.

Принцип работы прибора: измеряемая среда проходит в камеру сенсорного блока и преобразуется в изменение физического состояния тензопреобразователя, что в свою очередь вызывает изменение сопротивления. Далее преобразователь датчика давления преобразует данное изменение сопротивления в токовый выходной сигнал.

2.7.2.3 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры проведем сравнительный анализ следующих датчиков:

- Метран ТСМУ-274;
- ОВЕН ДТПК-И;
- WIKA TR10-F;
- Метран-241.

Результаты сравнения сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Обзор датчиков температуры

Критерии выбора	Метран ТСМУ-274	ОВЕН ДТПК-И	WIKA TR10-F	Метран-241
Изменяемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Малогабаритные подшипники и поверхности твердых тел
Диапазон измеряемых температур	От минус 50 °С до плюс 180 °С	От минус 50 °С до плюс 150 °С	От минус 200 °С до плюс 600 °С	От минус 40 °С до плюс 200 °С

Продолжение таблицы 6 – Обзор датчиков температуры

Предел допускаемой погрешности	0,25 %	0,25 %	0,1 %	0,75 %
Выходной сигнал	(4–20) мА +HART	(4–20) мА	(4–20) мА +HART	(4–20) мА
Взрывозащищенность	ExdIICT6	ExdIICT6	EExiaIICT6	ExdeIICT6
Срок службы	5 лет	5 лет	5 лет	5 лет
Степень защиты от пыли и воды	IP65	IP54	IP67	IP5x
Цена	3 600 Р	3 000 Р	9 000 Р	3 500 Р

Исходя из обзорной таблицы, нам не подходит Метран-241, так как он не унифицирован и не может использоваться как на насосных агрегатах, так и на трубных линиях, так же нам не подходит ОВЕН ДТПК-И из-за несоответствия параметра защиты от пыли и воды. WIKA TR10-F и Метран ТСМУ-274 (Рисунок 6) подходят по всем параметрам к нашей системе, но Метран ТСМУ-274 более дешевый и удобный в плане эксплуатации, поэтому остановим свой выбор на нем.



Рисунок 6 – Метран ТСМУ-274

Метран ТСМУ-274 используют для показаний температуры. Он имеет антикоррозийное покрытие, а также специальный «стакан», оберегающий прибор от непосредственного контакта со средой измерения и облегчающий замену датчика. В верхней части прибора встроен измерительный преобразователь, модифицирующий измеренную чувствительным элементом температуру в выходной сигнал постоянного тока. Это дает возможность использовать датчик температуры без вторичных преобразователей и напрямую взаимодействовать со схемами АСУ ТП.

Критерии, на основе которых сделан выбор:

- стандартизированный выходной сигнал (4-20) мА;
- наличие первичных преобразователей:
 - ТС(100М, 50М) с возможностью измерения температуры до 180 °С;
 - ТС(Pt100) с возможностью измерения температуры до 500 °С;
 - ТХА(К) с возможностью измерения температуры до 1000 °С;
- термоустойчивые и коррозионностойкие защитные арматуры;
- взрывозащищенные исполнения Exd или Exi.

2.7.2.4 Выбор уровнемера

Выбор датчика уровня произведем из представленных вариантов:

- Honeywell ENRAF 854 ATG;
- Метран-УЛМ-11;
- ДУУЗ-01;
- Сапфир-22ДУ.

Сравнительный анализ датчиков уровня показан в таблице 7.

Исходя из таблицы 7, выберем уровнемер Сапфир-22ДУ, по своим параметрам он более экономичен, прост в обслуживании и для установки в маслобак нам не нужна большая точность, так как основная его функция сигнализировать о резком снижении или увеличении объема масла в маслобаке.

Таблица 7 – Обзор уровнемеров

Критерии выбора	ДУУЗ-01	Сапфир 22ДУ	Метран- УЛМ-11	Honeywell ENRAF 854 ATG
Измеряемые среды	Жидкость	Жидкость	Жидкость, сыпучие продукты	Жидкость
Диапазон измеряемых уровней	(0–4000) мм	(0–1500) мм	(600–30000) мм	(0–27000) мм
Предел допускаемой погрешности	±0,25 %	±0,5 %	±0,005 %	±0,04 %
Выходной сигнал	(4–20) мА	(4–20) мА	(4–20) мА +HART	(4–20) мА +HART
Взрывозащищенное исполнение	ExibIIBT5	ExdIIBT4	ExdIIBT6	ExibIIBT6
Температура окружающей среды	От минус 45 °С до плюс 75 °С	От минус 50 °С до плюс 50 °С	От минус 50 °С до плюс 50 °С	От минус 45 °С до плюс 75 °С
Срок службы	10 лет	10 лет	20 лет	15 лет
Возможность измерения уровня раздела двух жидкостей	да	да	нет	да
Метод измерения	Контактный	Контактный	Бесконтактный	Бесконтактный
Цена	72 000 Р	37 000 Р	212 000 Р	85 000 Р

Датчик уровня Сапфир-22ДУ (рисунок 7) используется на производстве в системах автоматизации для контроля, регулирования и управления технологическими процессами, связанными с положением жидкости в емкости. Одним из его преимуществ является возможность работы в агрессивных средах, непрерывность отслеживания и преобразования сигнала, а так же возможность измерения параметров на уровне границы раздела сред (жидкости и эмульсии). Преобразовывает данные положения буйка прибор в стандартный сигнал (4-20) мА.

Принцип действия Сапфир-22ДУ: во время рабочего процесса меняется уровень жидкости, что изменяет воздействие гидростатической выталкивающей силы, прилагаемой к буйку. Данное смещение через рычаг транслируется на тензопреобразователь, находящийся в вершине датчика (измерительном блоке), в нем же происходит преобразование этого сигнала в электросопротивление тензорезисторов. Блок преобразования модифицирует электросопротивление в стандартный токовый сигнал (4-20) мА. Для устранения возможных колебаний в уровнемере установлен гидравлический демпфер, заполненный специальной жидкостью.

Находящийся в верхней части электронный блок уровнемера может применять:

- линейно возрастающие характеристики выходного сигнала;
- переключаемые различные токовые выходные сигналы;
- контрольный сигнал "ТЕСТ", на специальных контактах клеммной колодки.



Рисунок 7– Датчик уровня Сапфир-22ДУ

2.7.2.5 Выбор датчика вибрации

Рассмотрим варианты для выбора датчика вибрации:

- DVA121.352;
- ВК-310С.

Таблица 8 – обзор датчиков вибрации

Критерий выбора	DVA121.352	ВК-310С
Диапазон преобразования виброскорости	(0,1-100) мм/с	(0,1-30) мм/с
Диапазон рабочих частот	(2-1000) Гц	(10-1000) Гц
Тип выходного сигнала	(4-20) мА	(4-20) мА
Взрывозащита	0ЕхiaIICT5...Т6 Ga X	0ЕхiaIICT5 X
Диапазон рабочих температур	От минус 60 °С до плюс 80 °С	От минус 40 °С до плюс 80 °С
Срок службы	12 лет	10 лет
Цена	26 000 Р	30 000 Р

Для измерения виброскорости используем датчик – DVA121.352 (Рисунок 8). Он имеет ряд преимуществ перед ВК-310С в надежности, цене и других параметрах.

Датчик предназначен для измерения среднеквадратичного значения виброскорости в системах противоаварийной защиты.

Состоит из герметичного корпуса, в котором находятся интегральный датчик ускорения и плата преобразования.

Легко заменяет импортные аналоги.

Благодаря исполнению с соединительной клеммной колодкой внутри корпуса, входящий кабель быстро и удобно монтируется.



Рисунок 8 – датчик вибрации DVA121.352

2.7.2.6 Выбор датчика тока

Выберем датчик Seneca T201 (Рисунок 9), так как возможность бесконтактного монтажа на кабель электропитания электродвигателя дает ему огромное преимущество.

Преимущества датчика Seneca T201:

- данный прибор имеет несколько видов выходных сигналов, в том числе (4-20) мА, (0-10) В, RS-485 и протокол Modbus RTU;
- обладает высоким классом точности относительно своих аналогов;

- в линейке датчиков Seneca так же есть модели, которые работают не только с переменным током, но и совместно с ним на постоянном токе;
- наличие у датчиков Seneca T201 большого запаса по перегрузке (до 800 А);
- в приборах этой модели предусмотрена подстройка переключателями DIP, которая может изменить диапазон измерений, фильтр и т.д., что в свою очередь делает его более универсальным.



Рисунок 9 – датчик тока Seneca T201

2.7.2.7 Выбор датчика осевого сдвига

Для фиксации осевого сдвига будем использовать ВК-316ОС.04 (Рисунок 10) – датчик осевого сдвига (вихретоковый датчик линейных перемещений).

Предназначение датчика состоит в том, что он преобразует параметр относительного осевого сдвига в стандартный сигнал (4-20) мА или в сигнал (1-5) мА.

Обзор характеристик приведен в Таблице 9.

Работа датчика основана на принципе вихревых токов, они возбуждаются в датчике высокочастотным электромагнитным полем катушки и производят электромагнитное поле. Взаимодействие этих полей пропорционально

расстоянию от преобразователя до корпуса НА, это изменение расстояния трансформируется в сигнал 4-20 мА.

Таблица 9 – обзор параметров датчика осевого сдвига

Критерий выбора	ВК-3160С.04
Диапазон измерений относительно осевого сдвига	±2 мм
Тип выходного сигнала	(4-20) мА, (1-5) мА
Взрывозащита	0ExiaIICT5 Ga X
Диапазон рабочих температур	От минус 40 °С до плюс 50 °С
Срок службы	10 лет
Цена	40 000 Р



Рисунок 10 – Датчик осевого сдвига ВК-3160С.04

2.7.3 Выбор регулирующего клапана

Назначение клапанов в технологическом процессе – это посредством воздействия электропривода на регулирующий элемент реагировать на сигналы, приходящие от устройств управления и команд операторов.

В нашем проекте запорная арматура не модифицируется, поэтому будем проводить подборку электропривода, который на нее установим (таблица 10).

Таблица 10 – сравнение электроприводов

Параметр	AUMA SA 07.2 / RWG	МЭМ
Температурный диапазон	От минус 40 °С до плюс 80 °С	От минус 30 °С до плюс 50 °С
Крутящий момент	(10-1000) Нм	(16-750) Нм
Скорость вращения	(4-180) об/мин	(0,15-150) об/мин
Время полного хода	(7-80) с	(10-160) с
Срок службы	15 лет	10 лет
Цена	162 000 Р	70 000 Р

Электропривод AUMA обладает преимуществами по техническим характеристикам и надежности, но по цене и по доступности на текущий момент на рынке мы выберем электропривод МЭМ компании СКБ СПА.

Выбираем МЭМ 40/25-10 (Рисунок 11) по его техническим характеристикам:

- номинальный крутящий момент на выходном валу, Нм, 40;
- номинальное время полного хода выходного вала, секунд, 25;
- номинальный полный ход выходного вала, обороты, 10;
- потребляемая мощность двигателя в номинальном режиме, Вт, не более, 200;
- масса механизма, кг, не более, 23;
- электрическое питание механизма осуществляется трехфазным током с напряжением 220/380 В или 240/415 В с частотой (50±1) Гц или 220/380 В с частотой (60±1) Гц;
- режим работы механизма повторно-кратковременный реверсивный с частотой включений до 320 в час и продолжительностью включений до 25% при нагрузке на выходном валу в пределах от номинальной противодействующей до 0,5 номинального значения сопутствующей.

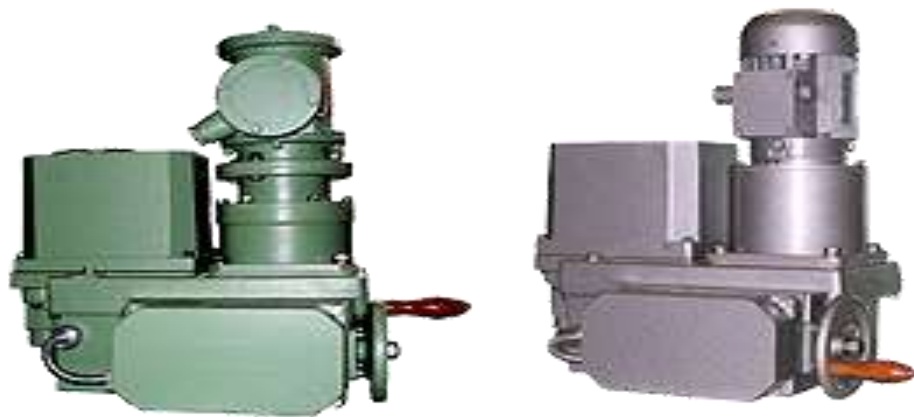


Рисунок 11 – электропривод МЭМ 40/25-10

2.8 Разработка схемы внешних проводок

Схема внешней проводки приведена в Приложении Г. Приборы, находящиеся по месту (в поле):

- датчики давления Метран – 100 расположенные, на входе и выходе трубопровода, на системе подачи масла из маслобака к подшипникам, на всасе и выкиде насосов, а так же на перепаде фильтров перед насосами;

- датчики температуры Метран – 241, расположенные на полевых подшипниках двигателя, рабочих подшипниках двигателя, рабочих подшипниках насоса, полевых подшипниках насоса, а так же на общей линии трубопровода и в маслосистеме;

- датчики расхода Метран – 360, расположенные на выходе с насосов;

- датчик уровня Сапфир-22 ДУ, расположенный на маслобаке;

- датчики вибрации DVA121.352, расположенные на станине насосов;

- датчики нагрузки Seneca T201, расположенные на кабеле подключения электродвигателей насосов;

- датчики осевого сдвига ВК-316ОС.04, расположенные на станине насосов;

- датчики положения электропривода МЭМ 40/25-10, расположенные на выходе насоса [9].

Для транслирования сигналов от датчиков на щит управления КИПиА используются по три жилы из провода: (4-20) мА и заземление, одна остается в

резерве. В качестве кабеля выбран КВВГ нг 4х1,5 (Рисунок 12). КВВГ нг 4х1,5 – кабель контрольный с 4 медными жилами, сечением 1,5 миллиметра квадратных, в изоляции и оболочке из поливинилхлоридного пластика. Кабель КВВГ нг 4х1,5 соответствует требованиям ГОСТ 1508-78 [10].

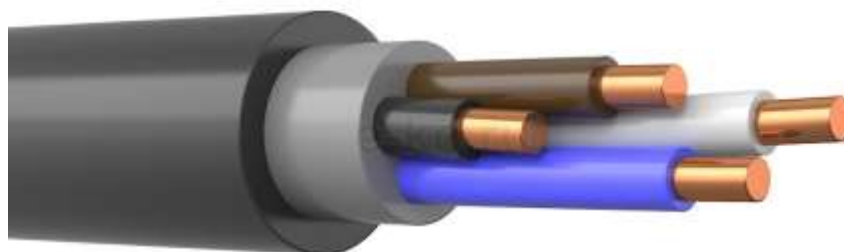


Рисунок 12 – кабель КВВГ нг 4х1,5

Вид климатического исполнения контрольного кабеля КВВГ нг 4х1,5 – УХЛ, категории размещения (1-5) по ГОСТ 15150-69. Минимальная температура эксплуатации кабеля КВВГ нг 4х1,5: минус 50 °С. Максимальная температура эксплуатации: плюс 50 °С. Влажность воздуха при эксплуатации контрольного кабеля КВВГ нг 4х1,5 не должна превышать 98 %. Минимальный радиус изгиба при монтаже кабеля контрольного КВВГ нг 4х1,5: 55,2 миллиметров. Прокладка контрольного кабеля КВВГ нг 4х1,5 производится при температуре не ниже минус 15 °С. Номинальная толщина изоляции жил контрольного кабеля КВВГ нг 4х1,5: 0,6 миллиметров. Вес кабеля КВВГ нг 4х1,5: 0,15 килограмм в метре. Класс пожарной безопасности: О1.8.2.5.4 по ГОСТ 31565-2012 [11]. Наружный диаметр кабеля КВВГ нг 4х1,5: 9,2 миллиметров. Срок службы не менее 25 лет с даты изготовления.

Активное сопротивление жилы: 12,6 Ом на километр. Сопротивление изоляции жилы: 10 МОм/км. Частота тока: до 100 Гц. Номинальное напряжение: 660 В.

Контрольный кабель КВВГ нг 4х1,5 состоит из:

- изоляция - из ПВХ пластиката разнообразного цвета, либо с номерами жил;
- жила – медная однопроволочная первого класса;
- оболочка - из ПВХ пластиката.

Применение кабеля КВВГ нг 4х1,5:

Предназначен КВВГ нг 4х1,5 для соединения с электрическим прибором. КВВГ нг 4х1,5 при прокладке защищают в местах выхода на поверхность для исключения механических повреждений. Используется при условии протекающего по нему напряжения не выше 600 В и переменного тока частотой не выше 100 Гц. Прокладывают в земле, каналах, тоннелях, в агрессивной среде и на открытом воздухе.

2.9 Выбор алгоритмов управления автоматизированной системы блочной кустовой насосной станции

В автоматизированной системе на разных уровнях управления используются различные алгоритмы [12]:

- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров), реализуются на ПЛК;
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование расхода, уровня и т. п.), реализуются на ПЛК;
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ), реализуются на ПЛК и SCADA-форме;
- алгоритмы пуска (запуска)/ остановки технологического оборудования (релейные пусковые схемы), реализуются на ПЛК и SCADA-форме;
- алгоритмы централизованного управления АС, реализуются на ПЛК и SCADA-форме и др.

В данном проекте разработаны следующие алгоритмы АС:

- алгоритм сбора данных измерений,

– алгоритм пуска/остановки технологического оборудования.

2.9.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления на трубопроводе после насоса. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных. Алгоритм сбора данных с канала измерения давления после насосного агрегата представлен в Приложении Д.

2.9.2 Алгоритм пуска/остановки технологического оборудования

В качестве технологического оборудования опишем насосные агрегаты. Для выбранного технологического оборудования разработаем алгоритм пуска/остановки. Алгоритм пуска/остановки насосных агрегатов представлен в Приложении Е.

2.9.3 Алгоритм автоматического регулирования давления

Наиболее распространённым является ПИД-регулирование, именно этот алгоритм мы и будем использовать в нашей системе, с его помощью необходимо достичь качественного переходного процесса, минимального времени выхода на заданную уставку и устойчивости к внешним сигналам возмущения. Хорошо подобранный процесс ПИД-регулирования – близкое к универсальному средство, поддерживающее необходимое значение указанного параметра в системах автоматического управления.

Регулятор реагирует на отклонение указанного параметра от необходимого значения (уставки) и посылает корректирующий сигнал на исполнительный механизм. Этот сигнал состоит из трех частей: пропорциональной отклонению, пропорциональной интегралу отклонения и пропорциональной производной отклонения.

Для БКНС основным параметром производимой работы является давление после насосных агрегатов, поэтому, регулируя давление, мы будем фиксировать его после регулирования на выходе с насоса. Параметр, к

которому будет стремиться система, будет задан с АРМ оператора посредством уставки. Текущий же параметр будет нам известен за счет датчика давления на выходе с насоса, то есть система будет стремиться уравнивать уставку с сигналом датчика. Сигнал с датчика является токовым (4-20 мА) и передается на контроллер Mitsubishi Electric MELSEC L. В контроллере происходит сравнение значений приходящих от датчика и заданных оператором, после чего и формируется управляющий сигнал на электропривод.

На объект управления воздействует возмущение в виде потока проходящей жидкости. Объект управления представляет собой апериодическое звено 1 порядка с запаздыванием. Объектом управления является участок трубопровода между точкой измерения давления и регулирующим органом, в нашем случае это электропривод с задвижкой. Длина этого участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов и составляет 5 метров. Динамика объекта управления $W(s)$, выраженная как отношение «расход вещества через клапан» (объемный расход жидкости после клапана) к «расходу вещества через расходомер» (измеряемый объемный расход жидкости) приближенно описывается апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием. Воспользовавшись типовой передаточной функцией трубопровода, согласно схемы управления насосом дросселированием потока на линии нагнетания, передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода будет:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(d)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p}, \quad (1)$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \quad \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, \quad c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\rho}{2\Delta p}}, \quad f = \frac{\pi d^2}{4}. \quad (2)$$

где: $Q_k(p)$ – объемный расход жидкости после клапана;

$Q(p)$ – измеряемый объемный расход жидкости;

ρ – плотность жидкости;

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

d – диаметр трубы;

f – площадь сечения трубы;

Δp – перепад давления на трубопроводе;

τ_0 – запаздывание;

T – постоянная времени.

Паспортные данные, которые мы будем использовать для расчетов передаточных звеньев, приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры, необходимые для расчетов

Наименование	Ед. изм.	Количество
Плотность обезвоженной нефти	кг/м ³	850
Рабочее давление в трубопроводе	МПа	10
Объемный расход жидкости	м ³ /ч	205
Длина участка трубопровода	м	5
Диаметр трубы	мм	250
Перепад давления на трубопроводе	МПа	0,2

Вычислим площадь сечения трубы:

$$f = (3.14 \cdot 0.2502) / 4 = 0.05 \text{ м}^2,$$

и другие параметры согласно формулам (2) выше:

$$c = 0.655 \text{ с}, T = 0.1 \text{ с}, \tau_0 = 0.12 \text{ с}.$$

Передаточная функция участка регулируемого объемного расхода жидкости трубопровода тогда будет:

$$W_T(s) = \frac{1}{0.1s+1} e^{-0.12s}. \quad (3)$$

Задвижка, производящая регулировку процесса, описывается как интегрирующее звено:

$$W_3(s) = \frac{1}{s}. \quad (4)$$

Электропривод представляем в виде апериодического звена первого порядка:

$$W_{эд}(s) = \frac{k_{эд}}{T_{эд}s+1}, \quad (5)$$

$$T_{эд} = \frac{JM}{\omega}, K_{эд} = \frac{\omega}{f_{max}}, \quad (6)$$

где $k_{эд}$ – коэффициент усиления двигателя;

$T_{эд}$ – постоянная времени двигателя;

J – момент инерции двигателя;

M – крутящий момент двигателя;

ω – номинальная скорость двигателя;

f_{max} – максимальная частота управления.

Значения параметров взяты из документации изделий (паспортов).

$J=0,5$ кг/м²; $M=70$ Н*м; $\omega=1000$ рад/с; $I_{max}=150$ мА.

Полученная передаточная функция, выведенная из формул выше, выглядит следующим образом:

$$W_{эд}(s) = \frac{2}{0,035s+1}. \quad (7)$$

Частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{чп}(s) = \frac{k_{чп}}{T_{чп}s+1}, \quad (8)$$

$$T_{чп} = \frac{T_{эд}}{2}, k_{чп} = \frac{f_{max}}{I_{max}}, \quad (9)$$

где $k_{чп}$ – коэффициент усиления частотного преобразователя;

$T_{чп}$ – постоянная времени частотного преобразователя;

f_{max} – максимальная частота управления;

I_{max} – максимальный ток управления.

В соответствии с данными паспорта, передаточная функция, найденная по формулам, выглядит следующим образом:

$$W_{чп}(s) = \frac{3}{0,0175s+1}. \quad (10)$$

Структурная схема САР приведена на рисунке 13, график переходного процесса на рисунке 14, рисунок 15 – характеристики переходного процесса на графике, рисунок 16 – параметры блока PID структурной схемы САР.

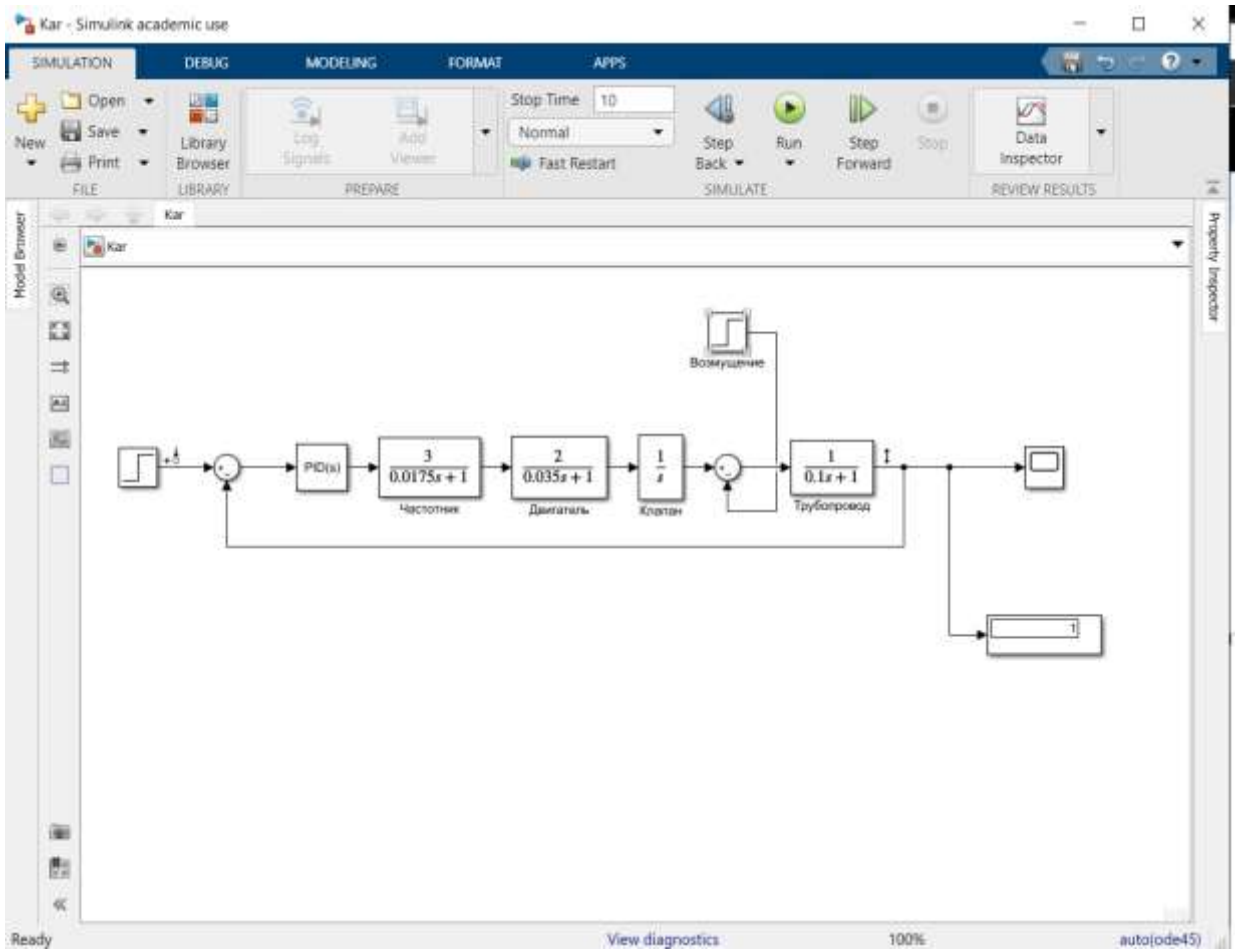


Рисунок 13 – Структурная схема САУ

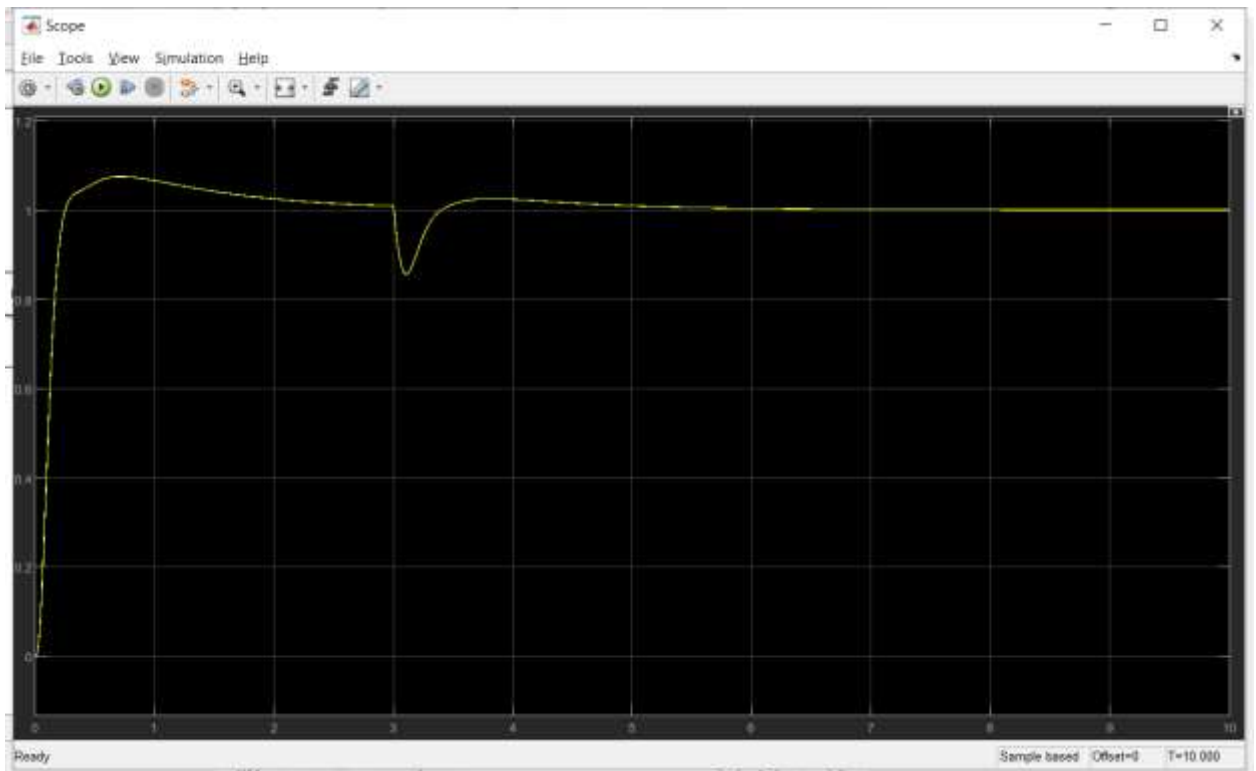


Рисунок 14 – График переходного процесса

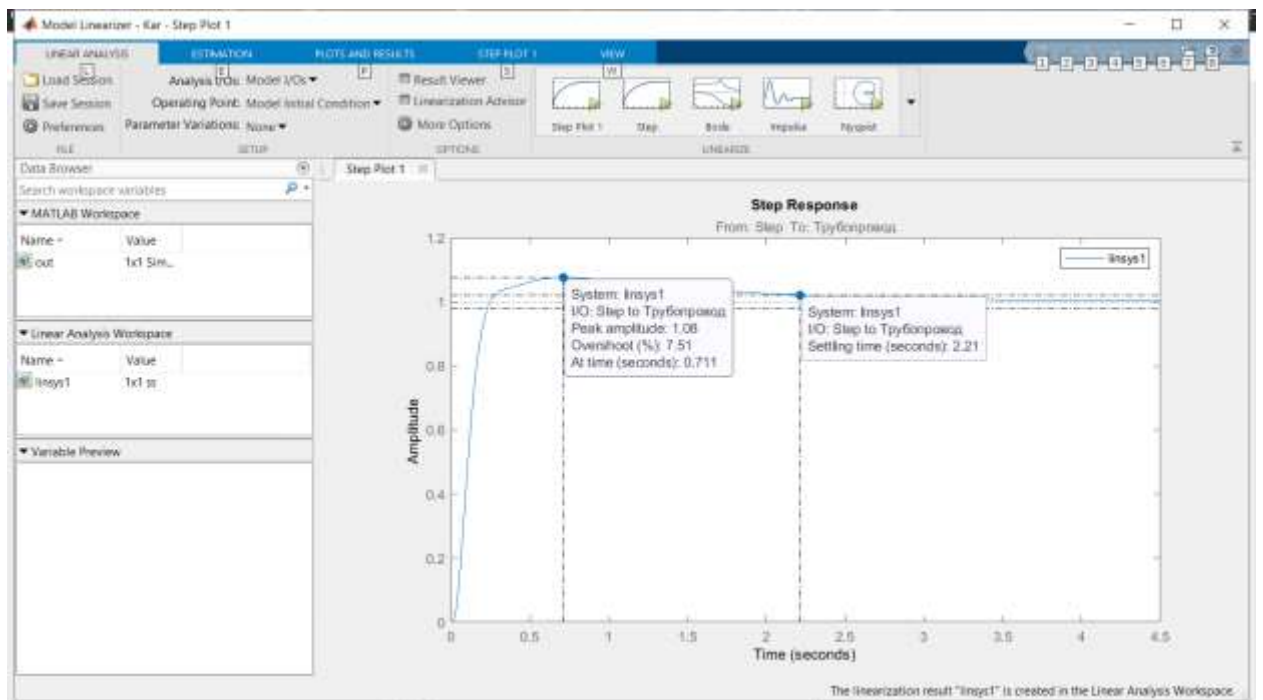
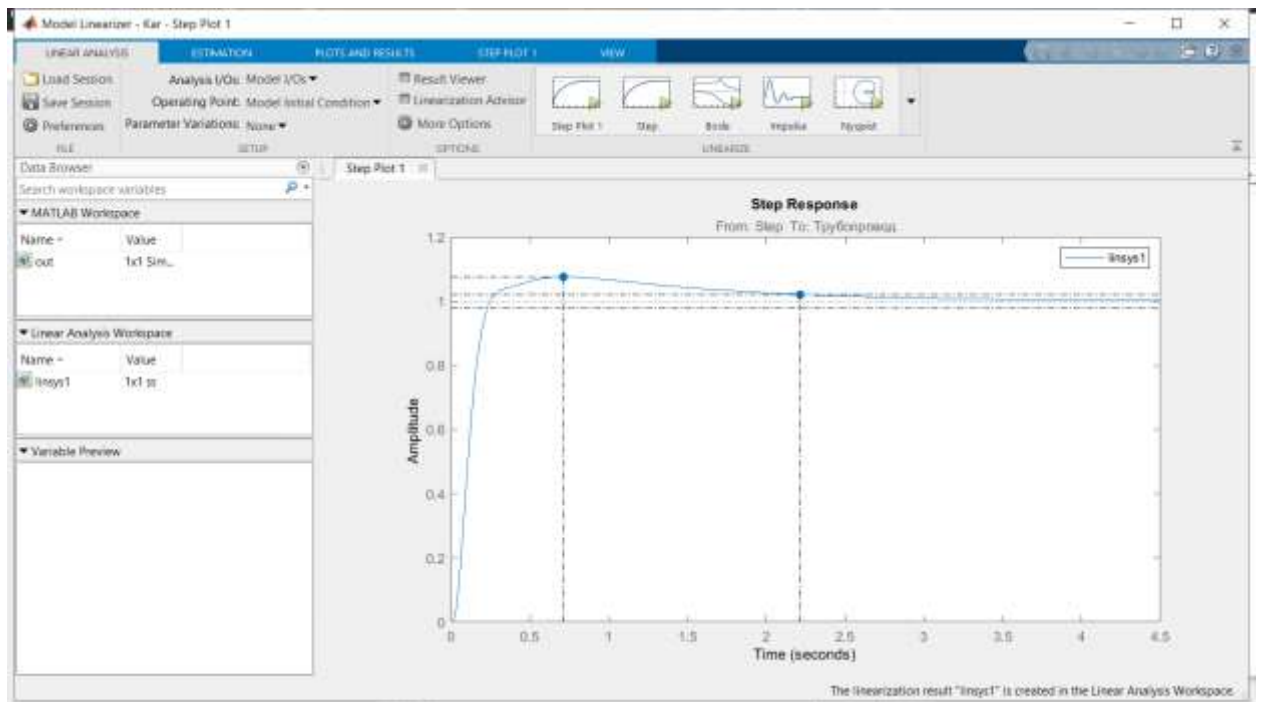


Рисунок 15 – Графики с данными

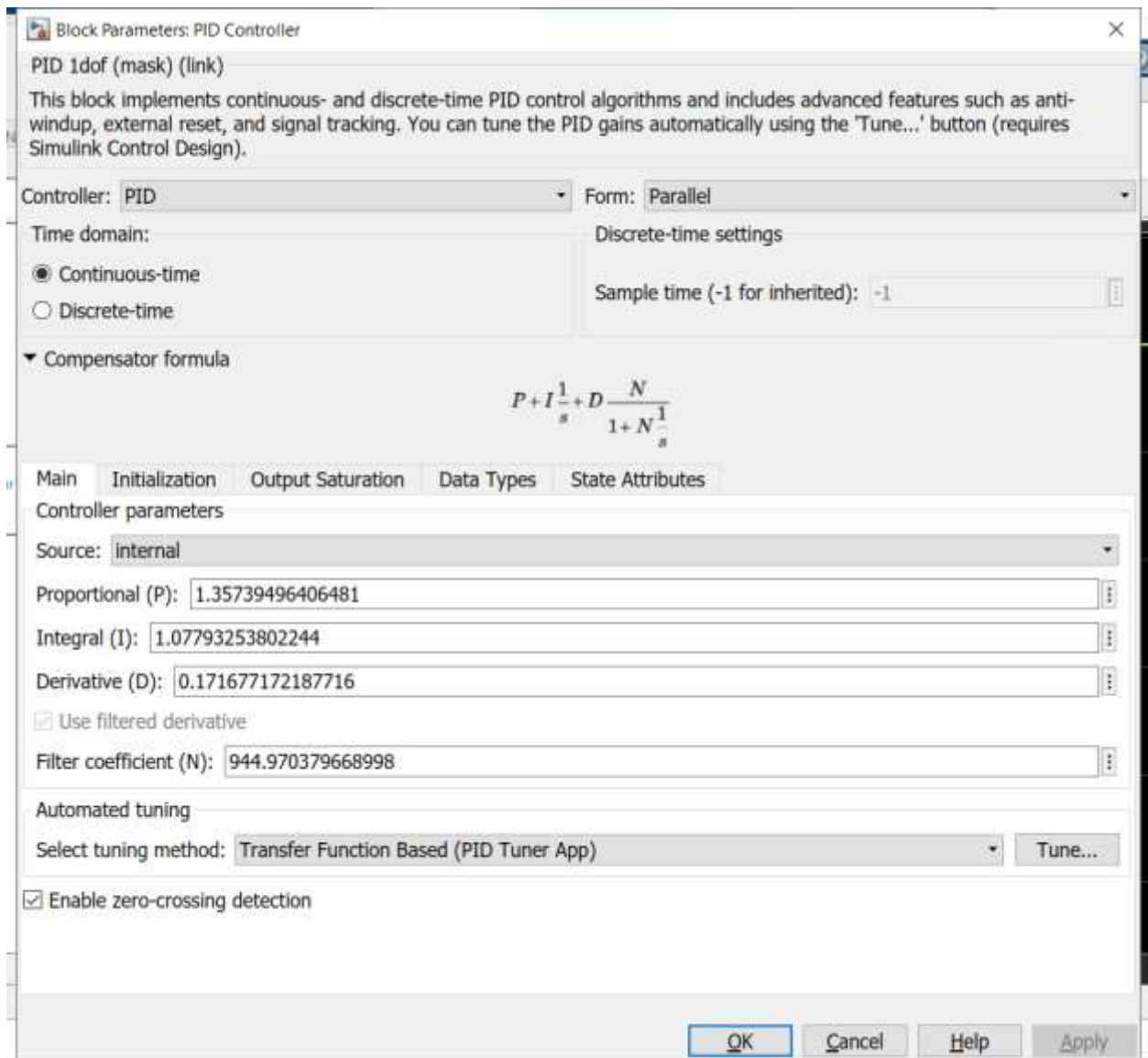


Рисунок 16 – Параметры блока PID

Время переходного процесса составляет примерно 2,2 секунды. Статическая ошибка равна нулю. Перерегулирование 7,5%. Данные показатели соответствуют требованиям, предъявляемым к системе, система устойчива и, как мы видим по графикам, легко регулирует внесенное на 3 секунде возмущение.

2.9.4 Разработка программного обеспечения для программируемых логических контроллеров

Для программирования логического контроллера будем использовать программную среду MasterSCADA. В данном программном пакете есть

возможность реализовывать программирование ПЛК многих фирм, в том числе тот, который мы используем в системе автоматизированного управления БКНС. В программной среде MasterSCADA имеется большой набор стандартных элементов, позволяющих реализовать практически любую логику действий.

2.10 Экранные формы автоматизированной системы блочной кустовой насосной станции

Для управления АС БКНС использовалась MasterSCADA. Данная SCADA-система используется на технологических установках в реальном времени, ее устанавливают на компьютерную технику, предназначенную для производства, в соответствующем исполнении с соблюдением всех требований производства, а также требования надежности, безопасности и стоимости. Используя OPC-технологии, данная система может работать с оборудованием других производителей. Таким образом, MasterSCADA этой функцией расширяет выбор аппаратуры нижнего уровня, также в наличии наборы драйверов и серверов ввода/вывода. Это позволяет подключить к ней внешние, независимо работающие компоненты, в том числе разработанные отдельно программные и аппаратные модули сторонних производителей.

2.10.1 Разработка дерева экранных форм

Пользователь (оператор, старший оператор, руководитель) имеет возможность перехода между экранными формами с использованием кнопок соответствующего назначения. При запуске проекта загружается мнемосхема основных объектов БКНС: насосов, маслосистемы, данные о контролируемых процессах. Кроме того, с основной мнемосхемой пользователь имеет прямой доступ к карте технологических параметров БКНС (кнопка «уставки»). Открытие мнемосхем объектов БКНС происходит нажатием на кнопку, обозначающую интересующий раздел мнемосхемы основных объектов в соответствии с названием объекта, за которым необходимо вести контроль. Мнемосхемы некоторых объектов БКНС включают в себя дополнительные

мнемосхемы, которые позволяют вести более тщательный контроль состояний объектов БКНС и управление этими объектами.

На рисунке 17 изображена общая схема БКНС, в ее состав входят 3 насосных агрегата с основными параметрами, кнопки перехода на экраны насосных агрегатов с более подробными параметрами, а также информация о клапанах и вентиляции.

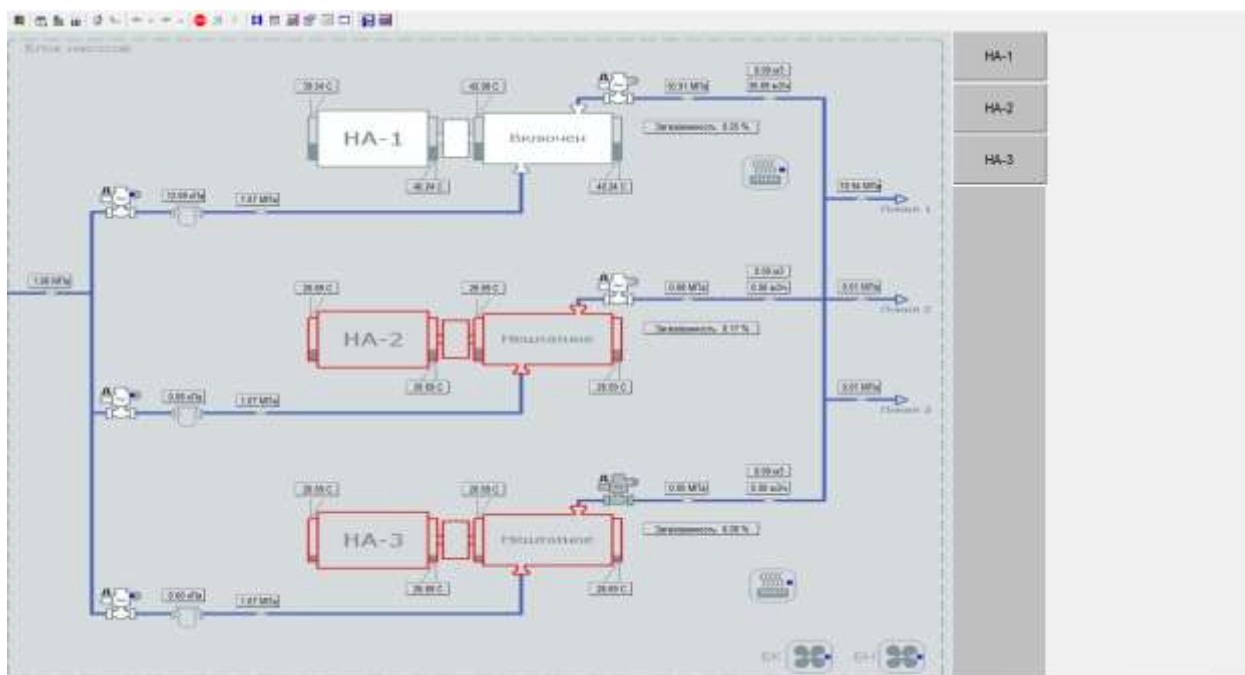


Рисунок 17 – Общая мнемосхема БКНС

На рисунке 18 видны все параметры HA-1 более подробно, чем на общей схеме.

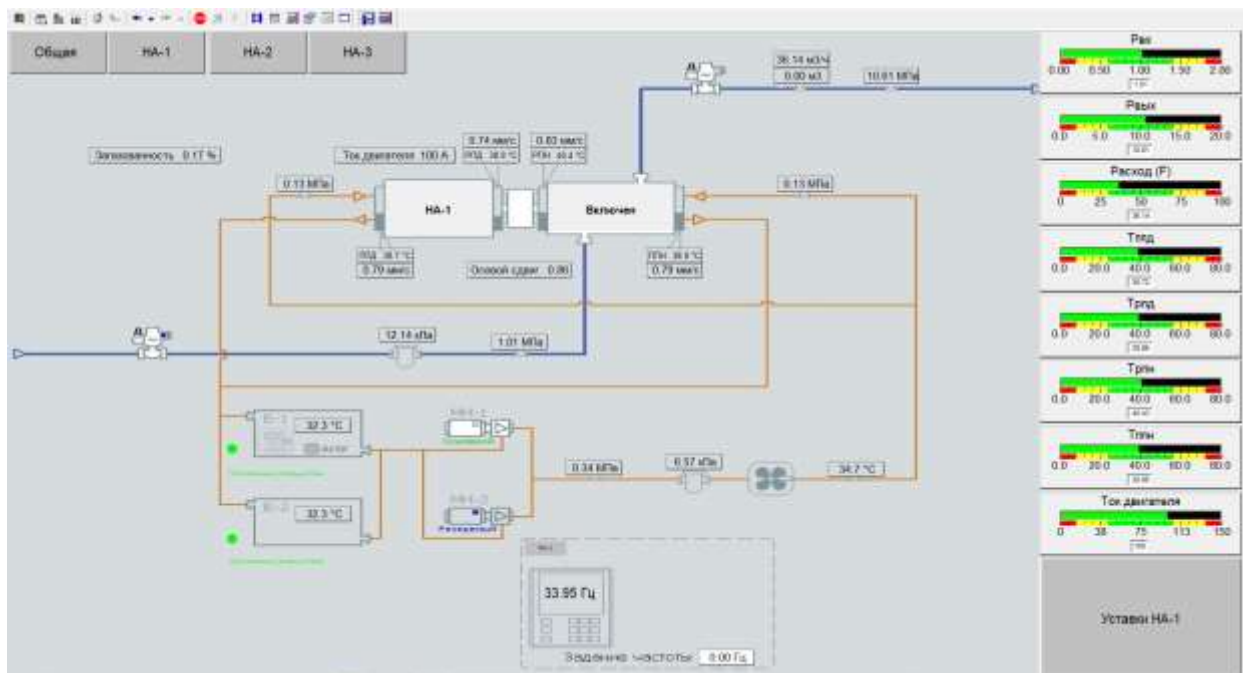


Рисунок 18 – Схема насосного агрегата №1 (HA-1)

Так же в верхней части есть кнопки перехода между мнемосхемами. В правой стороне находится панель с основными параметрами, и цветами обозначено нахождение в рабочих пределах (зеленый цвет) и вышедших за пределы, но не аварийных (желтый цвет). В нижней части правой панели располагается кнопка перехода в окно уставок.

На рисунке 19 изображено окно уставок HA-1, здесь можно ввести аварийные значения основных параметров, при достижении которых HA-1 остановится. Так же есть кнопка подтверждения ввода и кнопка возврата обратно к HA-1.



Рисунок 19 – Окно уставок НА-1

На рисунке 20 мы видим схему НА-2, данный насосный агрегат не находится в работе, что отображено цветом и надписью. В остальном схема идентична НА-1.

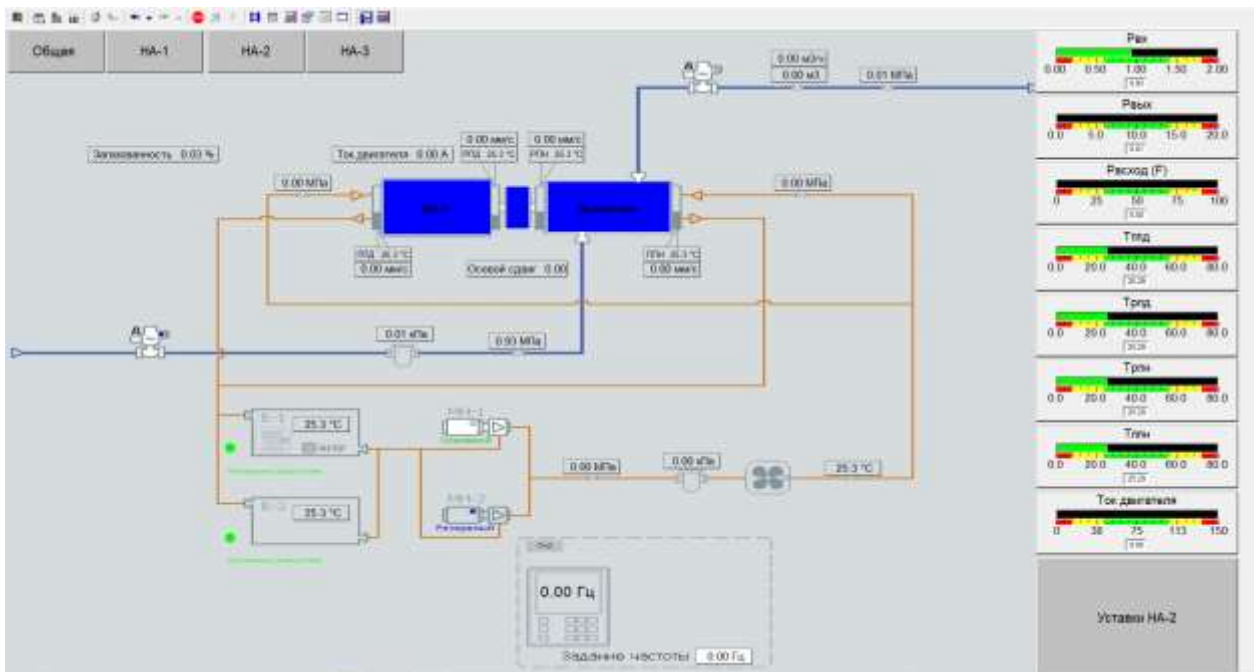


Рисунок 20 – Схема насосного агрегата №2 (НА-2)

На рисунке 21 изображена схема НА-3, в основном она идентична схеме НА-2, но имеются некоторые отличия.

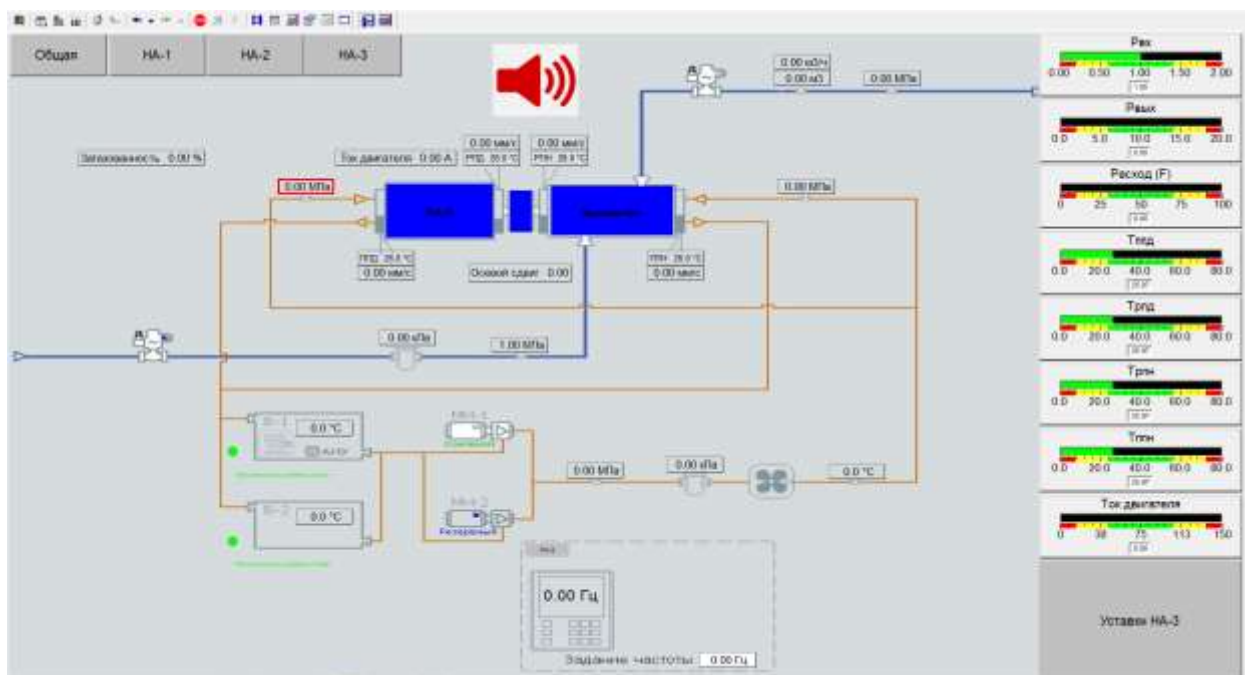


Рисунок 21 – Схема насосного агрегата №3 (НА-3)

На данной схеме продемонстрировано срабатывание аварийной сигнализации по входящему давлению в маслосистеме. Данный параметр выделен красным окном и над насосом появилось обозначение аварии, которое говорит о дублировании изображения аварии звуковым аварийным сигналом.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Основной задачей данного раздела является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы, также необходимо оценить полные денежные затраты на проект и получить приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

Цель работы – дать приближенную экономическую оценку результатов проведения модернизации автоматизированной системы управления. Это в свою очередь позволит с помощью показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность реализации работы.

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации в нефтегазовой отрасли, в частности предприятия, имеющие БКНС для транспортировки нефти и газа, а так же для функций ППД. Научное исследование рассчитано на крупные нефтедобывающие системы, имеющие в своем составе БКНС. Для данных предприятий разрабатывается автоматизированная система контроля и управления технологией, а также автоматическая система регулирования определенными параметрами технологического процесса.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления блочно-кустовой насосной станции. В данном разделе дается характеристика и сравнительная оценка разрабатываемой системы управления. Также произведена оценка ресурсоэффективности данной разработки.

3.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Для упрощения процедуры проведения QuaD проведем в табличной форме (таблица 12).

Таблица 12 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
Повышение производительности	0,12	80	100	0,8	9,6
Удобство в эксплуатации	0,1	75	100	0,75	7,5
Помехоустойчивость	0,05	40	100	0,4	2
Энергоэкономичность	0,09	30	100	0,3	2,7
Надежность	0,15	95	100	0,95	14,25
Уровень шума	0,05	40	100	0,4	2
Безопасность	0,11	95	100	0,95	10,45
Потребность в ресурсах памяти	0,03	50	100	0,5	1,5
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	30	100	0,3	3
Простота эксплуатации	0,05	75	100	0,75	3,75
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	80	100	0,8	4
Ремонтопригодность	0,1	85	100	0,85	8,5
Итого	1				69,25

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по сто балльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять единицу.

Средневзвешенное значение позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Средневзвешенное значение получилось равным 69,25, что говорит о том, что перспективность разработки выше среднего.

3.2 SWOT-анализ

Следующим этапом является комплексный анализ внешней и внутренней среды проекта с помощью технологии SWOT, который проводится в несколько ступеней.

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Преимущество – факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта. Недостатки – упущение или ограниченность проекта, который препятствуют достижению его целей. Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта, например, тенденцию, изменение или предполагаемую потребность, которая поддерживает спрос на результаты проекта и позволяет руководству проекта улучшить свою конкурентную позицию. Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 13.

Таблица 13 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Современные датчики и исполнительные механизмы. С2. Передача информации на большие расстояния С3. Универсальность. С4. Возможность модификации.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие опытноналадочных работ. Сл2. Отсутствие у персонала опыта работы с новой технологией. Сл3. Сложность конструкции.</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 13 – SWOT-анализ

	С5. Использование беспроводных технологий.	
<p>Возможности: В1. Модернизация производств нефтяной отрасли. В2. Повышение стоимости конкурентных разработок. В3. Роль автоматизации технологических систем в промышленности увеличивается.</p>	<p>В1С4. Позволит компании производить дальнейшую непрерывную модификацию производства без замены АСУ БКНС на новую. В2С1. Позволит создать одни из лучших технических и временных показателей системы. В3С4С5. Увеличение функциональных возможностей и улучшение технических характеристик АСУ.</p>	<p>В1Сл1. Проведение испытаний и тестов на предприятии, которое заинтересовано в инновациях. В3Сл3. Расширение штата АСУ ТП на производстве. В3Сл2. Стимулирование студентов на трудоустройство в компании.</p>
<p>Угрозы: У1. Ограничение импорта продукции (датчики, контроллеры). У2. Повышение цен на оборудование. У3. Противодействие со стороны конкурентов. У4: Появление более качественных аналогов.</p>	<p>У1С3. Использовать продукцию отечественного производителя. У2У3С4. Модификация производства У4С1С3С5. Продвигать продукцию с акцентированием на её достоинствах.</p>	<p>У4Сл1. Провести опытноналадочные работы и продемонстрировать успешность их функционирования. У2Сл3. Замена оборудования на аналогичные.</p>

SWOT-анализ показывает, что на проект могут оказывать влияние ряд факторов. Также, таблица показывает способы предотвращения или решения возникших трудностей с проектированием системы. Исходя из анализа, дальнейшая работа будет направлена на акцентирование сильных сторон и использование существующих возможностей в процессе проектирования.

3.3 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- 1) определение структуры работ в рамках научного исследования;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Для реализации проекта необходимы три исполнителя – научный руководитель (НР), студент-дипломник (СД).

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
Разработка технического задания	НР	НР-100%
Выбор направления исследования	НР, СД	НР-80% СД-20%
Теоретическое экспериментальное исследование	СД	СД -100%
Обобщение и оценка результатов	НР, СД	НР-50% СД -50%
Разработка и проектирование технической документации	СД	СД -100%
Оформление отчёта	СД	СД -100%

3.3.1 Разработка графика проведения научного исследования

Расчет продолжительности этапов работы выполняется опытно-статистическим методом, реализуемым экспертным способом. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4t_{pr} + t_{max}}{6}, \quad (11)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дни;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дни;

t_{pr} – наиболее вероятная продолжительность работы, дни.

Для построения линейного графика рассчитывается длительность этапов в рабочих днях, а затем переводится в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) осуществляется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{k_{ВН}} * k_{Д}, \quad (12)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дни;

$k_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно, он равен 1;

$k_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($k_{Д} = 1 \div 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях осуществляется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} * T_{К}, \quad (13)$$

где $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях.

Коэффициент календарности выполняется по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (14)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 104$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 14$).

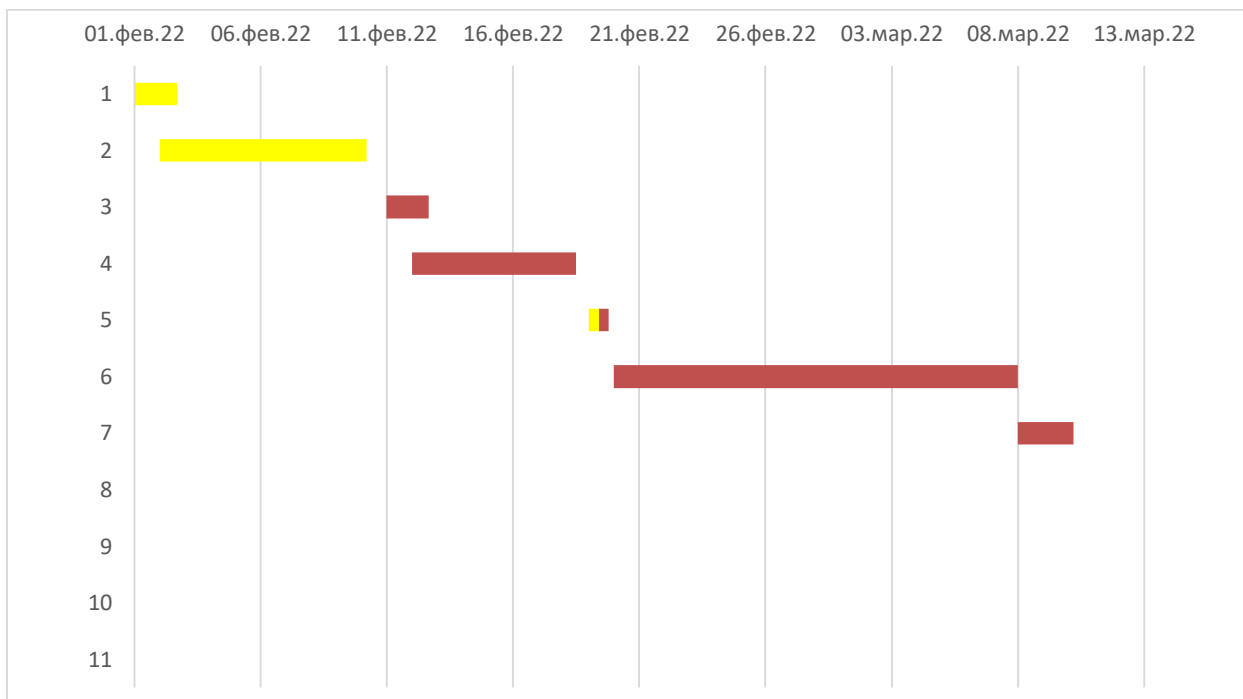
В таблице 15 представлены результаты расчетов продолжительности этапов работы и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

На основании этих результатов был построен линейный график (таблица 16).

Таблица 15 – Трудозатраты на выполнение работы

Этапы работы	Исполнители	Продолжительность работ, дни				Трудоемкость работ по исполнителям, чел-дн			
						$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{pr}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	СД	НР	СД
Разработка технического задания	НР	1	1,4	2	1,4	1,4	-	1,7	-
Выбор направления исследования	НР СД	4,5	7,1	11	7,1	6,75	1,35	8,2	1,65
Теоретическое экспериментальное исследование	СД	3,5	5,3	8	5,3	-	5,3	-	6,5
Обобщение и оценка результатов	НР СД	1	1,4	2	1,4	0,35	0,35	0,4	0,4
Разработка и проектирование технической документации	СД	8,5	13,1	20	13,1	-	13,1	-	16
Оформление отчёта	СД	1	1,8	3	1,8	-	1,8	-	2,2
Итого:		19,5	30,1	46	30,4	8,5	21,9	10,5	26,7

Таблица 16 – Линейный график работы



3.3.2 Расчет материальных затрат НИИ

Материальные затраты представляют собой совокупность материальных ценностей, расходуемых в процессе выполнения проекта.

В данном подразделе оценивается стоимость всего технического обеспечения, используемого в процессе разработки.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхi}, \quad (15)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 17.

Таблица 17 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Уровнемер «Сапфир-22ДУ»	шт.	2	37 000	74 000
Датчик давления «Метран-100»	шт.	17	19 000	323 000
Датчик температуры «Метран ТСМУ-274»	шт.	15	3 600	54 000
Датчик вибрации «DVA121.352»	шт.	3	26 000	78 000
Датчик тока «Seneca T201»	шт.	3	6 300	18 900
Датчик осевого сдвига «ВК-316ОС.04 »	шт.	3	40 000	120 000
Итого:				667 900

Допустим, что коэффициент, учитывающий транспортнозаготовительные расходы составляет 22 % от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом коэффициента равны:

$$Z_m = 1,22 * 667\,900 = 545\,971,6 \text{ руб.}$$

3.3.3 Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включается затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования Mitsubishi. В таблице 18 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 18 – Затраты на оборудование

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования, руб	Общая стоимость, руб
MasterSCADA	1	60 000	60 000
Датчик расхода «Метран 360»	3	184 740	554 220
Итого:			614 220

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (16)$$

Где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{251} \cdot T_{\text{обі}}, \quad (17)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

$T_{\text{обі}}$ – время использования оборудования, дни.

Рассчитаем амортизацию для MasterSCADA, с учётом, что срок полезного использования 5 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Находим общую сумму амортизационных отчислений:

Для MasterSCADA, использованного в течение 20 дней:

$$A = \frac{0,2 * 60000}{251} * 20 = 956,2 \text{ руб.}$$

Рассчитаем амортизацию для датчика расхода «Метран 360», с учётом, что срок полезного использования так же будет 5 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2.$$

Находим общую сумму амортизационных отчислений:

Для датчика расхода «Метран 360», использованного в течение 10 дней:

$$A = \frac{0,2 * 554220}{251} * 10 = 4416,1 \text{ руб.}$$

Общие амортизационные отчисления составят:

$$A_{\text{общ}} = 956,2 + 4416,1 = 5372,3$$

3.3.4 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу. Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{м}}$ – 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;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научнотехнического персонала, раб. дн.

Расчет заработной платы принят согласно средней заработной плате на предприятии, занимающемся данным видом деятельности.

Руководитель – 30000 руб.

Инженер – 20000 руб.

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 19.

Таблица 19 – основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата, руб	Районный коэффициент, %	Месячный должностной оклад работника, руб	Среднедневная заработная плата, руб	Продолжительнос ть работ, руб.	Заработная плата основная, руб
Руководитель	30000	30	39000	1768,42	8,5	15031,58
Инженер	20000	30	26000	1178,95	26,8	31595,79
Итого:						46627,37

3.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды составляет 30%. Параметры приведены в Таблице 20.

Таблица 20 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб
Руководитель проекта	15031,58
Инженер	31595,79
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30,00
Итого:	13988,21

3.3.6 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (667\,900 + 614\,220 + 46\,627,37 + 13\,988,21 + 5\,372,3) \cdot 0,15 = 202\,216,18 \text{ руб,}$$

где 0,15 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	667 900
2. Затраты на специальное оборудование	614 220
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	46 627,37
4. Отчисления во внебюджетные фонды	13 988,21
5. Накладные расходы	202 216,18
6. Бюджет затрат НИИ	1 544 951,76

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

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

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

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

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

Так как разработка имеет одно исполнение, то

$$1\,544\,951,76 / 2900000 = 0,53.$$

В работе рассмотрены аналоги:

Аналог 1 – существующая система АСУ ТП, спроектированная компанией АО «ТомскНИПИнефть». Система АСУ ТП разработана на базе оборудования Siemens и Метран;

Аналог 2 – спроектированная система АСУ ТП компанией ООО «Энергогазпроект». Система АСУ ТП разработана на базе промышленного оборудования Schneider Electric.

Смета бюджетов для рассмотренных аналогов в таблице 22.

Таблица 22 – Смета бюджетов для рассмотренных аналогов

	Проектируемая АСУ ТП	Аналог 1	Аналог 2
Бюджет затрат	1 544 951,76	2900000	2800000

Для аналогов соответственно показатели равны 1 и 0,965.

3.5 Интегральный показатель ресурсоэффективности

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (20)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчёт интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет интегральных показателей

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Повышение роста производительности труда пользователя	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	5
3. Надёжность	0,25	4	4	4
4. Экономичность	0,25	5	4	4
5. Помехоустойчивость	0,1	5	4	4
ИТОГО	1	4,6	4,4	4,15

$$I_{\text{тп}} = 5*0,25 + 4*0,15 + 4*0,25 + 5*0,25 + 5*0,1 = 4,6.$$

$$\text{Аналог 1} = 5*0,25 + 5*0,15 + 4*0,25 + 4*0,25 + 4*0,1 = 4,4.$$

$$\text{Аналог 2} = 4*0,25 + 5*0,15 + 4*0,25 + 4*0,25 + 4*0,1 = 4,15.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.1}}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}}. \quad (21)$$

В результате получаем соответственно:

$$4,6 / 0,53 = 8,68;$$

$$4,4 / 1 = 4,4;$$

$$4,15 / 0,965 = 4,3.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (22)$$

Результат вычисления сравнительной эффективности проекта и сравнительная эффективность анализа представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Разработка	Аналог 1	Аналог 2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,53	1	0,965
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,4	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	8,68	4,4	4,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	1,97	2,02

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

3.6 Выводы по разделу

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

1. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и студента-дипломника, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней, в течение которых работал студент дипломник – 26 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 10;
2. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 1 544 951,76 руб;
3. По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

- Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,53, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;
- Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,6, по сравнению с 4,4 и 4,15;
- Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 8,68, по сравнению с 4,4 и 4,3, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

4 Социальная ответственность

Организация и улучшение условий труда на рабочем месте является одним из важнейших резервов производительности труда и экономической эффективности производства. Безопасность жизнедеятельности представляет собой систему законодательных актов и соответствующих им социально-экономических, технических, гигиенических, организационных мероприятий, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Любая производственная деятельность сопряжена с воздействием на работающих вредных и опасных производственных факторов. Под условия труда подразумевается совокупность факторов производственной среды, оказывающих влияние на здоровье и производительность труда человека в процессе труда. Отсюда обеспечение безопасных условий труда – одна из основополагающих целей, к которой должно стремиться руководство предприятия.

В ВКР рассматривается модернизация автоматизированной системы управления БКНС. Автоматизация производства позволяет осуществлять технологические процессы без непосредственного участия обслуживающего персонала. При полной автоматизации роль обслуживающего персонала ограничивается общим наблюдением за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры. Задачей оператора является контроль над параметрами технологического процесса, управление и принятие решений в случае возникновения нештатных ситуаций. Поэтому персонал сталкивается как с негативными факторами производственного помещения, так и с факторами помещения оперативного дистанционного управления технологическими процессами.

4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Компании, которые занимаются нефти и газодобычей обязаны обеспечивать своих работников всеми материальными и социальными благами

в соответствии с «Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ». [13]

В соответствии со статьей «Право работника на труд в условиях, отвечающих общим требованиям охраны труда» работник имеет право на:

- рабочее место;
- своевременную оплату;
- социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя об условиях и охране труда;
- отказ от выполнения работ в случае опасности для жизни;
- обеспечение средствами индивидуальной защиты;
- обучение за счет работодателя;
- медицинский осмотр и прочее.

Кроме того, коэффициент начисляется на надбавки и доплаты к тарифным ставкам (должностным окладам) и компенсационные выплаты, связанные с режимом работы и условиями труда, к которым относятся надбавки:

- за классность, звание по профессии, непрерывный стаж работы по специальности и т.д.;
- должностным лицам и гражданам, допущенным к государственной тайне;
- за выслугу лет (непрерывную работу), а также вознаграждение за выслугу лет, выплачиваемое ежеквартально или единовременно;
- по итогам работы за год;
- за условия труда при работе в ночное время, сменную работу, за совмещение профессий (должностей).

Объекты нефти и газодобычи относятся к опасным производственным объектам, поэтому организации, занимающиеся их эксплуатацией,

подчиняются Федеральному закону от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». [14]

Для определения влияющих на персонал факторов работает Специальная оценка условий труда (СУОТ) согласно Федеральному закону от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда». [15]

4.2 Производственная безопасность

Опасные и вредные факторы в области рабочей зоны во время эксплуатации БКНС представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Опасные и вредные производственные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015) [16]	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Повышенный уровень вибрации			+	ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. [17]
2. Повышенный уровень шума			+	ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [18]
3. Пожаро- и взрывоопасность			+	ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие

Продолжение таблицы 25 – Опасные и вредные производственные факторы

				требования. [19]
4. Незащищенные подвижные части производственного оборудования	+	+	+	ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные. [20]
5. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с загрязнением воздушной среды в зоне дыхания			+	ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. [21]
6. Электробезопасность	+	+	+	ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. [22] Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.[23]

4.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Механические опасности на предприятиях представляют собой движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы оборудования, разрушающиеся конструкции, сосуды работающие под давлением, острые кромки, заусенцы на поверхности заготовок, инструментов и оборудования, а также падение предметов с высоты.

Механические опасности могут возникнуть при взаимодействии с любым объектом, способным причинить человеку травму, увечье и даже летальный исход в результате неспровоцированного контакта объекта или его частей с человеком.

Средствами коллективной защиты являются: оградительные устройства, предохранительные устройства, тормозные устройства, устройства автоматического контроля и сигнализации, устройства дистанционного управления, знаки безопасности.

Средства индивидуальной защиты, используемые персоналом на БКНС: каска, защитная обувь, очки, перчатки, спецодежда, противогаз, наушники.

Основными источниками шума являются работающие насосные агрегаты и вентиляционные установки.

Повышение уровня шума и вибрации на рабочих местах неблагоприятно сказывается на организме человека и результатах его деятельности. При длительном воздействии шума не только снижается острота слуха, но и изменяется кровяное давление, ослабляется внимание, ухудшается зрение, происходят изменения в двигательных центрах, что вызывает определенные нарушения координации движений.

Интенсивный шум вызывает функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, вызывает нарушение сна, раздражение, агрессивность, утомление, нарушаются нормальные функции желудка и приводит к необратимой потере слуха. Особенно неблагоприятное влияние шум оказывает на нервную и сердечно-сосудистую системы. Весь комплекс ощущений, вызываемых шумом, рассматривается как «шумовая болезнь».

Пагубное воздействие оказывает даже шум, не ощущаемый ухом человека (находящийся за пределами чувствительности его слухового аппарата): инфразвуки, к примеру, вызывают чувство тревоги, боли в ушах и позвоночнике, а при длительном воздействии сказываются на нарушении периферического кровообращения.

Также шум влияет на производительность труда. Увеличение уровня шума на (1-2) дБ приводит к снижению производительности труда на 1 %.

По ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» [17] допустимый уровень шума на рабочем месте насосного агрегата составляет 80 дБ. Однако при работе насосного агрегата уровень шума может достигать 100 дБ.

Защита от шума достигается разработкой шумобезопасной техники, звукопоглощающих материалов помещения, применением средств и методов коллективной защиты, а также средств индивидуальной защиты.

Средства и методы коллективной защиты подразделяются на акустические, архитектурно-планировочные, организационно-технические.

Защита от шума акустическими средствами предполагает:

- звукоизоляцию (устройство звукоизолирующих кабин, кожухов, ограждений, установку акустических экранов);
- звукопоглощение (применение звукопоглощающих облицовок, штучных поглотителей);
- глушители шума (абсорбционные, реактивные, комбинированные).

Если невозможно уменьшить шум, действующий на работников, до допустимых уровней, то необходимо использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) — против шумные вкладыши из ультратонкого волокна “Беруши” одноразового использования, а также против шумные вкладыши многократного использования (эбонитовые, резиновые, из пенопласта) в форме конуса, грибка, лепестка. Они эффективны для снижения шума на средних и высоких частотах на (10-15) дБ. Наушники снижают уровень звукового давления на (7-38) дБ в диапазоне частот (125-8000) Гц. Для предохранения от

воздействия шума с общим уровнем 120 дБ и выше рекомендуется применять шлемофоны, оголовья, каски, которые снижают уровень звукового давления на (30-40) дБ в диапазоне частот (125-8000) Гц.

Вибрация вызывает в организме человека реакции, которые являются причиной функциональных расстройств различных органов. Вредное действие выражается в виде повышенного утомления, головной боли, боли в суставах, повышенной раздражительности, некоторого нарушения координации движений. В отдельных случаях длительное воздействие интенсивной вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, вызывающей тяжелые, часто необратимые изменения в центральной нервной и сердечно-сосудистой системах, а также в опорно-двигательном аппарате.

Основным источником вибрации в насосах является неоднородность перекачиваемой жидкости. Несовершенства в соединениях валов электрических машин и насосов также являются источниками вибрации.

Воздействие вибрации на организм человека может привести к ряду функциональных расстройств различных органов. Вредное действие проявляется в виде головной боли, повышенной раздражительности, в повышенном утомлении, в некотором нарушении координации движений. В частных случаях чрезмерное длительное воздействие вибрации приводит к развитию вибрационной болезни, которая проявляется в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, в поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорнодвигательного аппарата.

К способам борьбы с вибрацией относятся снижение вибрации в источнике (улучшение конструкции машин, статическая и динамическая балансировка вращающихся частей машин), виброгашение (увеличение эффективной массы путем присоединения машины к фундаменту), виброизоляция (применение виброизоляторов пружинных, гидравлических, пневматических, резиновых и др.) вибродемпфирование (применение материалов с большим внутренним трением), применение индивидуальных средств защиты (виброзащитные обувь,

перчатки со специальными упругодемпфирующими элементами, поглощающими вибрацию).

Загазованность рабочей зоны может возникнуть в результате:

- утечки токсичных и вредных газов из негерметичного оборудования (запорно-регулирующая арматура, фланцевые соединения, вышедший из строя трубопровод);
- выделения вредных газов при обработке материалов, окраске распылением, сушке окрашенных поверхностей.

По степени воздействия на организм человека воздушные смеси и газы относятся к третьему классу (сероводород в смеси с углеводородами C1-C5 ПДК 3 мг/м³, окислы азота ПДК 5 мг/м³, сероводород ПДК 10 мг/м³) и четвертому классу (оксид углерода ПДК 20 мг/м³, нитросоединения метана ПДК 30 мг/м³, бензин ПДК 100 мг/м³).

Вышеперечисленные вещества оказывают отравляющее действие на организм человека и относятся к ядам. Так, воздушные смеси, состоящие из метана и высших углеводородов, относятся к нервным ядам и воздействуют на центральную нервную систему. Бензин, углеводородные газы, сероводород и другие относятся к ядам наркотического действия. Кроме того, сероводород и углеводородные газы относятся и к ядам раздражающего действия. Сероводород воздействует на верхние дыхательные пути, а углеводороды – на легочную ткань. Попадая на кожу человека, они обезжиривают и сушат ее, вызывая различные кожные заболевания (экзема, дерматиты). Первыми признаками отравления газами являются недомогание, головокружение, повышение температуры тела.

Средства защиты:

- при невысоких концентрациях фильтрующие противогазы марки А;
- при высоких концентрациях и нормальном содержании кислорода изолирующие шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-2.

4.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

Для снижения вредного воздействия шума на организм человека необходимо применение коллективных и индивидуальных средств защиты.

Согласно ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности. [17] внутреннюю часть стен блока, где находится насосный агрегат, можно покрыть шумоизоляцией. Применение звукоизолирующего кожуха на агрегате.

В качестве средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.1.003-2014 [17] персонал необходимо снабдить противошумными наушниками, закрывающими ушную раковину снаружи, либо противошумными вкладышами, перекрывающими наружный слуховой проход и прилегающие к нему.

Установка канатных демпферов на насосные агрегаты уменьшает возникающие вибрации и уровень шума в насосном блоке, что положительно сказывается не только на оборудовании, но и на обслуживающем персонале. Уменьшается воздействие шума и вибраций на организм людей. Однако этого снижения недостаточно для полного отказа от средств индивидуальной защиты.

К числу мероприятий по снижению взрывоопасности и пожароопасности можно отнести:

- проведение проверки оборудования, своевременное обслуживание и ремонт;
- использование системы контроля загазованности помещения и датчиков, определяющих пожар по задымлению и температуре;
- уменьшение концентрации взрыво-пожароопасных газов.

В случае увеличения концентрации взрывоопасных газов автоматически включается приточно-вытяжная вентиляция насосного блока и отключается, если концентрация становится критической.

На случай возникновения пожара насосный блок оборудован пенной автоматической системой пожаротушения. Кроме того, насосный блок оснащен

первичными средствами пожаротушения – огнетушители, ящики с песком, лопаты, вёдра.

4.3 Экологическая безопасность

4.3.1 Защита атмосферы

Одной из наиболее острых проблем при работе технологических насосов и насосных блоков является загрязнение атмосферы. При этом выбросы в атмосферу характеризуются большой сосредоточенностью, неоднородностью по составу и наносят ущерб здоровью людей и окружающей среде. Эти загрязнения попадают в атмосферу в результате утечек через неплотности в арматуре и оборудовании.

Защита атмосферы регулируется нормативным документом ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. [24]

4.3.2 Защита гидросферы

Основными загрязнителями сточных вод БКНС являются нефтяные и механические примеси, а так же различные химические элементы, находящиеся в пластовой воде. Загрязнение почвы и водоемов возможно сточными, ливневыми и талыми водами, содержащими продукты перекачки, появившиеся в результате утечек из перекачивающих устройств через неплотности запорной и регулирующей аппаратуры.

Мероприятия по ликвидации последствий загрязнения подземных вод от аварийных разливов нефти в общем виде включают следующее:

- обустройство наблюдательных скважин по контролю за качеством (загрязнением) подземных вод;
- сооружение водозаборных (защитных) скважин для откачки загрязненных подземных вод;

– очистку загрязненных подземных вод, обеспечивающую ПДК содержания загрязняющих веществ в очищенной воде на уровне требований соответствующих нормативных документов.

Защита гидросферы регулируется нормативным документом ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков. [25]

4.3.3 Защита литосферы

Экологическая безопасность БКНС строится на основе нормативного документа ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения. [26]

Загрязнение почвы при аварийных разливах неизбежно приводит к заметному сдвигу в составе почвенной биосистемы, торможению интенсивности биологических процессов, снижению растворимости большинства микроэлементов и ингибированию деятельности микроорганизмов.

Процесс рекультивации земель, нарушенных и загрязненных при аварии в БКНС, включает:

- удаление из почвы остатков загрязняющих веществ;
- рекультивацию земель (технический и биологический этапы).

Обращение с отходами производится в соответствии с Федеральным законом № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».

4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Возможные причины аварий на БКНС:

– ошибочные действия персонала при пусках и остановках насосных агрегатов, несоблюдение очередности оперативных переключений технологических трубопроводов и запорной арматуры и др.;

– отказ приборов контроля и сигнализации, систем управления;

– отказ электрооборудования и отключение электроэнергии;

– производство ремонтных работ без соблюдения необходимых организационно-технических мероприятий;

– старение оборудования (моральный или физический износ);

– коррозия оборудования и трубопроводов (образование свищей);

– применение запорной арматуры без необходимых прочностных характеристик трубопроводов;

– гидравлический удар;

– факторы внешнего воздействия (ураганы, удары молний и др.).

БКНС должна удовлетворять требованиям безопасности по ГОСТ 30852.10-2002 [27], ГОСТ 12.2.003-91 [28], ГОСТ 12.2.007.0-75 [29], ГОСТ 25861-83 [30], СанПиН 1.2.3685-21 [31], инструкциям по охране труда (ИОТВ №76-19 [32], ПЗ-05 И-101725 ЮЛ-769.06 [33], ИОТВ №55-19 [34], ИОТВ №40-19 [35], ИОТВ №41-19 [36]) Федеральным нормам и правилам в области промышленной безопасности "Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств".

Взрывобезопасность БКНС обеспечивается:

– применением рабочей и аварийной механической вентиляции;

– отводом, удалением взрывоопасной среды и веществ, способных привести к ее образованию;

– контролем загазованности воздушной среды;

– герметизацией технологического оборудования;

– конструктивными и технологическими решениями, принятыми при проектировании производственного оборудования и процессов;

- применением взрывозащищенного электрооборудования и средств автоматизации;
- применением кабельных проходок и уплотнителей;
- применением кабеля в оболочке из негорючего материала;
- заземлением технологического оборудования, электрооборудования, средств автоматизаций, металлических элементов блок-боксов, металлических оболочек кабелей, кабельных лотков;
- включением требований безопасности в техническую документацию.

Эксплуатационный и ремонтный персонал должен быть обеспечен спецодеждой, обувью и другими средствами индивидуальной защиты в соответствии с требованиями действующих норм и правил. Обувь и одежда должна исключать искрообразование при движении.

Перед входом в помещение БКНС сотрудник обязан убедиться в заземлении здания осмотром заземляющего устройства и отсутствии загазованности путем опробования светозвуковой сигнализации снаружи помещения.

Для контроля загазованности помещение БКНС оснащено приборами сигнализации загазованности воздушной среды.

При эксплуатации и ремонте оборудования БКНС необходимо применять приборы взрывозащищенного исполнения.

Напряжение для переносных светильников во взрывозащищенном исполнении должно быть не более 12 В.

Запрещается работа переносными электроизмерительными приборами общего назначения.

Изменения в конструкции допускается вносить по согласованию с организацией-разработчиком проекта либо по изготовленному вновь проекту на реконструкцию (модернизацию), а по оборудованию – с изготовителем оборудования.

В период эксплуатации электрооборудование, средства измерений и автоматизации БКНС должны обслуживаться согласно утвержденному регламенту, в котором определен объем, порядок и сроки обслуживания.

Результаты обслуживания и осмотров оформляют актами. Все обнаруженные дефекты должны быть устранены с соблюдением необходимых мер по охране труда и требований к ведению ремонтных и огневых работ.

При аварийной остановке насосного агрегата из-за обнаружения неисправностей необходимо выяснить причину и до ее устранения не производить его запуск.

План эвакуации при чрезвычайной ситуации изображен на рисунке 22.

Обо всех случаях аварийной остановки насосного агрегата обслуживающий персонал немедленно докладывает непосредственному руководителю с внесением соответствующих записей в журнале по эксплуатации насосных агрегатов.

Обнаружив утечку перекачиваемого продукта, необходимо принять меры по ее устранению, соблюдая все требования по охране труда при выполнении газоопасных работ, а при невозможности самостоятельного устранения – действовать в соответствии с планом ликвидации аварий.

Эксплуатация электрооборудования, средств измерений и автоматизации должна производиться в соответствии с требованиями "Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей", инструкций заводовизготовителей, комплекса государственных стандартов на взрывозащищенное электрооборудование, устанавливающих требования к эксплуатации.

В помещении БКНС категорически запрещается:

- использовать открытые источники огня;
- использовать приборы и средства связи общепромышленного исполнения;
- ремонтировать электрооборудование, находящееся под напряжением;
- эксплуатировать электрооборудование при любых повреждениях;

- вскрывать оболочки взрывозащищенного электрооборудования, токоведущие части которого находятся под напряжением;
- заменять перегоревшие электролампы во взрывозащищенных светильниках другими видами ламп;
- на взрывозащищенном электрооборудовании закрашивать маркировочные таблички.

Электрические испытания во взрывоопасных зонах разрешается производить только взрывозащищенными приборами, на которые имеются положительные заключения испытательной организации.



Рисунок 22 – План эвакуации

4.5 Вывод по разделу

Раздел «Социальная ответственность» содержит важные принципы в области охраны труда, энергоэффективности, промышленной и экологической безопасности. В разделе были рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности на ОПО, опасные и вредные

производственные факторы, методы их предотвращения, а также основные причины возникновения аварий на БКНС. Также особое внимание уделено источникам загрязнения на территории объекта и методам по сокращению негативного влияния этих источников на окружающую среду

Заключение

Результатом выполнения данной работы стала система автоматизированного управления БКНС. В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была рассмотрена технология подачи пластовой воды в системе БКНС. Рассмотрели схемы автоматизации БКНС – структурную и функциональную, которые дали нам четкое представление о каналах передачи данных и сигналов. Кроме того была спроектирована схема внешних проводок, дающая понятие о передачи сигналов от полевых датчиков к вторичным приборам, контроллеру и АРМу оператора. Разработали алгоритмы пуска/останова насосных агрегатов БКНС и алгоритм сбора данных. Для поддержания расхода пластовой воды в трубопроводе был разработан алгоритм автоматического регулирования давления с использованием ПИД-регулирования. В проекте были использованы датчики фирм: Метран, ВиКонт, Тик, Сапфир, Seneca; контроллер Mitsubishi Electric и программное обеспечение в виде SCADA пакета MasterSCADA. С помощью этой системы были также разработаны мнемосхемы БКНС, ее составляющих и дерево экранных форм

Исходя из выше изложенного, САУ БКНС которая представлена в данной работе удовлетворяет всем требованиям, имеет высокую гибкость которая позволяет усовершенствовать и в дальнейшем рассматриваемую установку продолжая выполнять возрастающие требования. У данной системы проработаны все составляющие для сокращения ручного труда персонала, количества персонала и его безопасности. Кроме того, SCADA-пакет, который используется на всех уровнях автоматизации БКНС, позволяет заказчику сократить затраты на обучение персонала и эксплуатацию систем.

Список используемых источников

1. ГОСТ 8.009-84 Государственная система обеспечения единства измерений: дата введения 1986-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004505> (дата обращения: 05.02.2022). – Текст: электронный.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 15 декабря 2020 г. № 903н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".
3. ГОСТ Р МЭК 61131-3-2016 (IEC 61131-3) Контроллеры программируемые. Языки программирования. Дата введения 2017-04-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200135008> (дата обращения: 09.02.2022). – Текст: электронный.
4. Поддержание пластового давления (ППД) на нефтяных залежах; дата обращения: 20.11.2021; режим доступа свободный: <https://neftegaz.ru/science/booty/331582-podderzhanie-plastovogo-davleniya-ppd-na-neftyanykh-zalezakh/>
5. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие: Томский политехнический университет. — Томск, 2009.
6. ГОСТ 21.208-2013 Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах: дата введения 2014-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108003> (дата обращения: 07.02.2022). – Текст: электронный.
7. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов: дата введения 2014-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200108005> (дата обращения: 11.02.2022). – Текст: электронный.
8. Гутгарц, Римма Давыдовна. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления : Учебное пособие для вузов /

Гутгарц Р. Д.. — Электрон. дан.. — Москва: Юрайт, 2021. — 304 с. — Высшее образование. — URL: <https://urait.ru/bcode/474654> (дата обращения: 18.02.2022). — Системные требования: Режим доступа: Электронно-библиотечная система Юрайт, для авториз. пользователей.. — ISBN 978-5-534-07961-6: 809.00.

9. Крец, Виктор Георгиевич. Основы нефтегазового дела : учебное пособие / В. Г. Крец, А. В. Шадрин; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3.4 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader.

10. ГОСТ 1508-78 Кабели контрольные с резиновой и пластмассовой изоляцией. Технические условия: дата введения 1980-01-01. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004987> (дата обращения: 13.02.2022). — Текст: электронный.

11. ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности: дата введения 2014-01-01. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200101754> (дата обращения: 15.02.2022). — Текст: электронный.

12. Терпунов, В. А.. Блочная кустовая насосная станция БКНС-190х400/20 для дискретной закачки воды в пласт / В. А. Терпунов, С. А. Айрапетов // Нефтяное хозяйство научно-технический производственный журнал: . — 2004 . — № 1 . — С. 78-80 . — ISSN 0028-2448.

13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022).

14. Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" от 21.07.1997 N 116-ФЗ (последняя редакция).

15. Федеральному закону от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда».

16. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения

2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 1.04.2022). – Текст: электронный.

17. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования: дата введения 2008-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200059881> (дата обращения: 2.04.2022). – Текст: электронный.

18. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 3.04.2022). – Текст: электронный.

19. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 4.04.2022). – Текст: электронный.

20. ГОСТ 12.2.062-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Ограждения защитные: дата введения 1982-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051598> (дата обращения: 5.04.2022). – Текст: электронный.

21. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности: дата введения 1977-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200233> (дата обращения: 6.04.2022). – Текст: электронный.

22. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 7.04.2022). – Текст: электронный.

23. Приказ Минтруда РФ от 15.12.2020 N 903Н об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: дата введения 2020-12-15. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264184> (дата обращения: 8.04.2022). – Текст: электронный.

24. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов: дата введения 1987-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012789> (дата обращения: 8.04.2022). – Текст: электронный.
25. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков: дата введения 1983-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200012472> (дата обращения: 9.04.2022). – Текст: электронный.
26. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения: дата введения 1986-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020658> (дата обращения: 10.04.2022). – Текст: электронный.
27. ГОСТ 30852.10-2002 Электрооборудование взрывозащищенное. Искробезопасная электрическая цепь: дата введения 2014-02-15. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103397> (дата обращения: 11.04.2022). – Текст: электронный.
28. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности: дата введения 1992-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901702428> (дата обращения: 12.04.2022). – Текст: электронный.
29. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности: дата введения 1978-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008440> (дата обращения: 13.04.2022). – Текст: электронный.
30. ГОСТ 25861-83 Требования электрической и механической безопасности и методы испытаний: дата введения 1984-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200004724> (дата обращения: 14.04.2022). – Текст: электронный.
31. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды

обитания: дата введения 2021-01-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.04.2022). – Текст: электронный.

32. Инструкция по охране труда при эксплуатации и при работе в электроустановках до 1000В с 3 группой допуска ИОТВ №76-19.

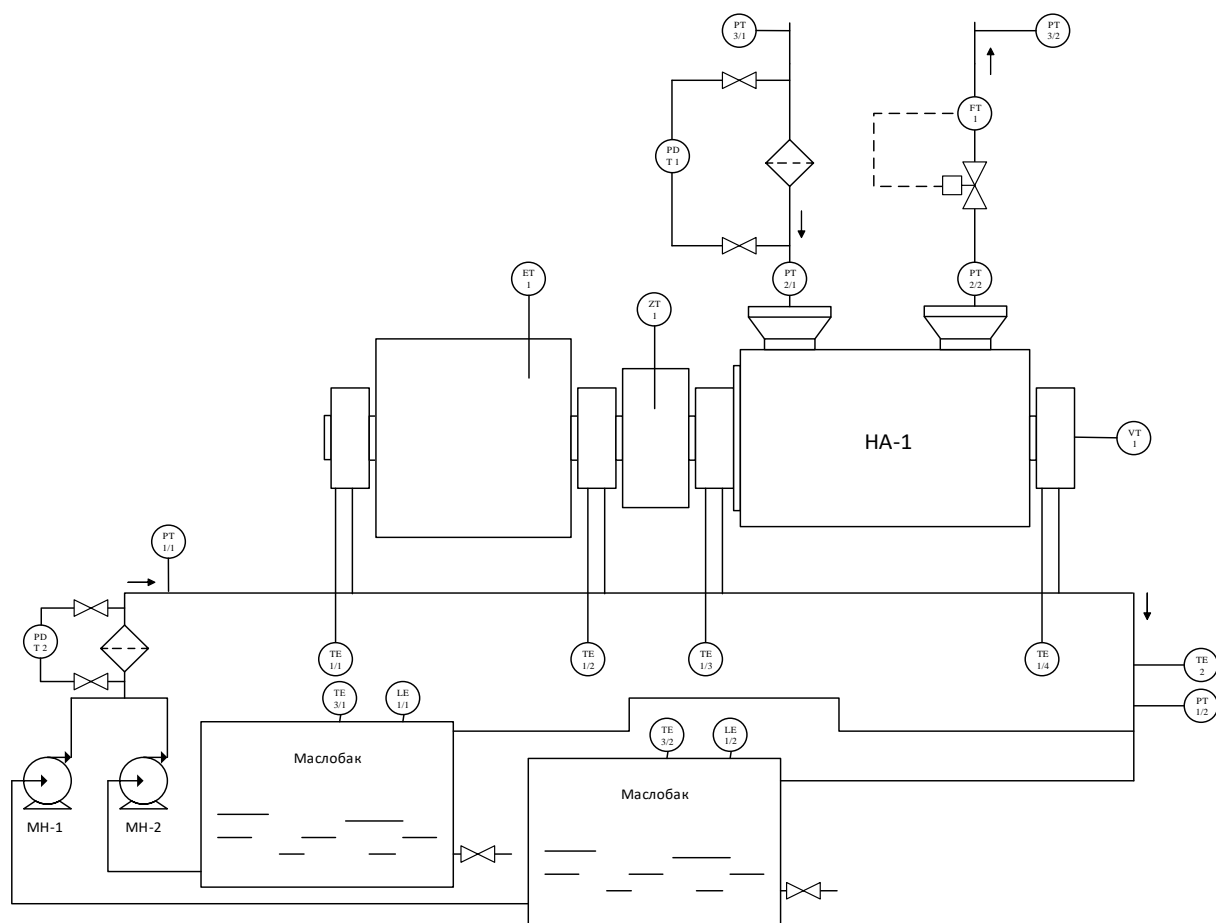
33. Инструкция по охране труда по применению и содержанию средств защиты в используемых электроустановках ПЗ-05 И-101725 ЮЛ-769.06.

34. Инструкция по охране труда при работе с ручным слесарным инструментом ИОТВ №55-19.

35. Инструкция по охране труда при выполнении работ по прокладке кабельных линий ИОТВ №40-19.

36. Инструкция по охране труда при безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением ИОТВ №41-19.

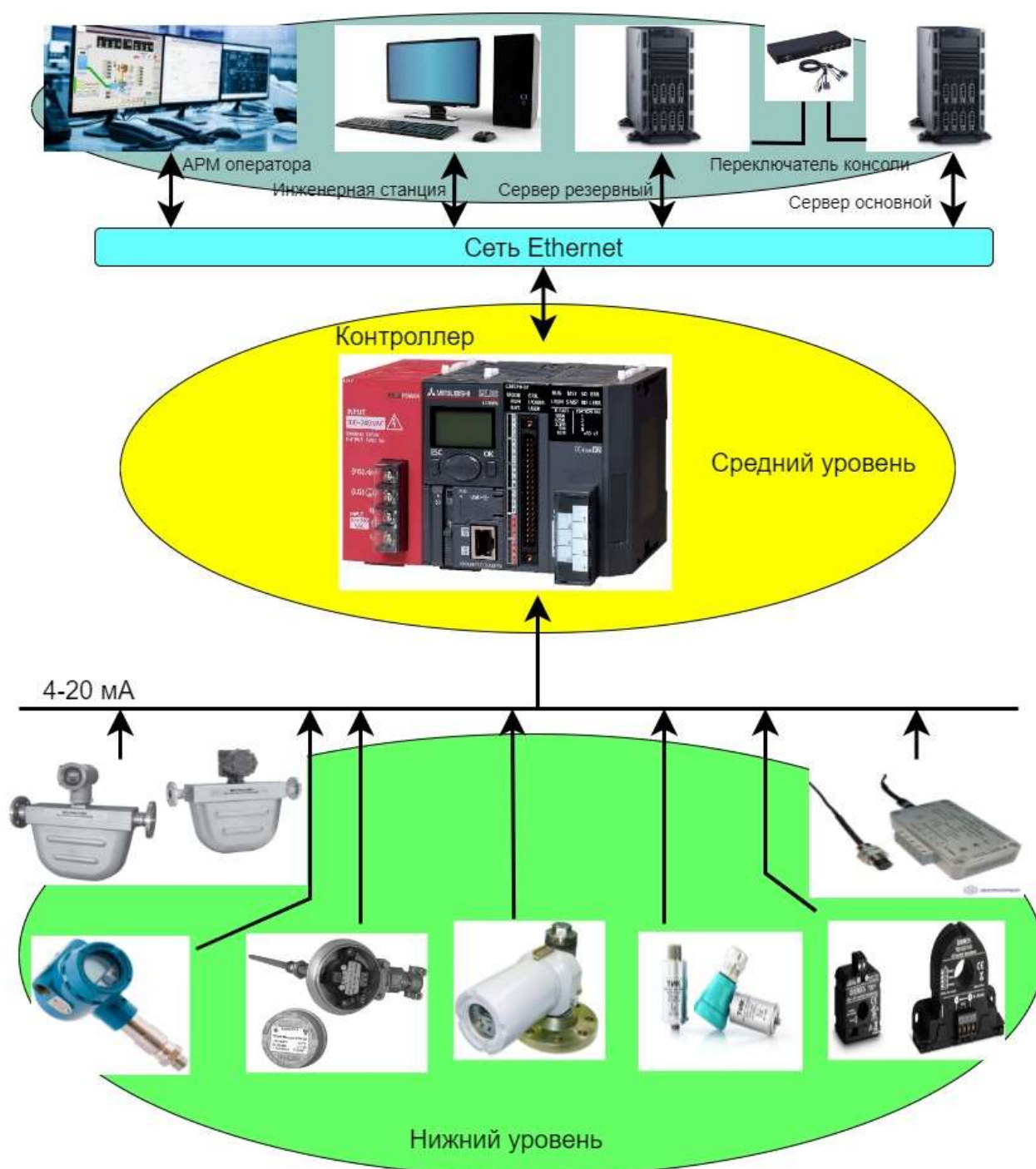
Приложение А
(обязательное)
Функциональная схема



Приложение Б

(обязательное)

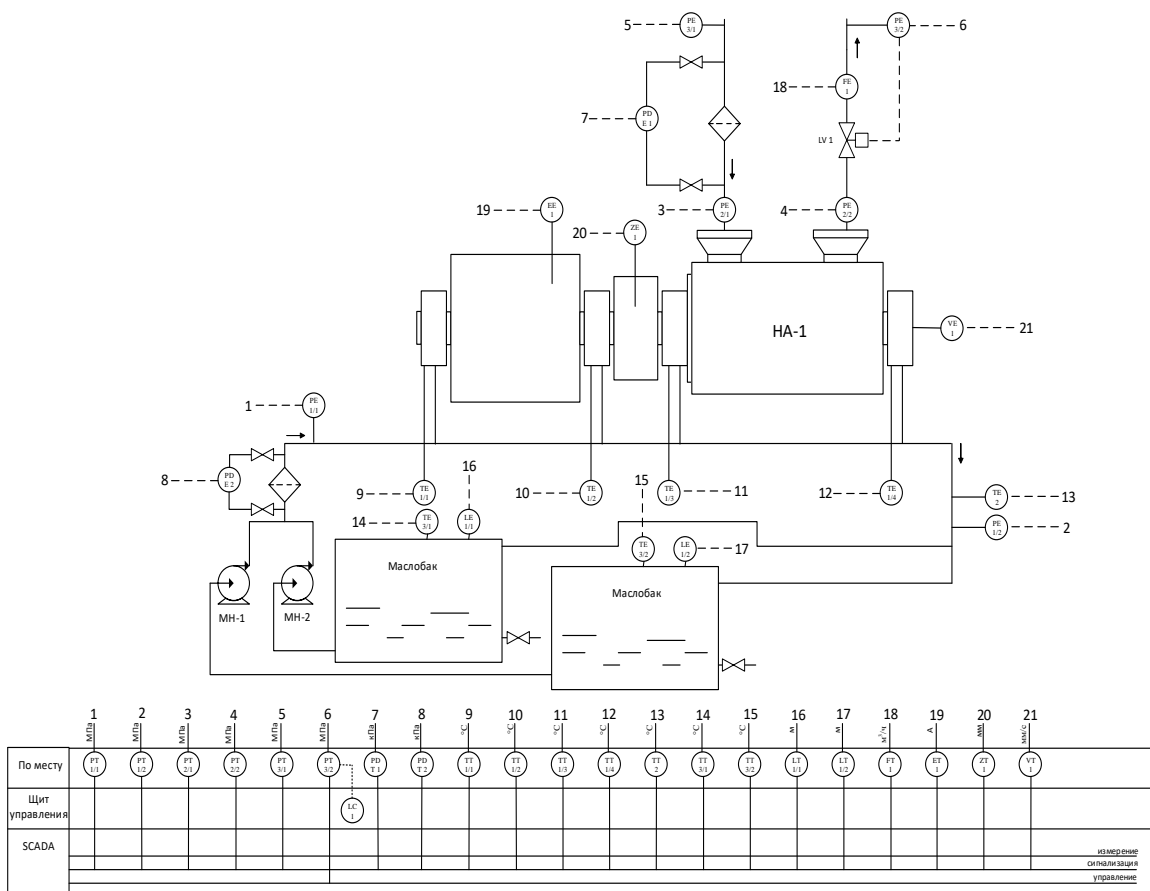
Структурная схема автоматизации



Приложение В

(обязательное)

Функциональная схема автоматизации

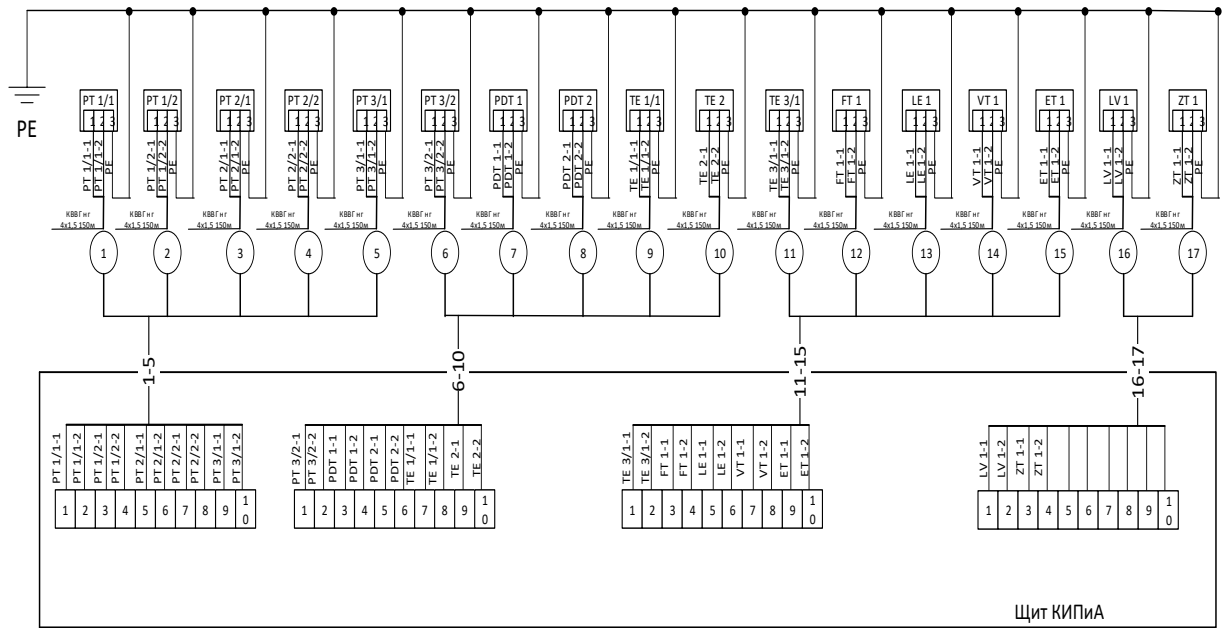


Приложение Г

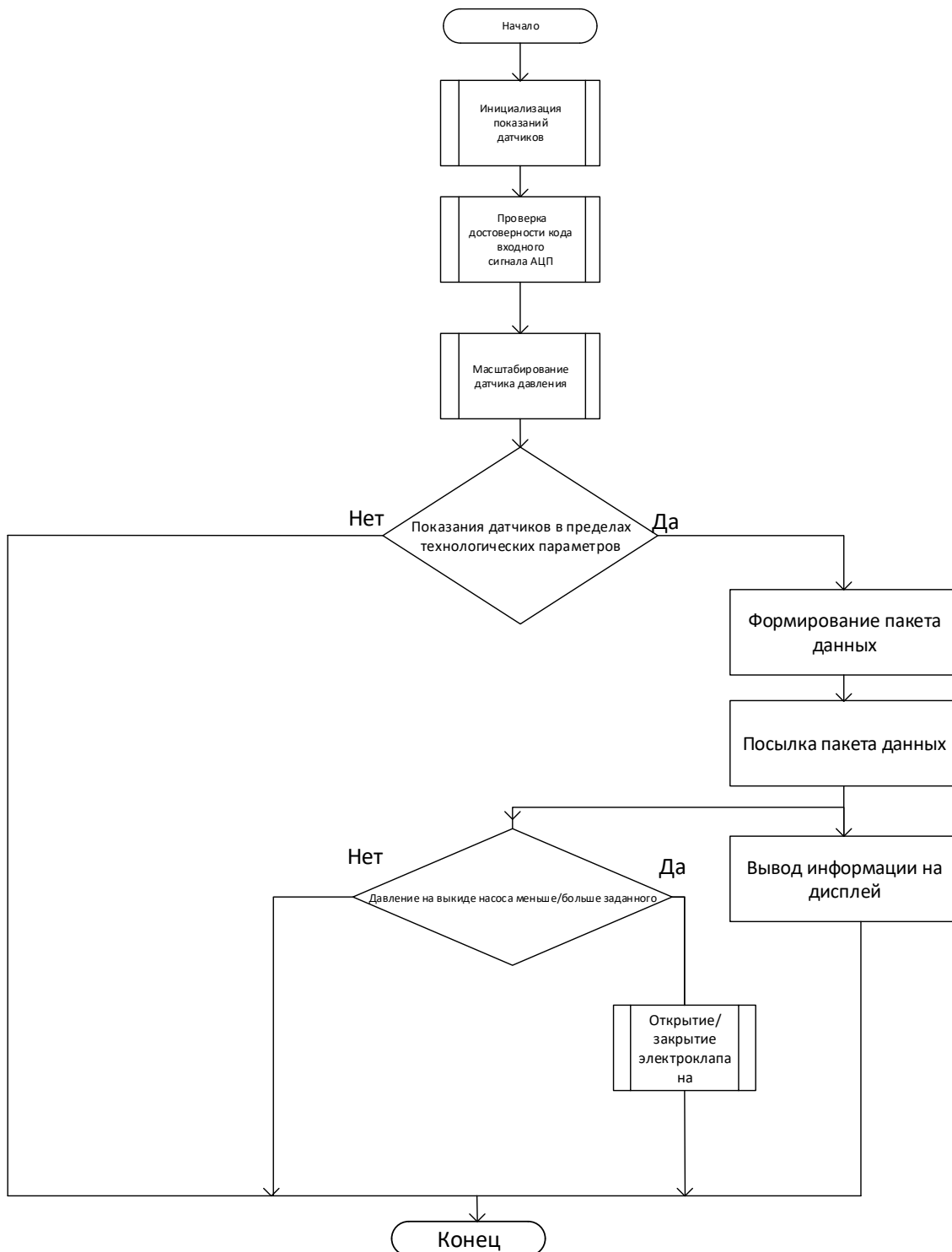
(обязательное)

Схема внешних проводов

Наименование параметра	Давление								Температура			Расход	Уровень	Вибрация	Нагрузка	Положение клапана	Осевой сдвиг
	После маслоснасосов	Перед маслобаками	На входе НА	На выходе НА	Вход в БНС	Выход БНС	Фильтра на входе НА	Фильтра маслосистемы	Подшипники НА	Перед маслобаком	Маслобак	Выход с НА	Маслобак	Станина НА	Электродвигатель	Выход с НА	НА
Тип датчика	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран-100	Метран ТСМУ 274	Метран ТСМУ 274	Метран ТСМУ 274	Метран-360	Сапфир-22 ДУ	DVA121.35 2	Seneca T201	МЭМ 40/25-10	ВК-3160С.04
Позиция	PT 1/1	PT 1/2	PT 2/1	PT 2/2	PT 3/1	PT 3/2	PDT 1	PDT 2	TE 1/1-4	TE 2	TE 3/1-2	FT 1	LE 1/1-2	VT 1	ET 1	LV 1	ZT 1



Приложение Д
(обязательное)
Алгоритм сбора данных



Приложение Е

(обязательное)

Алгоритм пуска/остановки насосных агрегатов

