

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проектирование автоматизированной системы блочной кустовой насосной станции
УДК 004.896:622.276.53.054

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Суханов А.В.	к.х.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин А.В.	к.т.н., доцент		
Руководитель ОАР	Леонов С.В.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП
15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов).
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально – экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

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

Школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Уровень образования – бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) – Автоматизации и робототехники
 Период выполнения – весенний семестр 2018/2019 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:	20.05.2019
--	------------

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	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	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)

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

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

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович

Тема работы:

Проектирование автоматизированной системы блочной кустовой насосной станции	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2344/с от 26.03.2019 года.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	25.05.2019 года.
--	------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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>	Объектом исследования является БКНС. Режим работы непрерывный. На БКНС производится закачка воды для поддержания пластового давления. Режим работы – непрерывный. Показатели качества системы: – Время переходного процесса – 4,89 сек; – Статическая ошибка – исключена; – Перерегулирование – отсутствует; – Установившееся значение системы – 9,8 МПа.
---	---

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>	1 Описание технологической схемы БКНС 2 Описание функциональной схемы автоматизации БКНС 3 Выбор средств автоматизации 4 Разработка схемы внешних соединений 5 Синтез и моделирование САР 6 Экранные формы АС ЦПС
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Функциональная схема автоматизации 2. Схема внешних соединений 3. Общий вид щита автоматизации 4. Структурная схема САР 5. График переходного процесса 6. Линеаризация САР
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	26.03.2019
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
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 проекта: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Социальный налог – 30%; НДС – 20%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Организация и планирование работ	1.1 Продолжительность этапов работ 1.2 Расчет накопления готовности проекта
2. Расчет сметы затрат на выполнение проекта	
3. Оценка экономической эффективности проекта	3.1 Определение срока окупаемости инвестиций

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович

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

Тема ВКР:

Проектирование автоматизированной системы блочной кустовой насосной станции	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объект исследования</i> – блочная кустовая насосная станция. <i>Метод исследования</i> – анализ и синтез. <i>Рабочая зона</i> – операторная с персональными компьютерами. <i>Область применения</i> – нефте-газовая промышленность.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1. Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. 2. Медицинские осмотры в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: 1. Неблагоприятные метеорологические условия помещения. 2. Недостаточное освещение рабочего места. 3. Повышенный уровень шума 4. Повышенный уровень электромагнитного излучения Опасные факторы: – наличие источников статического электричества в виде ЭВМ и щита автоматики – опасность возникновения пожара от короткого замыкания электрики
3. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	Воздействие на литосферу, гидросферу не происходит. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом.

– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Возможные ЧС на объекте: производственные аварии, пожары и возгорания, разлив нефти, взрыв.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООТД	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т42	Анисимов Владислав Викторович		

Реферат

Пояснительная записка состоит из 97 страниц машинописного текста, 15 рисунков, 22 таблиц, 26 расчётных формул, 22 источников литературы и 6 приложений.

Объектом исследования является блочно-кустовая насосная станция (БКНС), которая предназначена для принудительного нагнетания воды в пласт нефтяного месторождения.

Цель работы – спроектировать систему автоматического регулирования БКНС на основе выбранной SCADA-системы.

Автоматизация процесса закачки воды в нагнетательные скважины нефтяного месторождения на базе современного программируемого контроллера C300 Experion PKS фирмы Honeywell, США.

Данная система позволяет благополучно сократить аварийность, повысить точность, надёжность и производительность процесса.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

БЛОЧНАЯ КУСТОВАЯ НАСОСНАЯ СТАНЦИЯ, РЕГУЛИРОВАНИЕ, ДАВЛЕНИЯ НАГНЕТАНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ДАТЧИКИ НИЖНЕГО УРОВНЯ, КОНТРОЛЛЕР, ОПЕРАТОРСКИЙ ИНТЕРФЕЙС, НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ, АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Определения и нормативные ссылки.

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

интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN) – 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.

мнемознак: представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) 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 (CAN, OSI, 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.

OPC-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.

modbus: коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер».

Обозначения и сокращения

АСУ – Автоматизированная система управления;

БКНС – Блочная кустовая насосная станция;

БГ – Блок гребенок;

ВВД – Водовод высокого давления;

КНС – Кустовые насосные станции;

НА – Насосные агрегаты;

ПЛК – Промышленный логический контроллер;

ППД – Поддержания пластового давления;

ПЧ – Преобразователь частоты;

САУ – система автоматического управления;

САР – система автоматического регулирования;

ЦППН – Центральный пункт подготовки нефти;

УПСВ – Установка предварительного сброса воды.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	15
1 Объект и методы исследования	16
1.1 Характеристика БКНС	16
1.2 Описание технологической схемы БКНС	17
1.3 Автоматизация БКНС	24
1.3.1 Структура и функции САУ БКНС	24
1.3.2 Описание функциональной схемы автоматизации КНС	26
2 Расчёты и аналитика.....	31
2.1. Выбор средств автоматизации	31
2.2 Разработка схемы внешних соединений	45
2.3 Разработка общего вида щита управления	46
2.4 Разработка блок - схемы алгоритмов управления насосами БКНС	47
3 Результаты проведённого исследования	52
3.1 Синтез и моделирование САР	52
3.2 Экранные формы АС ЦПС	56
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	59
4.1 Организация и планирование работ	59
4.1.1 Продолжительность этапов работ	59
4.1.2 Расчет накопления готовности проекта	63
4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	64
4.3 Оценка экономической эффективности проекта.....	69
5 Социальная ответственность.....	70
5.1 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	71
5.1.1 Эргономические требования к рабочему месту	71
5.1.2 Окраска и коэффициенты отражения	72
5.1.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений.....	73
5.2 Производственная безопасность	74
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов	74
5.2.2 Анализ вредных факторов	75
5.2.2.1 Отклонения показателей микроклимата	75
5.2.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света	76
5.2.2.3 Повышенный уровень шума.....	78
5.2.2.4 Электромагнитное излучение.....	78
5.2.3 Анализ опасных факторов	80
5.2.3.1 Электробезопасность	80
5.3 Экологическая безопасность	81

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	82
5.4.1 Пожарная безопасность	83
6 Выводы и рекомендации по разделу	85
Заключение.....	86
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	87
Приложение А. Рисунок А.1 – Функциональная схема автоматизации	
Приложение Б. Рисунок Б.1 – Таблица Б.1 – Таблица КИПиА	
Приложение В. Рисунок В.1 – Схема внешних соединений	
Приложение Г. Рисунок Г.1 – Общий вид щита автоматизации	
Приложение Д. Рисунок Д.1 – Структурная схема САР	
Рисунок Д.2 – График переходного процесса	
Рисунок Д.3 – Линеаризация САР	
Приложение Е. Рисунок Е.1 – «Экран-Меню»	
Рисунок Е.2 – «Экран БКНС»	

ВВЕДЕНИЕ

Блочно-кустовая насосная станция (БКНС) служит принудительного нагнетания воды в пласт, для поддержания пластового давления на месторождениях нефтедобычи. Этот метод широко распространён в мире на сегодняшний день, является эффективным для улучшения нефтедобычи продуктов. Поэтому данная работа актуальна.

В работе рассматриваются два насосных агрегата (НА). В состав каждого НА входят: центробежный насос ЦНС 180-1900; частотный привод (ПЧ) Mitsubishi FRA-540.

Целями создания системы автоматизации БКНС являются:

- проектирование систем управления объектов и установок нефтегазового комплекса, технические средства автоматизации которых морально устарели или не обеспечивают оптимального режима работы объекта управления;
- повышение качества ведения технологического режима и его безопасности;
- улучшение измерения и учета технологических параметров;
- повышение оперативности действий персонала;
- повышение надежности системы управления объектом.

Данная система решает целый комплекс вопросов по проектированию и модернизации САУ технологических процессов, для реализации поставленных перед ней задач.

1 Объект и методы исследования

1.1 Характеристика БКНС

Блочно-кустовая насосная станция – это технологическая часть системы сбора нефти и газа на нефтяных месторождениях. БКНС предназначена для принудительного нагнетания воды под давлением в пласт (ПД), чтобы поддерживать пластовое давление, тем самым улучшать добычу нефтяных месторождений.

Для регулирования и поддержания ПД необходимы ряд приборов, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- надёжность и бесперебойная работа;
- большой диапазон измерения;
- небольшую погрешность измерения;
- способность работать при разных условиях окружающей среды.

Важным звеном в поддержании пластового давления являются насосные станции, которые и служат тем самым нагнетательным эффектом системы БКНС.

Насосные станции (закачивающие воду в пласт) в зависимости от конструкции делятся:

- на кустовые (КНС) - монтируемые в капитальных сооружениях;
- блочно-кустовые (БКНС) - монтируемые в специальных блоках-боксах на заводах-изготовителях.

БКНС для поддержания пластового давления закачивает рабочий агент в продуктивные пласты. Поддержание ПД обеспечивает повышение нефтеотдачи, в итоге ускоряя процесс освоения месторождения.

Геологическое строение залежи определяется расположением нагнетательных скважин, которое осуществляется так, чтобы вода могла эффективно вытеснять нефтепродукты из залежи.

Учитывая расположение нагнетательных скважин, используют такие системы заводнения как:

- приконтурное;
- законтурное;
- внутриконтурное;
- площадное;
- блочное и осевое (разновидности внутриконтурного заводнения);
- очаговое;
- избирательное;
- барьерное.

Самыми эффективными системами заводнения являются законтурные, и внутриконтурные системы.

Подача воды на КНС осуществляется следующим образом:

- по водоводам низкого давления с установок УПСВ и ЦППН;
- по водоводам низкого давления из водозаборных скважин;
- по водоводам низкого давления из открытых водоемов.

Закачка воды может осуществляться КНС блочного и стационарного исполнения.

В состав технологического оборудования КНС входят:

- насосы типа ЦНС 180-1900 с высоковольтными синхронными или асинхронного двигателями;
- блоки гребенок (БГ) для распределения и учета воды по водоводам;
- дренажная система;
- вентиляторы и электроотопители;
- удаленные блоки гребенок, которые могут располагаться на значительном удалении от КНС.

Каждый насосный агрегат имеет отдельную систему смазки для насоса и электродвигателя (маслобак 2 шт., маслонасос 2 шт., маслоохладитель – 2шт.).

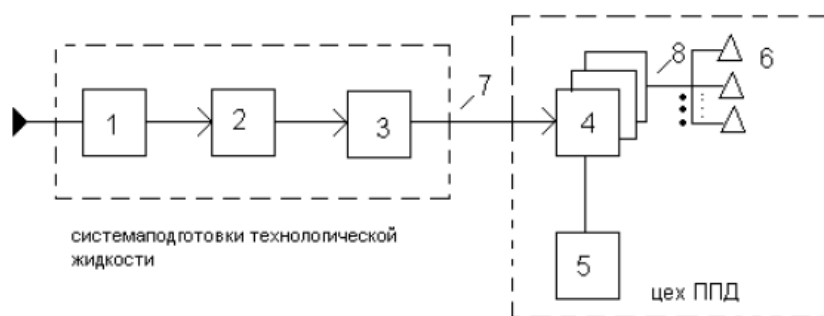
1.2 Описание технологической схемы БКНС

Массово используется ППД путем закачки воды в законтурную зону продуктивных пластов. Чтобы поддерживать пластовое давление, создается

искусственный контур питания, способный охватить по периметру всю нефтяную залежь. Законтурное нагнетание воды в пласт дает возможность приблизить контур питания к залежи и поддерживать в нем высокое ПД, что способствует повышению темпов нефтедобычи.

На нефтяных месторождениях основным назначением объектов ППД является сбор, подготовка и нагнетание воды в пласт с целью поддержания пластового давления и вытеснения нефти к добывающим скважинам. Количество нагнетаемой воды зависит от многих факторов и составляет от 1,5 до 2,5 м³ на тонну добываемой нефти. В связи с этим цеха ППД являются самыми крупными потребителями воды, а также электроэнергии.

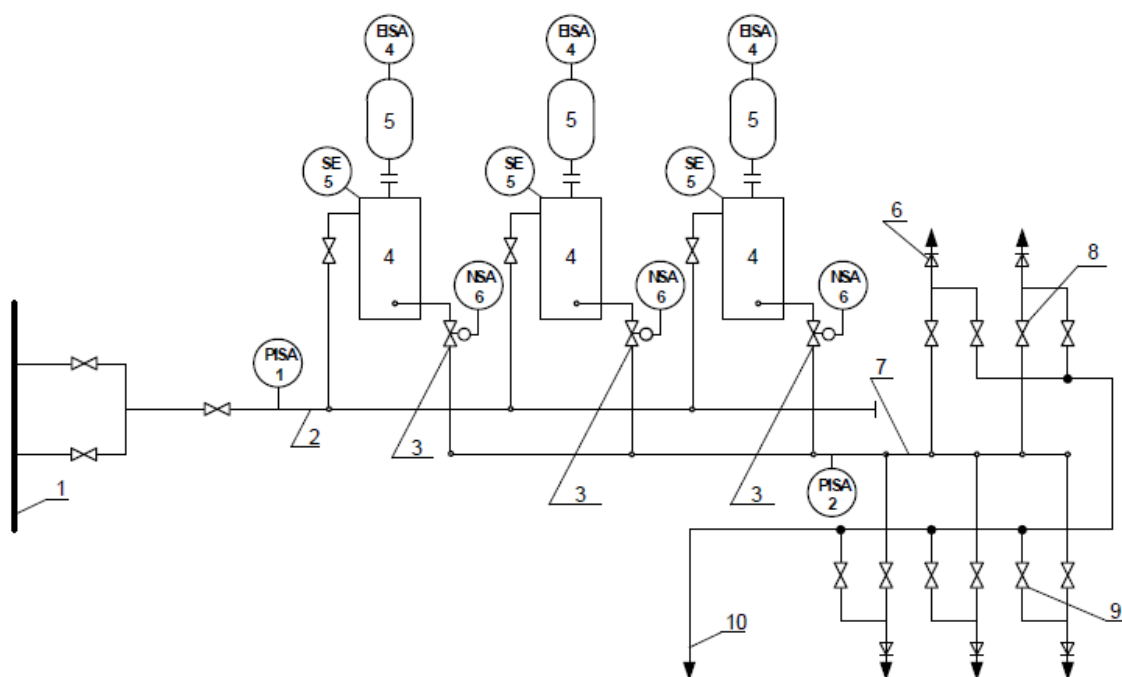
На рисунке 1 показаны основные объекты ППД.



1 – объекты водозабора; 2 – водоочистные сооружения; 3 – насосные станции подкачки для транспортирования воды в цеха ППД; 4 – кустовые насосные станции; 5 – трансформаторные подстанции системы энергоснабжения БКНС; 6 – нагнетательные скважины для нагнетания воды в пласт; 7 – водоводы низкого давления (~2,5 МПа); 8 – водоводы высокого давления (~15-25 МПа и более)

Рисунок 1 – Основные объекты ППД

Схема БКНС представлена на рисунке 2.



1 - магистральный водовод; 2 – приемный коллектор; 3 – управляемые задвижки; 4 – центробежные насосы; 5 - электродвигатели; 6 - расходомеры; 7 – высоконапорный коллектор-распределитель (блочная гребенка для распределения и учета воды по водоводам); 8, 9 – задвижки; 10 – пруды испарители.

Рисунок 2 – Схема БКНС

В состав БКНС входят следующие технологические объекты:

- система трубопроводов (приемный коллектор);
- блок, состоящий из центробежных насосов с электродвигателями;
- распределительное устройство.

Из магистрального водовода 1 вода поступает в приемный коллектор 2, отсюда она направляется в центробежные насосы 4, которые приводятся в движение электродвигателями 5. Пройдя насосы и дистанционно управляемые задвижки 3, вода попадает в высоконапорный коллектор-распределитель 7, где давление доходит до 9,5-19 МПа. Из этого коллектора через задвижки 8 и 9 и расходомеры 6 вода направляется в нагнетательные скважины. В системе КНС имеются металлические резервуары, которые вмещают в себя до 400 м³ объема

жидкости, на случай вынужденного прекращения подачи и способные обеспечивать работу НА в течение двух часов.

В схеме и КНС предусмотрена гидравлическая защита насосов при понижении давления ниже допустимого (0,2-0,3 МПа), для устойчивой работы насосных агрегатов.

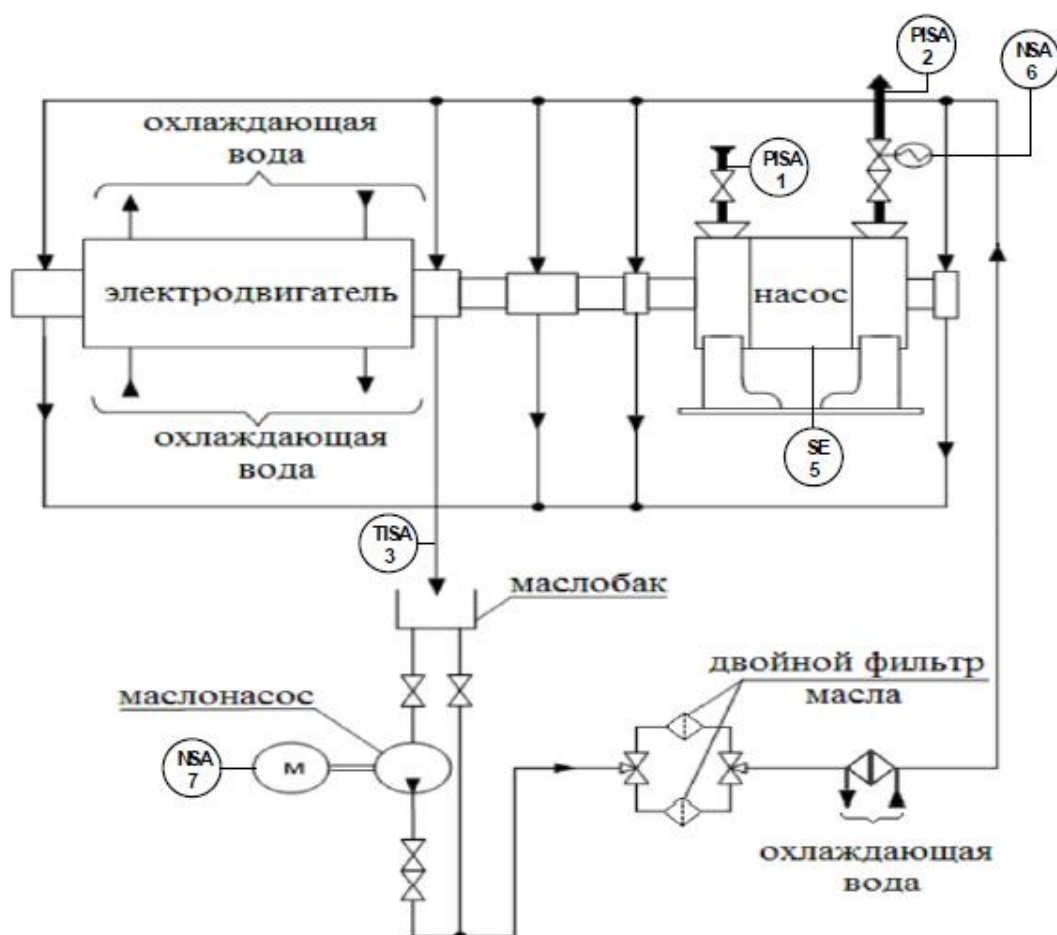
В схеме КНС предусмотрена возможность промывки скважин изливом. Для этого задвижки 9 закрывают, а грязная вода отводится в пруды – испарители через коллекторы 10.

Исходя из числа скважин на этих станциях устанавливают от двух до восьми центробежных насосов с давлением нагнетания от 4 до 20 МПа. Каждая кустовая станция обслуживает 15-20 нагнетательных скважин.

Одной из важных вспомогательных подсистем является система маслоснабжения насосного агрегата, которая используется для смазки и охлаждения подшипников насосного агрегата (рис. 3). Любой насосный агрегат имеет отдельную систему смазки для двигателя и насоса. Давление масла в системе смазки – до 0,3 МПа, температура подшипников - до 75⁰С.

Работа станции происходит следующим образом: вода по системе приемных трубопроводов при температуре 37 °С и давлением до 1,8 МПа поступает на приемы насосных агрегатов КНС с ДНС – 3 «УБ». Основным оборудованием КНС выступают многоступенчатые секционные центробежные насосы ЦНС 180-1900 производительностью 180 м³/ч и напором до 1900 м вод/ст (19 МПа) с приводом от асинхронных электродвигателей серии 4АРМ 1000/6000 УХЛ4.

На рисунке 3 представлена схема насосной станции.



1 – электродвигатель; 2 – центробежный насос; 3 – электрозадвижка на выходе насоса с обратным клапаном; 4 – маслоохладители; 5 – маслофильтры; 6 – маслонасосы; 7 – маслобаки.

Рисунок 3 – Схема насосной станции

Дальше по системе нагнетательных трубопроводов пластовая вода подаётся в водовод высокого давления (ВВД) КНС, где распределяется по соответствующим направлениям.

По ВВД жидкость попадает в водораспределительные гребенки, находящиеся на кустах скважин. Затем вода попадает в продуктивные горизонты, прежде пройдя через приборы учета расхода жидкости, обвязку, устьевое и подземное оборудование нагнетательной скважины.

Что бы осуществить целостность сальников, подшипников и других трущихся деталей, имеется система смазки (масляная). Утечки масла собираются в дренажные ёмкость, где в дальнейшем используются в системе.

Осуществляется индивидуальная система смазки. Система состоит из следующих агрегатов:

- насос Ш5-25-3,6/4, с подачей 3,6 м³/ч под давлением 0,4 МПа;
- привод от электродвигателя АОЛ2-31-4;
- маслобак БМ-0,32 объёмом 0,3 м³;
- маслоохладитель МХ-4, с расходом воды охлаждения 6 м³/ч и поверхностью охлаждения 4 м²;
- двойной масляный фильтр ФДМ-32, с поверхностью фильтрации 0,13 м²;
- предохранительный клапан и запорная арматура.

Для смазывания подшипников используют масла турбинное Тп22 и ТЗО и промышленное И20А, И25А, а для зубчатых муфт насосных агрегатов – консистентную смазку (Литая М или ЦИАТИМ-221).

Пуск насоса осуществляется от электродвигателя 4АРМ 1000/6000 УХЛ4, ротор которого насаживается на вал компрессора, а статор устанавливается на раму компрессора.

Переход из состояния покоя на частоту вращения 2970 об/мин осуществляется ступенчатым переключением обмотки статора. Климатическое исполнение насоса — УХЛ4 по ГОСТ 15150-69.

Система автоматики служит для управления работы, защиты и контроля параметров насоса и аварийного прекращения работы насоса с остановкой приводного электродвигателя.

Технические характеристики насоса ЦНС 180-1900 с приводом от асинхронных электродвигателей серии 4АРМ 1000/6000 УХЛ4 приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Технические характеристики насоса ЦНС 180-1900

Тип агрегата	ЦНС 180-1900
Производительность, м ³ /ч	180
Давление на входе, МПа	0,6÷ 3
Давление на выходе, МПа	9,6÷10
Скорость вращения ротора, об/мин	1900
Тип электродвигателя	2АРМ 1000/6000 УХЛ4
Мощность, кВт	1000
Напряжение, В	380
Скорость вращения, об/мин	2970
Мощность потребления, кВт	870
Расход воды, м ³ /ч	6
Расход масла, м ³ /ч	3,6
Давление масла, МПа	0,4
t° воздуха конечного в/охлаждителя	35-40
t° охлаждающей воды	20
Масса насоса, кг	3500
Масса редуктора, кг	1200
Масса электродвигателя, кг	5000
Масса агрегата общая, кг	24000
Вес наибольшей части агрегата, кг	5000

1.3 Автоматизация БКНС

1.3.1 Структура и функции АСУ БКНС

Управлять БКНС можно двумя способами «по месту» и «дистанционно» с АРМ оператора.

Если «дистанционный» не задан, то управление насосом производится кнопками по месту (включение / отключение);

Архитектура АСУ БКНС носит централизованный характер (для нескольких технологических объектов имеет один микропроцессорный контроллер).

В основной состав АСУ входят:

- автоматизированное рабочее место;
- уровень микропроцессорного контроллера;
- уровень полевых приборов.

В основе систем диспетчерского контроля лежит микропроцессорный контроллер, осуществляющий функции взаимодействия диспетчерского пункта с технологическим оборудованием.

Так как насосные станции легко поддаются автоматизации, а процессы, связанные запуском и остановкой, проходят автоматически в строго установленной последовательности.

На насосных станциях автоматически выполняются следующие операции:

- запуск и остановка агрегатов;
- включение НА в установленной последовательности;
- создание и поддержание необходимого разряжения во всасывающем трубопроводе и насосе перед пуском, если он не находится под заливом;
- открытие и закрытие задвижек на трубопроводах;
- контроль за выполнением установленного режима при пуске, включение резервного насоса;

- передача сигналов о работе насосных агрегатов и аварийных ситуациях на диспетчерский пункт;
- защита насосных агрегатов при перегреве подшипников.

На насосных станциях возможно автоматическое регулирование напора, путём дросселирования задвижками на входе или выходе трубопровода или путём изменения скорости вращения ротора насоса.

Контролируются следующие параметры:

- давление воды на входе и выходе насоса;
- температура подшипников и сальников;
- напряжение на вводных шинах и на шинах щита САУ.

Имеется защита от короткого замыкания, перегрузки и т.п.

В случае ухода за норму одного из перечисленных параметров, срабатывает защитное реле, которое выключает агрегаты из работы до устранения неполадок.

САУ служит для того, чтобы осуществлять автоматический контроль за технологическими процессами, технологическими параметрами и отслеживать состояние оборудования на текущий момент времени. Управление оборудованием может осуществляться автоматически или дистанционно, тем самым поддерживать требуемые значения давления нагнетания в скважину.

В состав насосных станций входит следующее оборудование:

- основное энергетическое оборудование: комплекс, состоящий из насоса и двигателя;
- механическое оборудование: сороудерживающие устройства, затворы и подъемно-транспортные механизмы;
- вспомогательное оборудование: система технического водоснабжения НС, дренажно-осушительная система, система маслоснабжения, система пневматического хозяйства, вакуум-система, контрольно-измерительные приборы (комплекс КИПиА), трубы и фасонные части;
- противопожарное и санитарно-технические устройства.

Технологические объекты НС:

- система трубопроводов (приемный коллектор);
- блок, состоящий из центробежных насосов с электродвигателями.

Из магистрального водовода вода поступает в приемный коллектор, откуда попадает в центробежные насосы, которые приводятся в движение электродвигателями. Пройдя насосы и дистанционно управляемые задвижки, вода попадает в высоконапорный коллектор-распределитель под давлением 9,8 МПа. Из этого коллектора через задвижки и расходомеры вода направляется в скважины.

1.3.2 Описание функциональной схемы автоматизации КНС

Системы автоматизации КНС для осуществления закачки воды в нагнетательные скважины нефтяного месторождения разрабатывается для насосной станции (НС) из 2х насосов.

Система автоматизации состоит из таких блоков как: щит автоматизации (управления), колонка манометров и ряд измерительных приборов.

Отключение насосов происходит в случае отклонения параметров от нормы либо при срабатывании электрической защиты

Причины аварийной остановки работы двигателя насоса:

- аварийно высокая температура масла на сливе с подшипников;
- аварийно высокая температура подшипника №1-10 от 80 °С;
- аварийно низкое давление масла на сливе с подшипников ниже 0,1 МПа;
- аварийно высокий ток статора насоса;
- высокое давление воды на входе;
- низкое давление воды на входе;
- аварийная остановка по месту при нажатии кнопки «Аварийная остановка».

Основные контролируемые параметры БКНС приведены в табл. 1.1.

Система ПАЗ распознает аварийную ситуацию и автоматически переводит технологическое оборудование в безопасное состояние. ПАЗ выполняются следующие действия:

- при превышении температуры подшипников и статора электродвигателя, температуры масла – производят отключение электродвигателя (ЭД) насоса;
- при превышении уставок по падению давления масла, уменьшении потока воды ниже установленного, увеличении силы тока в обмотках электродвигателя - производят отключение электродвигателя.

Таблица 1.1 - Перечень требований к системам регулирования БКНС.

Наименование показателей режима	Единица измерения	Допустимые пределы технологических параметров	Требуемый класс точности измерительных приборов	Примечание
Расход воды	м ³ /ч	180	0,5	Регистр.
Давление масла	МПа	0,35 – 0,45	1,0	Регистр., сигнализация
Давление воды на входе насоса	МПа	0,6 - 3	0,5	Регистр., сигнализация
Давление воды на выходе насоса	МПа	9,6-10	0,5	Регистр., сигнализация
Температура масла	°С	35-45	0,5	Регистр., сигнализация
Давление воды на охлаждение	МПа	1,0 – 3,0	1,0	Регистр., сигнализация
Расход воды на охлаждение	м ³ /ч	5,5 - 6,5	0,5	Регистр.
Температура подшипников № 1-10, не более	°С	40-75	1,0	Регистр., сигнализация
Расход масла	м ³ /ч	3,4 - 3,8	0,5	Регистр., сигнализация
Давление воды в напорном коллекторе	МПа	0,6 - 3	0,5	Регистр., сигнализация
Ток статора	А	1	0,05	Регистр., сигнализ.
Частота вращения двигателя насоса	об/мин	2990	0,05	Регистр., сигнализ

Условия срабатывания и действия ПАЗ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень блокировок и сигнализации ПАЗ

Наименование параметра	Величина устанавливаемого параметра		Блокировка		Сигнализация		Операции по отключению, переключению и другому воздействию
Температура газа на нагнетании, °С		60		70		60	Звуковая и световая сигнализация. Отключение ЭД насоса
Температура подшипников, °С		80		85		80	Звуковая и световая сигнализация. Отключение ЭД
Расход масла, м ³ /ч	3,6		2,5		2		Звуковая и световая сигнализация. Запрет пуска Отключение ЭД
Давление охлаждающей воды, МПа	0,12		0,1		0,12		Звуковая и световая сигнализация. Запрет пуска Отключение ЭД
Давление на всасе, МПа		1	0,5	1,5		1,5	Звуковая и световая сигнализация. Запрет пуска Отключение ЭД насоса

Автоматизированная система управления БКНС представляет собой трехуровневую многофункциональную информационно-управляющую систему, которая работает в режиме реального времени (круглосуточно, круглогодично), с периодическими осмотрами и регламентными работами в период плановых остановов и ремонтов основного оборудования.

Нижний (полевой) уровень АСУ БКНС реализован датчиками и преобразователями КИП, а также подключением к АСУ цепей сигнализации и управления технологического электрооборудования –насоса и его обвязки.

Средний уровень АСУ БКНС – уровень контроля и управления технологическим процессом, – включает контроллер и устройства связи с объектом (УСО) – платы ИОТА с модулями ввода-вывода.

Промежуточные уровни АСУ БКНС – уровни связи, – представляют собой внешние проводки КИПиА, полевые шины (Modbus TCP, Modbus RTU), системные шины (резервированную сеть FTE), локальную сеть (LAN Ethernet), магистральную сеть (оптический резервированный Ethernet), коммутаторы, маршрутизатор, преобразователи протокола Modbus TCP/ Modbus RTU, модульные повторители RS-485.

Верхний уровень АСУ БКНС – уровень серверов и автоматизированных рабочих мест оператора-технолога. На данном уровне происходит сбор, хранение и визуализация информации о работе системы.

Разработанная функциональная схема системы автоматизации БКНС представлена на рисунке А.1 в приложении А.

Работа БКНС осуществляется следующим образом: вода по приёмному коллектору через фильтры, на которых задерживаются механические примеси, поступает на вход насосных агрегатов.

Пройдя насосные агрегаты, жидкость под давлением 9,8 МПа по напорному трубопроводу, через клапан К5, поступает в напорный коллектор. БКНС включает в себя группу однотипных насосов из 2 насосов.

Для обеспечения смазки и охлаждения подшипников основных НА существуют индивидуальные системы смазки для каждого насоса на базе маслонасосов МН 1 и МН 2. Подача масла к подшипникам электродвигателей осуществляется при помощи клапанов К4, К9 а отвод масла из системы - клапана К6, К12 предусмотрен маслонасос с приводом поз.8 и поз. 24.

Объем автоматизации сетевых насосов ЦНС - 180 - 1900 с электроприводом (поз. 9б, поз. 25б).

КНС предусматривает передачу сигналов в функцию ТИТ и ТИИ с датчиков на контроллер:

- давление РЕ (поз. 12, 24) охлаждающей воды, поступающей в маслоохладитель;
- визуальный и автоматический контроль температуры ТТ (поз. 4, 5, 6, 17, 18, 19) подшипников насоса;
- визуальный и автоматический контроль температуры ТТ (поз. 7, 19) масла;
- визуальный и автоматический контроль давления РЕ (поз. 1) воды на входе в НС;
- визуальный и автоматический контроль давления РЕ (поз. 27) и расхода FE (поз. 28) воды на выходе из НС, поступающей к потребителю.

Сигналы на контроллер в функцию ТУ передаётся:

- включение / отключение электроприводов насосов Н1 и Н2 (поз. 3, 15), маслонасосов МН1 и МН2 (поз. 10, 22).

Сигналы контроллера в функцию измерения и регулирования ТС и ТИТ передаются с датчиков:

- измерение и регистрация расхода FE (поз. 2) воды на входе в НС;
- измерение и регулирование расхода FE (поз. 8, 9) масла в маслосистеме насосов;
- измерение и регулирование расхода FE (поз. 13, 14) охлаждающей воды, поступающей в маслоохладители МО1 и МО2.

Время сканирования показаний датчиков и состояние контролируемых величин, а также реагирования на события не должно превышать 1 секунды.

Маслонасос включается, когда снижается давления масла ниже 0,3 МПа.

При давлении насоса 0,9 МПа, клапан на линии нагнетания открывается, после чего через 60 секунд насос выходит на установившийся режим работы.

2 Расчёты и аналитика

2.1. Выбор средств автоматизации

В соответствии с функциональной схемой, представленной в приложении А, для измерений технологических параметров выбраны следующие средства автоматизации.

В качестве полевых датчиков выступают датчики расхода, температуры, давления.

В качестве полевых измерительных приборов в системе используются:

- температуры – ТСМ Метран-254;
- давления – Мида ДИ - 55 (-Ex);
- расхода КР 100х21;
- электроприводы клапанов МЭМ 40/25-10;
- частотный преобразователь Mitsubishi 3.

Датчик температуры – ТСМ Метран-254

Датчик температуры на функциональной схеме измеряет температуру электропривода и подшипников насоса.

Для выбора датчика проведем сравнительный анализ: Метран ТСМ-254; Метран ТСМУ-55; WIKA UT10; Метран-241.

Результаты сравнения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Обзор датчиков температуры

Критерии выбора	Метран ТСМ-254	Метран ТСМУ-55	WIKA UT10	Метран-241
Измеряемые среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Нейтральные и агрессивные среды	Малогабаритные подшипники и поверхности твердых тел
Температурный диапазон	-50 +150 °С	-50 +180°С	-30 +150 °С	-40...200 °С
Допустимая погрешность	0,25%	0,25%	0,1%	0,75%
Уровень выходного сигнала	4-20мА HART	4-20мА	4-20мА +HART	4-20мА
Взрывозащищенность	ExdIICT6	ExdIICT6	EExiaIICT6	ExdeIICT6
Температура о.с.	-50 +85 °С		-40 +60 °С	-45...60 °С

Для измерения температуры масла и подшипников насоса выберем датчик Метран ТСМ-254 рис.4. Выбранный датчик подходит для наших условий эксплуатации по следующим параметрам:

- температурный диапазон измерения;
- уровень выходного сигнала;
- допустимая погрешность;
- температура окружающей среды.

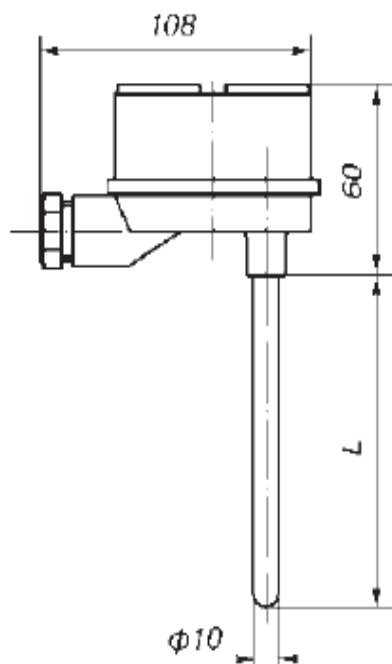


Рисунок 4 - Датчик ТСМ Метран – 254

Принцип действия – изменение сопротивления проводников при изменении температуры окружающей среды.

Комплекс расходомерный КР 100х21

Служит для измерения значений объемного расхода электропроводящих жидкостей, с дальнейшим выводом информации на индикатор и телеметрию.

Его работа основана на измерении ЭДС, индуцированной магнитным полем в электропроводящей жидкости, пропорциональной средней скорости потока жидкости. Датчик расхода преобразует расход жидкости в последовательность электрических импульсов. Длина линии связи между датчиком и системой телемеханики до 300 м.

Особенности КР 100х21 рис.5:

- широкий диапазон рабочих давлений ($P < 21$ МПа);
- измерение агрессивных, абразивных и вязких жидкостей;
- работа при высокой неоднородности потока жидкости, вблизи изгибов трубопровода, дросселей, обратных клапанов и задвижек;
- отсутствие в проточном тракте датчика элементов конструкции, перегораживающих поток. Потери давления не превышают потерь в трубопроводе эквивалентной длины.



Рисунок 5 - Комплекс расходомерный КР 100х21

В таблице 4 представлены основные характеристики КР 100х21.

Таблица 4 - Основные технические характеристики КР 100х21

Максимальное рабочее давление, МПа	21
Диапазон измерения расхода, м ³ /ч	0,4 ... 185
Температурный диапазон эксплуатации °С	0...+50

Критерии, по которым датчик подходит под наши условия и структуру работы:

- максимальное рабочее давление;
- диапазон измерения;
- возможность вывода информации на телеметрия и индикатор.

Выбор датчика давления

От качества контроля и измерения режимных параметров БКНС, в том числе, давления воды на выходе из насоса, производительность станции, и как следствие, экономическая эффективность процесса водоочистки в целом.

Таким образом, необходимо корректно выбрать технические средства автоматизации БКНС, обеспечивающие требования, предъявляемые к процессу.

Принцип действия датчиков давления основан на упругой деформации чувствительного элемента (сенсора) под действием давления.

Для задачи измерения давления воды до 9,8 МПа, диапазон измерения датчика должен быть 15 МПа. Проведем сравнительный анализ следующих датчиков (табл. 5).

Таблица 5 – Обзор датчиков давления

Критерии выбора	Сапфир-22М	Rosemount 3051C	Метран 100 Модель 1170	Мида ДИ -55 (-Ex)	Метран серии 3051
Измеряемая среда	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, нефть, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар	Газ, жидкость, пар
Диапазоны пределов измерений	-	0–13,8МПа	0–18 МПа	0–16МПа	0–13,8МПа
Предел допускаемой погрешности	0,25%	0,075%	0,075%	0,25%	0,075%
Перестройка диапазонов измерений	-	100:1	100:1	25:1	100:1
Выходной сигнал	4–20мА	4–20мА +HART	4–20мА	4–20мА + Modbus	4-20мА+HART
Взрывозащищенность	Ex	ExiaIICT5	ExiaIICT5X	ExibIICT5X	ExdIICT5
Температура окружающей среды	-50 +80 °С	-40 +85 °С	-40 +80°С	-40 +85 °С	-40 +85 °С
Наличие ЖКИ	нет	да	нет	да	да
Срок службы	12 лет	12 лет	6 лет	12 лет	12 лет

Чтобы измерить давление, был выбран датчик фирмы Rosemount 3051C, поскольку его диапазон измерения (до 13,8 МПа), подходит по следующим эксплуатационным характеристикам:

- температура окружающей среды до 85 °С;

- малая относительная погрешность 0,25 %;
- широкая возможность перестройки диапазона измерения;
- поддержка Modbus – протокола с дистанционной передачей данных;
- высокие эксплуатационные показатели;
- предназначен для измерения давления нейтральных и агрессивных сред.

Назначение: для преобразования избыточного давления в выходной сигнал в виде постоянного тока на ПЛК контроллер для дальнейшего регулирования системы.

Электроприводы клапанов.

Задвижки клапанов служат для перемещения регулирующих органов в САУ технологическими процессами в соответствии с командными сигналами, поступающими от управляющих устройств и командами операторов со щита управления. Устанавливаются непосредственно на трубопроводной арматуре.

Чтобы осуществить выбор исполнительного механизма, было проведено сравнение механизмов: МЭОФ, МЭМ и AUMA. Их технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6 - Технические характеристики исполнительных механизмов

Параметр	МЭОФ	МЭМ	AUMA
Диапазон моментов	6.3-10000 Н·м	6.3-4000 Н·м	10-32000 Н·м
Выходная скорость	-	От 0,15 об/мин	4-180 об/мин
Время полного хода	10-160с	10-160с	7-80 с
Цена (руб.)	7000-71000	от 40000	от 1500000

Принцип работы ИМ – преобразование электрического сигнала в механическое воздействие на клапан (задвижку)

Выбираем МЭМ 40/25-10 по его техническим характеристикам:

- номинальный крутящий момент на выходном валу, Н·м, 40;
- номинальное время полного хода выходного вала, сек, 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 4 валу в пределах от номинальной противодействующей до 0,5 номинального значения соопутствующей.

Схема подключения ИМ показана на рис. 6.

Располагаются неподалёку от регулирующих органов или других силовых конструкций.

На рисунке 6 показана схема подключения выбранного ИМ.

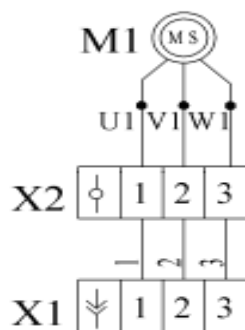


Рисунок 6 - Схема подключения МЭМ 40/25-10.

Частотный преобразователь.

Одним из самых перспективных методов регулирования производительности насосов является применение частотного преобразователя частоты вращения двигателя насоса. Частотные преобразователи оснащены встроенными функциями диагностики не только двигателя, но и себя, тем самым защищая не только двигатель, но и реализуют алгоритмы ПИД-регулирования.

Среди плюсов новых частотных преобразователей выделяются:

- расширенный температурный диапазон;
- расширенный диапазон;
- дешевизна;
- универсальность всех основных опций;
- возможность доступа практически ко всем параметрам, позволяя «тонко» настроить преобразователь.

Одним из представителей является Mitsubishi 3. Его основные параметры:

- электрические показатели: 7,5 кВт - 1000 кВт 400 В 3 АС;
- рабочее напряжение: 380 - 480 В +/- 10%;
- частота входа: 47- 63 Гц;
- коэффициент мощности: $\cos \Phi \geq 0.7$;
- КПД: 97%;
- рабочая температура: - 10 до +40 °С;
- допустимая относительная влажность воздуха: 95%;
- частота выхода: 0 - 650 Гц;
- разрешение выходной частоты: 0.01 Гц;
- аналоговый вход: 0-10 В, 0-20 мА, -10 В / +10 В биполярный, разрешение 10 бит;
- релейный выход: 30 В DC 2 А, 240 В АС 0.8 А параметрируемый;
- RS485 интерфейс: есть;
- способ торможения: генераторное, динамическое, комбинированное;
- защитные функции: по пониженному напряжению, по перенапряжению, по перегрузке, по включению на землю, по короткому замыканию, по блокировке двигателя, по перегреву двигателя, по перегреву преобразователя;
- встроенный ПИД - регулятор, встроенный источник питания 24 В для датчика ПИД - регулятора.

Основные параметры измерения и преобразования системы сведены в таблице Б.1 в приложении Б.

На основании выбранных средств автоматизации разработаем структурную схему контроллера и схему внешних соединений БКНС.

Программируемый логический контроллер. Назначение

Микропроцессорный контроллер является основой любой системы диспетчерского контроля и управления и осуществляет взаимодействие операторного пункта с технологическим оборудованием в системе контроля и управления.

В контроллер поступают данные с датчиков, далее они обрабатываются, и по результатам обработки вырабатывается управляющее воздействие. Затем обработанные данные поступают на диспетчерский пульт, где отслеживается весь процесс управления и регулирования, происходит вмешательство оператора в ход технологического процесса, если оно необходимо.

Промышленный логический контроллер (МПК) должен осуществлять следующие действия:

- ввод/вывод, аналогово-цифровое преобразование, усреднение, масштабирование, фильтрацию от помех, проверку на достоверность;
- обмен данными с рабочей станцией;
- автоматическое управления и регулирование;
- исполнение дистанционных команд с рабочей станции.

Модули аналоговых входов должны обеспечивать ввод унифицированных токовых сигналов ($4\div 20$ мА) с поддержкой входных сигналов от термосопротивлений и с полным гальваническим разделением цифровой от аналоговой части.

Датчики и исполнительные устройства подключаются к модулям ввода/вывода МПК. Их количество и соотношение составляет компоновку контроллера, то есть состав и число модулей: АЦП (аналого-цифровой преобразователь), ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь), ДЦП (дискретно-

цифровой преобразователь), ЦДП (цифро-дискретный преобразователь) для преобразования аналогового и дискретного сигналов в цифровой код и обратно.

Контроллер находится на цеховом уровне. В соответствии с программой контроллер обрабатывает сигналы, поступающие с датчиков и вырабатывает управляющие воздействия на исполнительные механизмы (ИМ).

Основным источником оперативной информации являются датчики, определяющие текущие значения технологических параметров. Получаемые от них сигналы передаются в соответствующие модули ввода-вывода, откуда далее поступают в контроллеры системы управления. Контроллеры осуществляют обработку принимаемой информации: фильтрацию, контроль достоверности, приведение к шкале измерения, тем самым формируют базу данных реального времени. На основе получаемой от датчиков информации, контроллеры в соответствии с заложенными алгоритмами управления осуществляют управление объектом автоматизации.

Вся получаемая АСУТП информация подразделяется на две группы, отличающиеся методом ввода информации:

- автоматический ввод данных в систему от датчиков и исполнительных механизмов;

- ручной ввод данных в систему с клавиатуры АРМ оператора-технолога (управляющие директивы, уставки, задания регуляторам, выбор режима управления и прочие данные, которые не могут быть получены автоматически).

АСУ КНС выполняет такие задачи как:

- отслеживание техпроцесса закачки воды в нагнетательные скважины;
- обеспечение высокого уровня безопасности техпроцесса;
- анализ изменения параметров и прогноз возможных аварийных ситуаций;
- безаварийный запуск и остановка системы;
- контроль: режима работ и противоаварийная защиту технологического оборудования и агрегатов, предупредительная и аварийная сигнализация, дистанционное управление исполнительными механизмами, расчет

технико–экономических показателей, архивирование информации, формирование и печать технологических протоколов, аварийных сообщений и отдельных документов.

Выбор ПЛК. Выбор конфигурации ПЛК и составление структурной схемы контроллера

Чтобы определиться с выбором программируемого логического контроллера нужно учитывать:

- применение;
- функциональное назначение;
- количество цифровых и аналоговых входов и выходов;
- скорость передачи данных;
- имеется ли автономный счетчик времени;
- условия регистрации и хранения данных;
- возможность самодиагностики;
- требования к панели оператора;
- язык программирования;
- интерфейс;
- каналы проводной и беспроводной связи;
- режим и условия эксплуатации.

Для выбора ПЛК для КС рассмотрим широко использующиеся типы контроллеров в промышленности и производстве.

Резервированный контроллер C300 Experion PKS фирмы Honeywell, США.

Специализированный контроллер предназначен для управления высоковольтными электроприводами гидротурбин, насосов, компрессоров. Имеет платы ввода-вывода I/O, размещающиеся на щите КИП и А. Контроллер C300 - это модульный программируемый контроллер.

Особенности C300:

- поддерживает только модули серии C;
- работает в резервируемой конфигурации;
- один контроллер поддерживает до 8 модулей SPM и SVPM;
- время выполнения СМ конфигурируется от 20 до 800 мс;
- IOLink для подключения модулей SPM и SVPM всегда конфигурируется как Priority.

Модуль Speed Protection Module – SPM (рис. 7) обладает следующими характеристиками:



Рисунок 7 - Модуль Speed Protection Module – SPM

Резервированный модуль SPM содержит и поддерживает следующие типы входов/выходов: 4 входа для подключения пассивных или активных датчиков скорости; 8 аналоговых входов; 8 дискретных входов; 1 аналоговый выход; 4 дискретных выхода; блок голосования.

Обеспечивает высокоскоростную обработку сигналов: 2.5 мс для канала скорости; 10 мс для аналогового входа.

Модуль SPM предназначен для регулирования скорости вращения и защиты двигателя насоса от сверхскорости и выполняет следующие функции:

- получение и обработка сигналов от максимум 4 датчиков скорости (пассивные или активные);
- вычисление скорости вращения турбины;

- обработку алгоритмов голосования 2 из 3 для скорости ускорения и вращения турбины;
- формирование сигналов защиты от сверхскорости в систему ПАЗ на остановку турбины;
- обработка входных аналоговых и дискретных сигналов для использования в алгоритмах управления, а также формирования выходных сигналов на исполнительное устройство;
- формирование сигналов о реверсном вращении турбины, при использовании активных датчиков скорости.

Модуль Servo Valve Positioner Module – SVPM обеспечивает высокоскоростную (2.5 мс) обработку аналоговых сигналов от датчиков положения и выполнение встроенных PID блоков, а также резервированный модуль SVPM содержит и поддерживает следующие типы входов и выходов:

- 2 аналоговых входа для подключения датчиков положения клапана;
- 2 дискретных блокировочных входа;
- 2 аналоговых выхода;
- 2 встроенных PID регулятора для позиционирования.

Модуль SVPM предназначен для позиционирования серво клапана и выполняет следующие функции:

- получение и обработка сигналов положения клапана от датчиков обратной связи LVDT/RVDT;
- выполнение встроенного PID регулятора на основе вычисленного положения клапана (PV) и внешнего задания на открытие клапана (внешнее SP);
- формирования управляющего выходного одно или биполярного токового сигнала на катушки серво клапана;
- перевод клапана в безопасное состояние по сигналам дискретного входа;
- модуляции выходного сигнала для исключения залипания – калибровка серво клапана.

С300 может поддерживать до 8 логических соединений в промышленных сетях с программируемыми контроллерами, программаторами, компьютерами, панелями оператора. Одно статическое соединение зарезервировано для связи с программатором и панелью оператора.

Модуль дискретного вывода СС-TDIL11 преобразует внутренние логические сигналы контроллера в его выходные дискретные сигналы. К выходам модулей могут подключаться как исполнительные устройства, так и их коммутационные аппараты.

- 32 выхода (четыре группы по восемь сигналов);
- гальваническое разделение между входами и внутренней шиной контроллера и между группами входов;
- потребляемый ток от внутренней шины контроллера, не более 110 мА;
- от внешнего источника питания, не более 160 мА;
- потребляемая мощность 6,6 Вт.

Модули ввода аналоговых сигналов СС-TAIX11 предназначены для аналого-цифрового преобразования входных АС контроллера и формирования цифровых величин, которые используются центральным процессором при выполнении программы. Ко входам модулей могут подключаться датчики с унифицированными выходными электрическими сигналами напряжения или силы тока. На плату IOTA СС-GAIX11 подключаются каналы датчиков температуры ТСП.

Все выходные аналоговые сигналы подключаются к IOTA типа СС-ТАОХ11 с возможностью резервирования. Выходные аналоговые сигналы поступают на частотные преобразователи, установленные в системе, в том числе на двигателе насоса для плавного изменения частоты вращения.

Операционная система центральных процессоров С300 выполняет все необходимые функции резервирования программируемого контроллера и обеспечивает:

- обмен данными между блоками контроллера;

- обнаружение отказов и безударный ввод в работу резервного блока;
- тестирование системы.

В качестве управляющего устройства был избран ПЛК контроллер C300 Experion PKS как наиболее прогрессивный, специализированный, надежный и экономичный.

Данный контроллер был выбран также и потому, что он специально создавался для управления турбинными двигателями, которым является двигатель насоса ЦНС 180-1900. C300 обладает опциями диагностики технологического оборудования и ИМ, а также самодиагностики. Через последовательный порт RS-232 или RS-485 осуществляется обмен информацией между контроллером и компьютером.

Для определения структуры контроллера проанализируем входные и выходные сигналы, поступающие на контроллер (табл. 7).

Анализ входных/выходных сигналов показывает, что на контроллер поступает 20 аналоговых и 8 дискретных сигналов.

На основе этих данных выбираем оптимальную структуру контроллера:

- 1) Модуль Процессора - CPU C-300;
- 2) Модуль питания - DIN - KA52F;
- 3) Модуль аналоговых входов - CC-TAIX11, CC-GAIX11;
- 4) Модуль дискретных выходов - CC-TDIL11.

Таблица 7 - Входные сигналы средств автоматизации

Параметр	Поз.	Наименование средства автоматизации	Количество сигналов	Входной/ Выходной сигнал
Расход воды	2	KP100x21	1	Аналоговый
Давление воды на входе насоса	1	Rosemount 3051C	1	Аналоговый
Давление воды на выходе насоса	27	Rosemount 3051C	1	Аналоговый
Температура масла	7, 19	ТСМ -254 Метран	2	Аналоговый
Давление воды на охлаждение	12, 24	Rosemount 3051C	2	Аналоговый
Расход воды на охлаждение	11, 23	KP100x21	2	Аналоговый
Температура подшипников	4, 5, 6, 16, 17, 18	ТСМ -254 Метран	6	Аналоговый
Расход масла	8, 20	KP100x21	2	Аналоговый
Расход воды из БКНС	28	KP100x21	1	Аналоговый
Электроприводы клапанов	9, 14, 21, 26	МЭМ-40Б/25-10	4	Аналоговый
Электропривод насоса	3, 15	2АРМ 1000/6000 УХЛ4	2	Дискретный
Электропривод маслонасоса	10, 22	АОЛ 2-31-4	2	Дискретный

2.2 Разработка схемы внешних соединений

Электрическая схема внешних соединений предназначена для облегчения работ по монтажу и установке оборудования и приведена на рисунке В.1 в приложении В. На ней показываются соединения внутрищитовых и внештитовых проводов.

Схема соединений разрабатывается на основе функциональной схемы.

На схеме внешних соединений представлена измерительная и управляющая часть системы (контроллер), а так же блок питания, в связи с чем некоторые адреса включают обозначение прибора и номер вывода в соответствии с функциональной схемой.

Для электропроводки системы автоматизации применяется изолированные провода с полихлорвиниловой изоляцией с экранированным кабелем не горючий – КВВГЭ нг.

2.3 Разработка общего вида щита управления

Чертёж общего вида системы автоматического управления является основным конструктивным чертежом и должен выполняться, как правило, на базе типовых стандартных конструктивов. Выбор типа щита зависит от насыщенности его приборами и средствами автоматизации, что определяется на основании анализа технического задания на проектирование и функционально схемой системы автоматизации объекта управления.

В соответствии с действующими стандартами имеется четыре основных типа щитов и пультов:

- щит шкафной;
- щит панельный;
- статив;
- пульт.

Выбран шкаф Schroff Proline:

- новейший универсальный шкаф, предназначенный для метрического и электротехнического монтажа, причём допускается установка разных типов оборудования в одном шкафу;
- степень защиты от воздействий окружающей среды — IP55 (пылевлагозащищённые);
- несущий каркас повышенной прочности. Допустимая статическая нагрузка до 500 кг;
- каркас шкафа сварен из стального профиля, который обеспечивает широкий проём для монтажа. Крепёжные отверстия с шагом 25 мм по трём осям обеспечивают удобство установки монтажной панели без дополнительных деталей поддержки;

- дешивизна в отрасли.

На чертеже общего вида представлены:

- основной вид;
- вид сбоку;
- перечень составных частей.

Компоновки приборов на щите проводилась с учетом требований эргономичности и учитывалась их важность, частота использования, последовательность использования и конструктивные особенности.

Внутри щита элементы расположены следующим образом:

- на задней стенке в верхней части щита расположено контроллерское оборудование, включая блок питания, центральный процессор, два коммуникационных процессора, модули дискретного ввода и вывода и модули аналогового ввода; в нижней части расположены источники питания, а так же промежуточные реле;
- на боковых стенках расположены: на левой расположены частотные преобразователи, хаб-маршрутизатор (коммутатор); на правой расположены конвертеры, автоматические выключатели.

Общий вид щита автоматизации представлен на рисунке Г.1 в Приложении Г.

2.4 Разработка блок - схемы алгоритмов управления насосами БКНС

Алгоритм подготовки к пуску насосов Н1 и Н2.

Перед пуском насоса необходимо привести запорные и регулирующие органы в положение открыто, включить маслонасос и основной насос подачи воды.

Автоматическая подготовка к пуску осуществляется со щита нажатие кнопки “Подготовка к пуску”, после чего:

- открываются клапана циркуляции смазочного масла;

- включается маслонасос;
- открываются клапана циркуляции охлаждающей воды в масло-холодильник.

В ходе реализации алгоритма подготовки к пуску насоса осуществляется:

- регулирование расхода и давления охлаждающей воды;
- проверка расхода масла в системе;
- проверка температуры масла.

В случае, если не достигнуто заданное значение любого из перечисленных параметров предусмотрено срабатывание сигнализации по состоянию:

- низкое давления охлаждающей воды;
- низкий расходмасла;
- высокая температура масла.

После этого загорается лампочка индикатора у таблички “Пуск разрешен”. Крайние положения задвижек клапанов контролируются световыми табло “Открыто”, “Закрыто”, включенное состояние электродвигателей МН, Н, насоса контролируется соответствующими индикаторными лампочками.

Сигнал «Пуск разрешён» – формируется, если все условия или параметры удовлетворяют требованиям.

Сигнал «Насос к пуску готов» – формируется системой приборов измерения в виде «сухого контакта», с дальнейшим отображением на верхнем уровне и дисплее компьютера оператора.

Алгоритм пуска насосов

Пуск насосов на БКНС осуществляется подачей электропитания на электродвигатель. Открывается клапан подачи воды и включаются насосы. На щите нажимается кнопка “Пуск насоса” и зажигается индикатор “Двигатель включен”, а индикатор “Пуск разрешен” гаснет.

Запуск насоса происходит от 8 до 30 секунд от момента запуска до выхода на оптимальный режим работы двигателя (2900 об/мин).

Окончание пуска насоса осуществляется при значении вращения насоса в 1500 об/мин с обязательной фиксацией системой КИПиА.

По окончании пуска на дисплей оператора должна выводиться надпись "Двигатель включен".

Контроль за работой насоса осуществляется всё время, имея возможность выводить параметры текущего значения на компьютер оператора в виде графиков. В случае отклонения параметров от нормы, срабатывает сигнализация информируя звуковыми и световыми сигналами в помещении оператора об отклонениях. При возвращении значений в пределы нормы, сигнализация отключается.

Алгоритм аварийной остановки.

Аварийная остановка происходит в случае выхода параметров за пределы аварийных уставок (защит).

При срабатывании защиты, по параметру насоса, на «верхний уровень» подаётся сигнал для отключения питания двигателя, тем самым отключая работу насоса и включается свето-звуковая сигнализация в помещение оператора.

В других случаях происходит по алгоритму штатной остановки, с записью параметра, из за которого защита сработала, в память «причины остановки»

Случаи аварийного прекращения работы насоса и его двигателя:

- 1) Аварийно высокий расход воды на нагнетании;
- 2) Аварийно высокая температура масла на сливе с подшипников;
- 3) Аварийно высокая температура подшипников;
- 4) Аварийно низкий расход масла на сливе с подшипников;
- 5) Аварийно высокий ток статора насоса;
- 6) Аварийно высокое давление на входе;
- 7) Слишком низкое давление на входе;

- 8) Срабатывание защит двигателя 6кВ Seram;
- 9) Аварийная остановка двигателя на щите.

В систему управления ТП включена противоаварийная автоматическая защита (ПАЗ), которая фиксирует выход параметров за аварийные пределы и автоматически переводит технологический процесс в безопасное состояние, с дальнейшей свето-звуковой сигнализацией персоналу.

Действия для предотвращения аварийной ситуации:

- при превышении температуры подшипников и статора электродвигателя, температуры масла - производят отключение электродвигателя насоса;
- при превышении уставок по вибрации подшипников, падении давления масла, выход давления уплотнения за установленные пределы, уменьшении потока воды ниже установленного, увеличении силы тока в обмотках электродвигателя - производят отключение электродвигателя и полное открытие клапана К1.

Алгоритм штатной остановки

Алгоритм запускается при нажатии оператором с АРМ кнопки «Штатная остановка» или при включении сигнала «Насос отключен по месту».

Последовательность алгоритма:

- 1) Включается сигнал на открытие клапана К11;
- 2) Когда клапан полностью открылся, включился «Клапан спуска открыт», одновременно включаются:
 - сигнал на остановку насоса;
 - сигнал на закрытие клапана К1;
 - сигнал на закрытие клапанов подачи охлаждающей воды.
- 3) После окончания выбега ротора насоса (3 минуты по таймеру) отключается маслонасос.

Начало нормальной остановки фиксируется по сигналу из САУ в виде «сухого контакта» или при уменьшении на 10% частоты вращения ротора. В ходе остановки система должна контролировать и фиксировать все технологические

параметры на жёсткий диск компьютера с указанием времени и прекращаться по достижению нулевой частоты вращения ротора. Через 3 минуты отключается маслonaсос. При давлении масла в сети равной $0 \dots 0,05 \text{ кгс/см}^2$, процесс остановки считается завершённым.

3 Результаты проведённого исследования

3.1 Синтез и моделирование САР

Для регулирования системой необходимо использовать алгоритм ПИД-регулятора, так как он обеспечивает, не только, хорошее качество регулирования, но и обеспечивает выход системы за малое количество времени на оптимальный режим работы, с небольшой чувствительностью к внешним возмущениям.

Для обеспечения необходимого давления по измерительным линиям предусмотрена установка регулирующих задвижек. Объектом управления – участок трубопровода между датчиком давления и регулирующей задвижкой. Динамика участка трубопровода в упрощенном виде может быть описана следующей передаточной функцией:

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

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p \cdot g}} \quad (2)$$

Параметры передаточной функции представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Значения параметров передаточной функции

Параметры	Значения
f, м ²	0.031416
d, м	0.2
L, м	3
Q, м ³ /с	3
Δp, Мпа	0,16
g, м/с ²	9.8
γ, кг/с	800

Благодаря развитию контрольно-измерительных устройств, современные датчики характеризуются высоким быстродействием, а также линейной вход-выходной зависимостью. В связи с этим датчики можно описывать, как

пропорциональное усилительное звено. В соответствии с данными параметрами, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W(p) = \frac{1}{0.23 \cdot p + 1} \cdot e^{-0.314 \cdot p} \quad (3)$$

Регулирующая задвижка описывается интегральным звеном:

$$W_3(p) = \frac{1}{p}, \quad (4)$$

Исполнительный электропривод в упрощенном виде может быть представлен с помощью апериодического звена первого порядка:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1}, \quad (5)$$

$$T_{дв} = \frac{J M_K}{\omega_H}, \quad K_{дв} = \frac{\omega_H}{f_{max}} \quad (6)$$

Таблица 9 – Значения параметров

Параметры	Значения
$f, \text{ м}^2$	0.031416
$\rho, \text{ кг/м}^3$	890
$L, \text{ м}$	3
$\omega_H, \text{ рад/с}$	1000
$M_K, \text{ Н}\cdot\text{м}$	60
$J, \text{ кг}\cdot\text{м}^2$	0,45
$I_{max}, \text{ мА}$ (максимальный ток управляющего сигнала ЧП)	20

Значения параметров взяты из паспортов изделий [3]. Полученная передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W_{дв}(p) = \frac{K_{дв}}{T_{дв} \cdot p + 1} = \frac{3,14}{0,027 \cdot p + 1} \quad (7)$$

Как и электропривод, частотный преобразователь в упрощенном виде определяется апериодическим звеном первого порядка:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{K_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot p + 1}, \quad (8)$$

$$T_{\text{чп}} = \frac{T_{\text{дв}}}{2}, K_{\text{чп}} = \frac{f_{\text{max}}}{I_{\text{max}}} \quad (9)$$

В соответствии с данными таблицы 12, передаточная функция выглядит следующим образом:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{2,5}{0,135 \cdot p + 1} \quad (10)$$

ПИД-регулятор описывается известной передаточной функцией:

$$W_{\text{пид}}(p) = K + \frac{1}{T_i \cdot p} + T_d \cdot p \quad (11)$$

Далее на рисунках 8,9 и 10 предоставлены: структурная схема САР в среде Matlab, график переходного процесса и линеаризация САР в среде Matlab Simulink соответственно. А так же на рисунках Д.1-Д.3

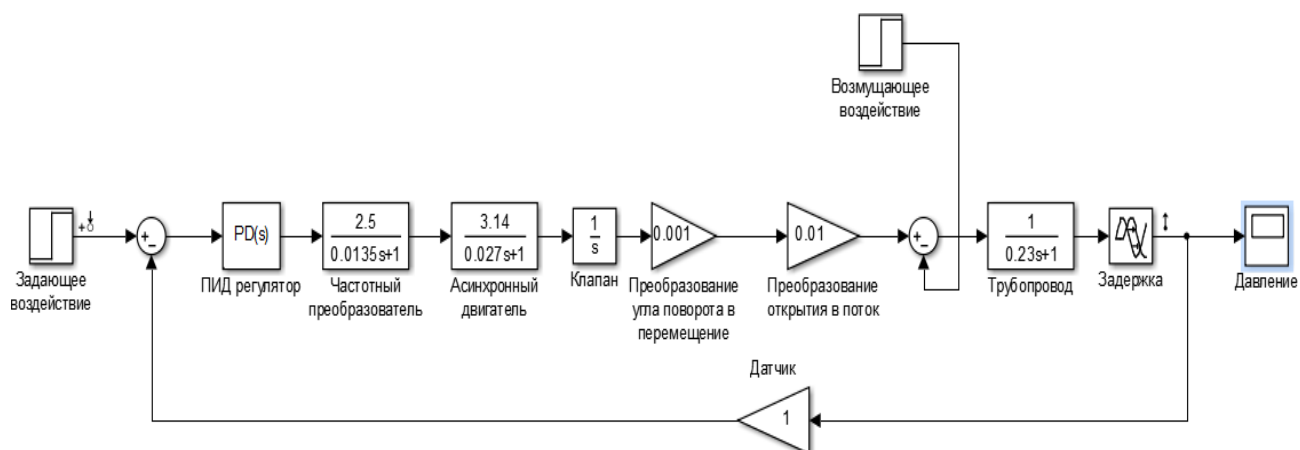


Рисунок 8 – структурная схема САР

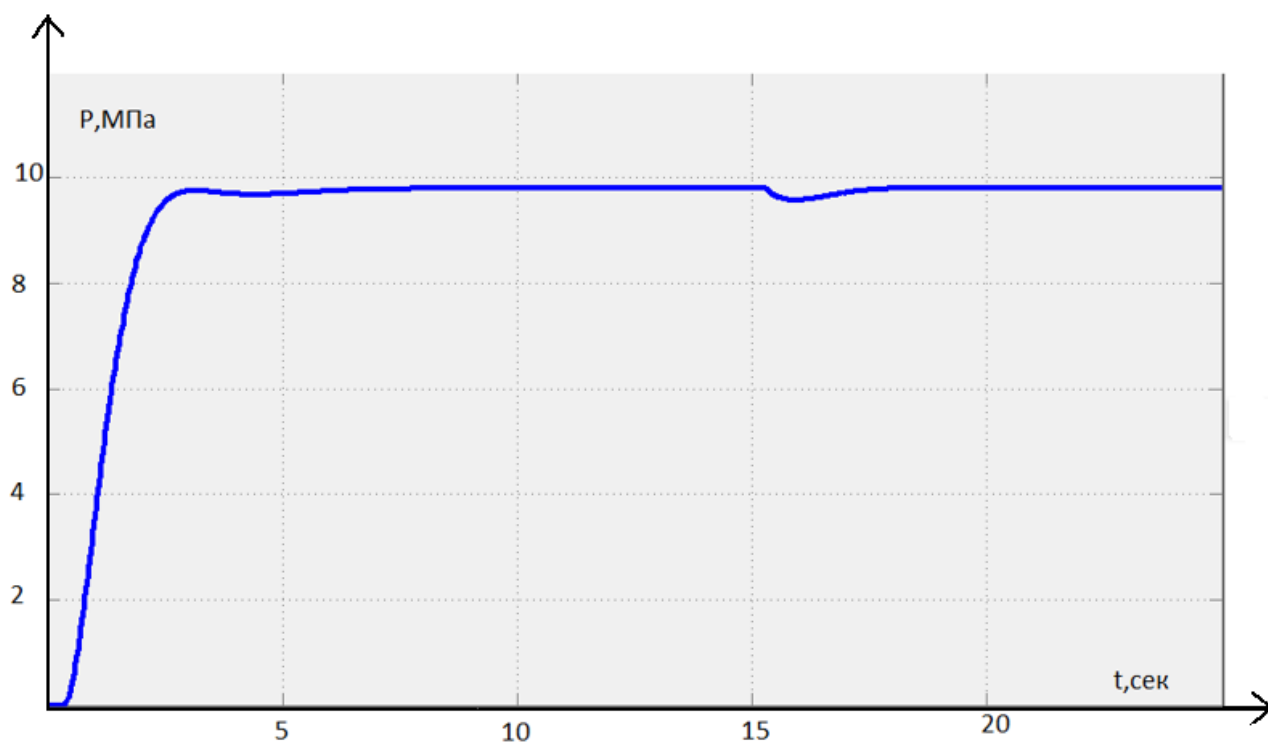


Рисунок 9 – График переходного процесса

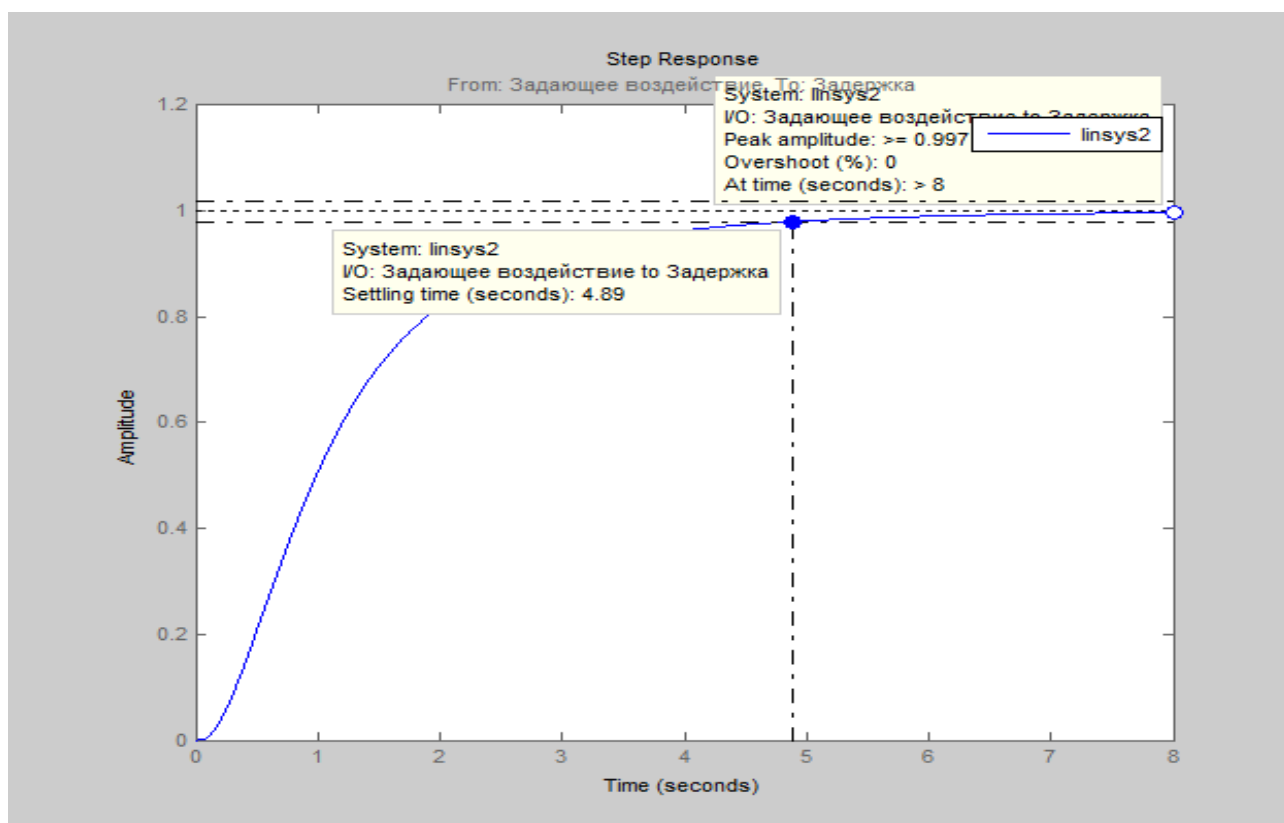


Рисунок 10 – Линеаризация САР

В процессе моделирования был рассчитан PID регулятор, показанный на рисунке 11.

The image shows a software interface for configuring a PID controller. It has four tabs: 'Main', 'PID Advanced' (which is selected), 'Data Types', and 'State Attributes'. Under the 'PID Advanced' tab, there is a section titled 'Controller parameters'. This section contains three input fields: 'Proportional (P):' with the value '9710.22738738829', 'Derivative (D):' with the value '1395.75773613996', and 'Filter coefficient (N):' with the value '0.895708885638379'. A 'Tune...' button is located at the bottom right of the parameter section.

Parameter	Value
Proportional (P):	9710.22738738829
Derivative (D):	1395.75773613996
Filter coefficient (N):	0.895708885638379

Рисунок 11 – Коэффициенты PID регулятора

В результате моделирования системы получаем следующие показатели качества: время переходного процесса 4,89 сек, перерегулирование отсутствует, статическая ошибка исключена, также наблюдаем поддержание заданного значения давления $P=9,8\text{МПа}$ при возникновении возмущения спустя 15 секунд после запуска системы, в виде включения контрольной линии для режима поверки метрологических характеристик.

3.2 Экранные формы АС ЦПС

В качестве интерфейса контроля параметров и режимов работы системы, будем использовать систему RSVIEW32, которая позволяет собирать данные и контролировать работу системы и технологических процессов. Эта система является одним из компонентов комплекса средств для визуализации ТП ViewAnyWare компании RockwellAutomation.

ViewAnyWare – это набор операторских интерфейсов, РС-совместимых рабочих станций и ПО, имеющий следующие общие черты:

- высокая надёжность оборудования и ПО;
- интуитивно понятный интерфейс пользователя;
- использование только открытых коммуникационных стандартов;
- совместимость с полным спектром аппаратных платформ C300 Experion PKS фирмы Honeywell, США;

- открытая и гибкая архитектура, основанная на DNA for Manufacturing фирмы Microsoft.

Требования к современному интерфейсу:

- максимальная простота в использовании;
- минимальное число операций для достижения необходимого результата;
- ведение протокола работы.

Разработанный пользовательский интерфейс отвечает вышеперечисленным требованиям.

В области видеокadra АРМ оператора доступна мнемосхема БКНС, состоящей из 2х насосов. На рисунках 12 и 13 представлены мнемосхемы «Меню» и «Экрана» системы БКНС. «Экран» системы БКНС так же представлен на рисунке Е.1 в приложении Е.



Рисунок 12 – Экран «Меню»

На экране «БКНС», представлена мнемосхема БКНС с двумя насосами (рисунок 12). На мнемосхеме присутствует изображения двух насосных агрегатов (Н-1, Н-2), маслоснабжателей (МН-1, МН-2). Кроме того, на мнемосхеме присутствуют следующие объекты: Тппд – температура подшипников двигателя, Тапд – температура двигателя, Тапн, Тппн – температура подшипников насоса,

процентоткрытия клапана, Рвых – давление на выкиде, Сдп- скорость вращения насоса, Р вх - давление воды на всасе.

Для лучшего восприятия изменения технологических параметров температур, давлений, расходов, предусмотрена анимация, изображенная на мнемосхеме БКНС.

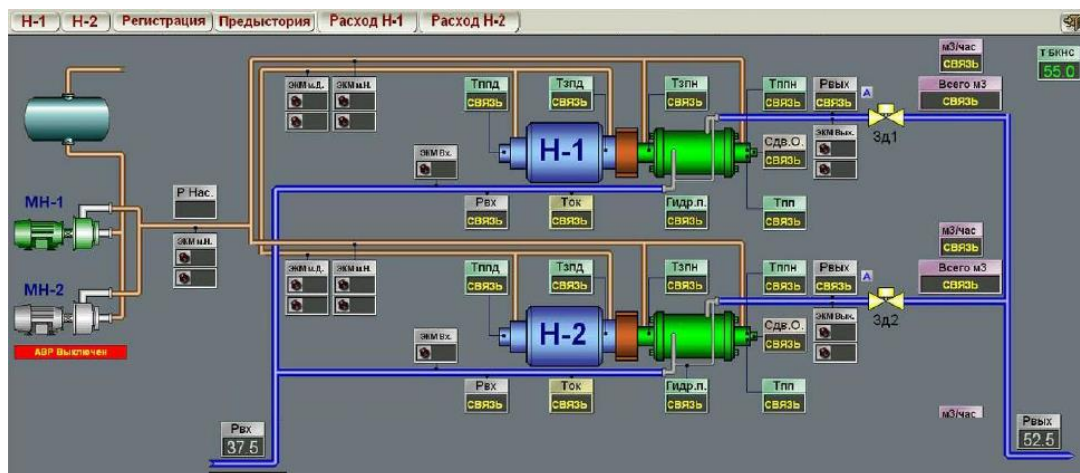


Рисунок 13 – Экран «БКНС»

Для каждого из объектов системы существует набор переменных, значения которых либо отображаются на индикаторах, либо передаются в программу, при использовании оператором соответствующих органов управления объектами.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы, также необходимо оценить полные денежные затраты на проект и получить хотя бы приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения.

4.1 Организация и планирование работ

Перечень этапов выполненной работы и их исполнители приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов работы и их исполнители

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

4.1.1 Продолжительность этапов работ

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

$$t_{ож} = \frac{t_{min} + 4 \cdot t_{prob} + t_{max}}{6}, \quad (12)$$

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

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дни;

t_{prob} – 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:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (13)$$

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

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

$K_{Д}$ – 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:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (14)$$

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

Коэффициент календарности выполняется по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}} = \frac{365}{365 - 51 - 15} = 1,221 \quad (15)$$

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

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 51$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 15$).

В таблице 11 представлены результаты расчетов продолжительности этапов работы и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. На основании этих результатов был построен линейный график (таблица 12).

Таблица 11 – Трудозатраты на выполнение работы

Этапы работы	Исполнители	Продолжительность работ, дн				Трудоёмкость работ по исполнителям, чел-дн			
						$T_{РД}$		$T_{КД}$	
		t_{min}	t_{prob}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Разработка технического задания	НР	1	1,4	2	1,4	1,4	-	1,7	-
Выбор направления исследования	НР И	4,5	7,1	11	7,1	6,75	1,35	8,2	1,65
Теоретическое экспериментальное исследование	И	3,5	5,3	8	5,3	-	5,3	-	6,5
Обобщение и оценка результатов	НР И	1	1,4	2	1,4	0,35	0,35	0,4	0,4
Разработка и проектирование технической документации	И	8,5	13,1	20	13,1	-	13,1	-	16
Оформление отчёта	И	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 12 – Линейный график работы

Этапы работы	Исполнитель	$T_{\text{КД}}$, дни	Продолжительность выполнения работ					
			03.19			04.19		
			10	20	30	40	50	60
Разработка технического задания	НР	1,7						
Выбор направления исследования	НР	8,2						
	И	1,65						
Теоретическое экспериментальное исследование	И	6,5						
Обобщение и оценка результатов	НР	0,4						
	И	0,4						
Разработка и проектирование технической документации	И	16						
Оформление отчёта	И	2,2						

НР-  И- 

4.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (i -го) этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом. Степень готовности определяется по формуле:

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \quad (16)$$

где $TP_{\text{общ}}$ – общая трудоемкость работы;

TP_i (TP_k) – трудоемкость i -го (k -го) этапа работы, $i = \overline{1, I}$;

TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, $j = \overline{1, m}$.

Результаты расчетов представлены в таблице 13.

Таблица 13 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого ее этапа

Этапы работы	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Разработка технического задания	4,6	4,6
Выбор направления исследования	26,6	31,2
Теоретическое экспериментальное исследование	17,4	48,6
Обобщение и оценка результатов	2,3	50,9
Разработка и проектирование технической документации	43,1	94
Оформление отчёта	6	100

4.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

Расчет затрат на материалы

К данной статье затрат относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работы. Сюда же относятся специально приобретенное оборудование, инструменты и прочие объекты, относимые к основным средствам, стоимостью до 40 000 руб. включительно. Кроме того статья включает так называемые транспортно-заготовительные расходы, связанные с транспортировкой от поставщика к потребителю, хранением и прочими процессами, обеспечивающими движение (доставку) материальных ресурсов от поставщиков к потребителю.

Расчёт заработной платы представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Кол- во, ед.	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Блокнот	3	40	120
Ручка Pilot	3	50	150
Картридж для принтера (ч/б) Advantage Black	2	1 090	2 180
Картридж для принтера (цв) Advantage Tri-Colour	1	890	890
Бумага для принтера А4 SvetoCopy	1	300	300
Лицензия ПО Microsoft Office	1	5 990	5 990
Всего за материалы	9630		
Транспортно-заготовительные расходы (4%)	385		
Итого по статье	10 015		

Расчет заработной платы

Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = МО / 25,083, \quad (17)$$

где МО – месячный оклад для сотрудников ТПУ, руб.;

25,083 – среднее количество рабочих дней в месяце (при шестидневной рабочей неделе).

Для учета в составе полной заработной платы премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,188$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,699$.

Результаты расчета затрат на полную заработную плату приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб/мес.	ЗП _{дн-т} , руб/раб.день	T _{рд} , дни	K _и	Фонд ЗП, руб.
НР	33664	1342,09	9	1,699	20521,9
И	9489	378,3	22	1,699	14140,1
Итого:					34662

Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30,1 % от полной заработной платы по проекту, т.е.

$$C_{\text{соц}} = 0,301 \cdot C_{\text{ЗП}} \quad (18)$$

Тогда

$$C_{\text{соц}} = 0,301 \cdot 34662 = 10433,3.$$

Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (19)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час;

$Ц_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час, руб. (для ТПУ – 5,748 руб/кВт·час).

Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на электроэнергию

Оборудование	$t_{об}$, час	$P_{об}$, кВт	$C_{эл.об.}$, руб.
ПК	176·0,7	0,3	212,5
Принтер (ч/б)	10	0,1	5,75
Принтер (цв)	2	0,1	1,15
Итого:			219,4

Расчет амортизационных расходов

Амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта определяется по формуле:

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot C_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (20)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, руб.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, час;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения работы, час;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Норма амортизация ПК определяется следующим образом:

$$H_A(ПК) = 1/C_A = 1/2,5 = 0,4, \quad (21)$$

где C_A – срок амортизации ПК (2-3 года).

Норма амортизации принтера (ч/б):

$$H_A\left(\text{пр } \frac{ч}{б}\right) = 1/C_A = 1/2 = 0,5 \quad (22)$$

Норма амортизации принтера (цв):

$$H_A(\text{пр цв}) = 1/C_A = 1/3 = 0,33 \quad (23)$$

Тогда

$$C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 \cdot 50000 \cdot 0,75 \cdot 720 \cdot 1}{299 \cdot 8} = 4515,05 \text{ руб.}$$

$$C_{AM}(\text{пр ч/б}) = \frac{0,5 \cdot 10000 \cdot 10 \cdot 1}{500} = 100,00 \text{ руб.}$$

$$C_{AM}(\text{пр цв}) = \frac{0,33 \cdot 15000 \cdot 2 \cdot 1}{100} = 99,00 \text{ руб.}$$

Общие амортизационные отчисления составят:

$$C_{AM\text{общ}} = 4515,05 + 100,00 + 99,00 = 4714,05 \text{ руб.}$$

Расчет прочих расходов

В данной статье отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10 % от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$\begin{aligned} C_{\text{пр}} &= 0,1 \cdot (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) = \\ &= 0,1 \cdot (10015 + 34662 + 10433,3 + 219,4 + 4714,05) = \\ &= \text{руб.} \end{aligned} \quad (24)$$

Расчет общей себестоимости разработки

Результаты расчетов по всем статьям затрат (работы) себестоимость приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Смета затрат на разработку проекта

Статьи затрат	Сумма, руб
Затраты на материалы и покупные изделия $C_{\text{мат}}$	10 015,00
Затраты на заработную плату $C_{\text{зп}}$	34662
Затраты на отчисления в социальные фонды $C_{\text{соц}}$	10433,3
Затраты на электроэнергию $C_{\text{эл.об.}}$	219,4
Затраты на амортизационные расходы $C_{\text{ам}}$	4 714,05
Затраты на прочие расходы $C_{\text{пр}}$	6004,4
Итого:	66048,15

Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта следует принять в размере 5-20 % от полной себестоимости работы и составит 9907,22 руб. (15 %).

Расчет НДС

С 2019 года НДС составляет 20 % от суммы затрат на разработку и прибыли.

Тогда

$$\text{НДС} = 0,2 \cdot (66048,15 + 9907,22) = 15191,1 \text{ руб.} \quad (25)$$

Цена разработки НИР

Цена разработки определяется следующим образом:

$$C_{\text{НИР}} = 66048,15 + 9907,22 + 15191,1 = 91146,47 \text{ руб.} \quad (26)$$

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Результат данной работы носит исключительно условно-усреднённый характер и для практического использования. Требуется привязки к конкретному месторождению и промышленной установке. В связи с этим оценка его экономической эффективности на этапе некорректна.

5 Социальная ответственность

Введение

Данный раздел выпускной квалификационной работы рассматривает вопросы выявления и анализа вредных и опасных факторов труда, оценки условий труда и разработки мер защиты от них для рабочего места оператора комплексом мероприятий технического, организационного, режимного и правового характера, минимизирующих негативные последствия проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Объектом исследования будет выступать рабочее место сотрудника, использующего в работе ЭВМ. Рабочее место оператора предусматривается на базе персонального компьютера с цветным графическим монитором.

По характеру физической нагрузки согласно ГОСТ 12.1.005–88 [12] работа инженера относится к разряду легких. При этом длительная работа в помещении при плохой вентиляции, повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении неблагоприятно сказывается на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

В ВКР рассматривается блочно-кустовая насосная станция (БКНС), предназначенная для закачки воды в продуктивные пласты в системе поддержания пластового давления нефтяных месторождений. Ролью обслуживающего персонала становится наблюдение за работой оборудования, настройкой и наладкой аппаратуры.

Рабочей зоной является помещение площадью 10 м², включающее персональный компьютер. В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на сотрудника, разработаны требования безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

5.1 Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности

5.1.1 Эргономические требования к рабочему месту

Одним из факторов безопасности рабочей среды является организация рабочего места. Рабочие места с персональными компьютерами по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, желательно слева. Рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы. При отсутствии регулировки высота стола должна быть в пределах от 680 до 800 мм.

Режим труда и отдыха предусматривает соблюдение определенной длительности непрерывной работы на ПК и перерывов, регламентированных с учетом продолжительности рабочей смены, видов и категории трудовой деятельности.

При 8-часовой рабочей смене и работе на ПК регламентированные перерывы следует устанавливать через 2 часа от начала смены и через 2 часа после обеденного перерыва продолжительностью 15 минут каждый.

Эффективными являются нерегламентированные перерывы (микропаузы) длительностью 1-3 минуты. Регламентированные перерывы и микропаузы целесообразно использовать для выполнения комплекса упражнений и гимнастики для глаз, пальцев рук, а также массажа. Комплексы упражнений целесообразно менять через 2-3 недели.

На рисунке 14 представлены эргономические требования к рабочему месту.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно [21]:

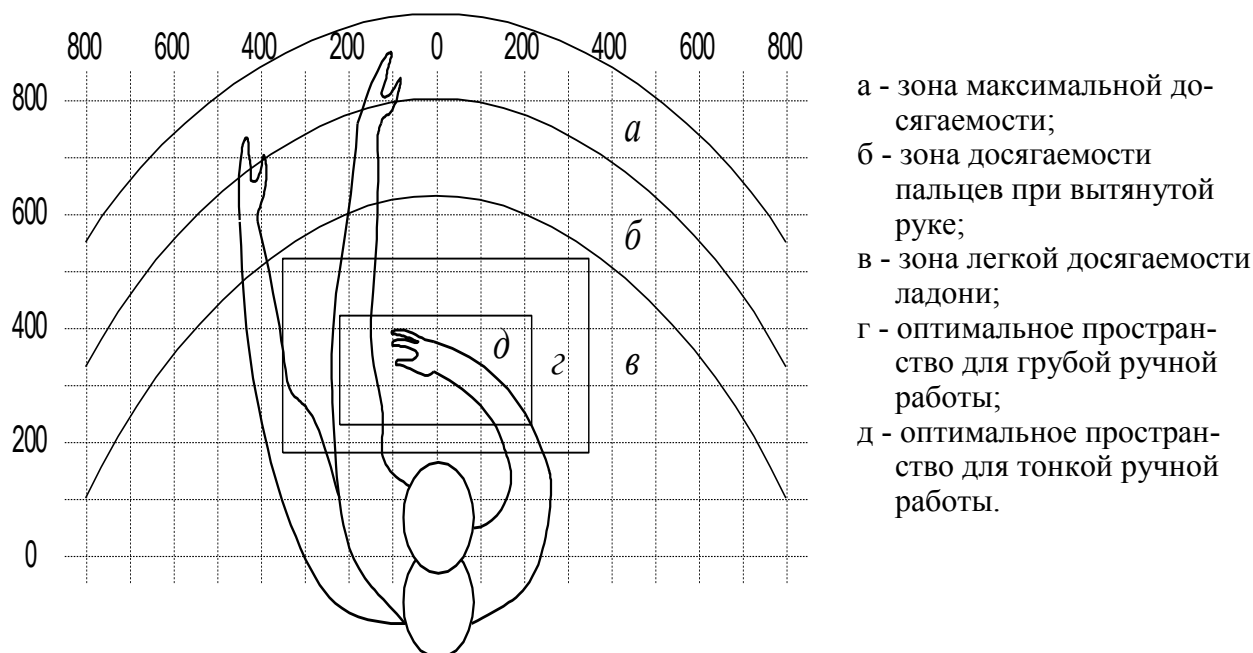


Рисунок 14 – эргономические требования

- дисплей размещается в зоне «а» (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура – в зоне «г/д»;
- «мышь» – в зоне «в» справа;
- документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – «б», а в выдвижных ящиках стола – редко используемая литература.

5.1.2 Окраска и коэффициенты отражения

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

- потолок – белый или светлый цветной;
- стены - сплошные, светло-голубые;
- пол – темно-серый, темно-красный или коричневый.

При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в

основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

5.1.3 Особенности законодательного регулирования проектных решений

В соответствии с Перечнем вредных и (или) опасных производственных факторов, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), утвержденным приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 16 августа 2004 г. и СанПиН 2.2.2/2.4. 1340-03 [17], обязательные предварительные при поступлении на работу и периодические медицинские осмотры должны проходить лица, работающие с ПЭВМ более 50% рабочего времени (профессионально связанные с эксплуатацией ПЭВМ), которые должны проводиться за счет работодателя. К работе с ПЭВМ (ПК) допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний.

Женщины со времени установления беременности должны переводиться на работы, не связанные с использованием ПЭВМ, или для них должно ограничиваться время работы с ПЭВМ (не более 3 часов за рабочую смену) при условии соблюдения гигиенических требований, установленных СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17].

К средствам индивидуальной защиты оператора относятся:

- приэкранный защитный фильтр класса «Полная защита»;
- специальные компьютерные спектральные очки с фильтрами;
- специальная налобная повязка для защиты головы от воздействия полей ПЭВМ.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов

Обеспечение безопасности жизнедеятельности человека в значительной мере зависит от правильной оценки опасных и вредных производственных факторов. Опасные производственные факторы - факторы, воздействие которых на работающего в определенных условиях приводят к травме или другим профессиональным заболеваниям. Вредным производственным фактором называется такой, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015[13] «Опасные и вредные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 18.

Таблица 18. Опасные и вредные фактора при работе оператора АСУ ТП

Источник фактора, наименование видов работы	Факторы (по ГОСТ 12.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Рабочей зоной является помещение 10 м ² , включающее 2 персональных компьютера для мониторинга и управления техническим процессом. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров	1. Отклонения температуры и влажности воздуха от нормы. 2. Недостаточная освещенность. 3. Повышенный уровень шумов 4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	1. Электро-безопасность 2. Пожаро-взрывобезопасность	Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [3] Освещение – СП 52.13330.2011 [4] Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [5] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [6] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [8] Пожарная безопасность – СП 6.13130.2009 [9]

5.2.2 Анализ вредных факторов

5.2.2.1 Отклонения показателей микроклимата

Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов внутренней среды помещения, которые оказывают влияние на здоровье человека [1]. Основные факторы, характеризующие микроклимат помещения, устанавливаются в соответствии с СанПиН 2.2.4.548 – 96 [14]. К ним относятся:

- температура воздуха;
- скорость движения воздуха;
- влажность;
- интенсивность теплового облучения.

Согласно вышеуказанному документу [14], работа оператора АСУ относится к категории работ 1а, так как основная часть работы происходит с использованием ПЭВМ. В зависимости от категории тяжести работ определяются значения показателей микроклимата.

Показатели микроклимата разделяются на допустимые значения и оптимальные значения микроклимата. При допустимых значениях работник может ощущать небольшой дискомфорт, ухудшение самочувствия и понижение работоспособности, при этом ухудшение состояния здоровья возникать не будет. При оптимальных микроклиматических условиях обеспечивается сохранение нормального функционального и теплового состояния организма, создаются предпосылки для высокого уровня трудоспособности.

Допустимые и оптимальные значения показателей микроклимата для теплого периода года (плюс 10 °С и выше) и для холодного периода года для категории работ 1а представлены в таблице 2.

При этом, если температура воздуха отличается от нормальной, то время пребывания в таком помещении должно быть ограничено в зависимости от категории тяжести работ.

Влияние на человека неблагоприятных метеорологических условий в течение длительного времени в резкой форме ухудшают его состояние здоровья, снижают продуктивность и приводят к болезням. Повышенная температура

воздуха приводит к скорой утомляемости служащего, к перегреву организма или тепловому удару, а пониженная температура – может вызвать охлаждение организма, вызвать простуду или обморожение [22].

Влажность воздуха сильно воздействует на терморегуляцию организма человека. Повышенная влажность и повышенная температура воздуха приводит к перегреванию организма, а при пониженной температуре повышенная влажность увеличивает теплопередачу с поверхности кожи, что приводит к переохлаждению организма. Пониженная влажность способствует пересыханию слизистых оболочек служащего.

В таблице 19 представлены оптимальные и допустимые показатели микроклимата.

Таблица 19 – Оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата (СанПин 2.2.4.548-96 [14])

Тип величины	Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальный	Холодный	21-23	20-24	40-60	0,1
	Тёплый	22-24	21-25		
Допустимый	Холодный	19-24	18-25	15-75	0,1-0,2
	Тёплый	20-28	19-29		0,1-0,3

В целях поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия: устройство систем вентиляции, кондиционирование воздуха и отопление.

5.2.2.2 Недостаточная освещённость рабочей зоны; отсутствие или недостаток естественного света

Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса.

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма.

Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости. Согласно действующим Санитарным правилам [15], искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 — 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Прямую блескость от источников освещения следует ограничить. Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Естественное освещение обеспечивается через оконные проемы с коэффициентом естественного освещения КЕО не ниже 1,2% в зонах с устойчивым снежным покровом и не ниже 1,5% на остальной территории. Световой поток из оконного проема должен падать на рабочее место оператора с левой стороны. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПК, продублируем в таблице 20.

Таблица 20 – Требования к освещению на рабочих местах

Освещенность на рабочем столе	300-500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блескость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослеплённости	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

5.2.2.3 Повышенный уровень шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум воздействует не только на органы слуха, но и на весь организм человека через центральную нервную систему. Ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе.

По нормам (СН 2.2.4/2.1.8.562-96) при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 75 дБ [16].

Шум возникает во время работы оборудования, источником его также могут быть разговоры в помещении, звуки, доносящиеся с улицы. Источниками постоянного шума в помещении являются: люминесцентные лампы, печатающее устройство, шум различных узлов компьютера: дисководов, винчестеров, вентилятора.

Снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Дополнительный звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна.

Наиболее простым и действенным способом облегчения работ, является кратковременные отдыхи в течение рабочего дня при выключенных источниках шума.

5.2.2.4 Электромагнитное излучение

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Воздействие электромагнитных полей на человека зависит от напряжения электрического и магнитного полей, потока энергии, частоты колебаний, размера облучаемого тела. Нарушение в организме

человека при воздействии электромагнитных полей незначительных напряжений носят обратимых характер.

Источником электромагнитных излучений в нашем случае является дисплей компьютера. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма.

Нормы напряженности электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг ВДТ согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] по электрической составляющей приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Нормы напряженности

Наименование параметров	Допустимые значения
Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см. вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2.5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

При защите от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться

- регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см.

5.2.3 Анализ опасных факторов

5.2.3.1 Электробезопасность

Требования электробезопасности данного объекта направлены на создание условий эксплуатации оборудования, при которых исключаются образование электрической цепи через тело человека. Под действием тока сокращаются мышцы тела. Если человек взялся за находящуюся под постоянным напряжением часть оборудования, он, возможно, не сможет оторваться от нее без посторонней помощи.

Более того, его, возможно, будет притягивать к опасному месту. Под действием переменного тока мышцы периодически сокращаются с частотой тока. Больше всего от действия электрического тока страдает центральная нервная система. Ее повреждение ведет к нарушению дыхания и сердечной деятельности. Смерть обычно наступает вследствие остановки сердца, или прекращения дыхания, или того и другого вместе.

Объекты энергосбережения должны обслуживаться энерготехническим персоналом, имеющим соответствующую группу допуска. Напряжение на электрооборудование должно подаваться и сниматься дежурным электроперсоналом по указанию ответственного за эксплуатацию этого оборудования или старшего по смене. При возгорании электрооборудования, напряжение с него должно быть снято.

Важным фактором безопасности является заземление оборудования путем присоединения к контуру заземления [18]. Заземляющее устройство является одним из средств защиты персонала в помещении от возникновения искры, от напряжения, возникающего на металлических частях оборудования,

не находящихся под напряжением, но могущих оказаться под ним в результате повреждения изоляции.

В качестве организационных мероприятий оператору во время работы запрещается [19]:

- прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- снимать защитный фильтр с экрана монитора;
- допускать попадание влаги на поверхности устройств;
- производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования.

5.3 Экологическая безопасность

При нормальной работе технологического оборудования возможны постоянные небольшие утечки загрязняющих веществ в атмосферу. Выброс вредных веществ происходит:

- на открытых технологических площадках через запорно-регулирующую арматуру;
- от оборудования, расположенного в блоках, через воздухопроводы и дефлекторы;
- при сжигании газа на факелах через трубы;
- при заполнении емкостей через воздушников и свечи рассеивания;
- при заполнении резервуаров через дыхательные клапаны;
- при сжигании газа на факеле.

При работе технологического оборудования возможны периодические непродолжительные по времени (залповые) выбросы, превышающие по мощности постоянные. Это технически неизбежные выбросы, обусловленные технологическим регламентом производства.

На основе статистических данных об аварийных ситуациях на объектах транспортировки нефти целесообразно рассматривать аварию в виде отказа энергосистемы или порыва трубопроводов.

Максимальный выброс загрязняющих веществ в атмосферу возможен на площадке при отключении электроэнергии. При этом вся нефть направляется в резервуары, и отсепарированная газовая фракция сжигается на факеле.

По охране окружающей среды проведены мероприятия:

- максимальная герметизация производственного процесса;
- сокращено прямоточное водоснабжение за счет использования аппаратов воздушного охлаждения для продуктов стабилизации нефти;
- направление не сконденсировавшихся газов стабилизации в систему газосбора или в дренажные емкости;
- осадки, после зачистки резервуаров и грунт с нефтепродуктами вывозятся в места, согласованные с санитарной инспекцией, для нейтрализации и дальнейшего закапывания;
- замазученная ветошь, тряпки собираются и сжигаются за территорией установки, в местах, согласованных с пожарным надзором.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации – это обстоятельства, возникающие в результате аварий, катастроф, стихийных бедствий, диверсий или иных факторов, при которых наблюдается резкое отклонение протекающих явлений и процессов от нормальных, что оказывает отрицательное воздействие на жизнеобеспечение, экономику, социальную сферу и природную среду.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации (землетрясение, наводнение, пожары, химическое либо радиоактивное заражение и т.п.) должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;

- организация медицинской помощи пострадавшим.

5.4.1 Пожарная безопасность

Помещения в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д в соответствии НПБ от 18.06.2003 г. №105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

Помещение и здание операторной относится к категории «Д» по степени пожарной опасности, так как в нем отсутствует обработка пожароопасных веществ, отсутствуют источники открытого огня. А стены здания и перекрытия выполнены из трудно сгораемых и несгораемых материалов (кирпич, железобетон, и др.).

При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической сети может произойти возгорание, которое грозит уничтожением ПЭВМ, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать источником распространения возгорания.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткие замыкания;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции.

Для предотвращения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Следовательно, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий технического, эксплуатационного, организационного плана.

Организационные мероприятия предусматривают [20]:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В помещении оператора имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, на входной двери приведен план эвакуации в случае пожара, и на досягаемом расстоянии находится пожарный щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ - 2 или порошковые типа ОП -5;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

К режимным мероприятиям относятся установление правил организации работ и соблюдение противопожарных мер.

На рисунке 15 показан план эвакуации при пожаре и других чрезвычайных ситуациях.



Рисунок 15 – План эвакуации

6 Выводы и рекомендации по разделу

Проанализировав условия труда на рабочем месте, можно сделать вывод, что оно удовлетворяет необходимым нормам и в случае соблюдения техники безопасности и правил пользования компьютером работа в данном помещении не приведёт к ухудшению здоровья работника.

Само помещение и рабочее место в нём удовлетворяет всем нормативным требованиям. Кроме того, действие вредных и опасных факторов сведено к минимуму, т.е. микроклимат, освещение, шум и электробезопасность соответствуют требованиям, предъявленным в соответствующих нормативных документах.

Относительно вопроса об экологической безопасности можно сказать, что деятельность в помещении не представляет опасности окружающей среде.

На сегодняшний день деятельность БКНС не приносит вреда окружающей среде. Ход технологического процесса полностью управляется и контролируется с помощью систем автоматизации, все вредные выбросы и отходы производства жёстко регламентируются и подвергаются утилизации или обезвреживанию.

Для избежания негативного влияния на здоровье делаются перерывы про работе с ЭВМ и проводятся специальные комплексы упражнений для глаз.

Заключение

Для искусственного создания напорного режима на БКНС применяют насосные станции. Это обеспечивает повышение нефтеотдачи и процесса разработки месторождений. В ходе работы над данным курсовым проектом были изучены теоретический материал, касающийся технологии кустовой насосной станции и ее технологическая схема. В технической части была рассмотрена автоматизированная система контроля и управления КНС с примерами применяемых контрольно-технических средств АСУ.

3-х уровневая АСУ БКНС позволяет рационально спроектировать и разместить технические средства автоматизации.

Составленная функциональная схема автоматизации БКНС на формате А2 представлены в Приложении А. Спецификация на выбранные технические средства автоматизации – в Приложении Б.

В ходе выполнения курсового проекта была изучена методика выбора соответствующих измерительных устройств с учетом особенностей и характеристик контролируемой величины и условий измерения.

Разработаны схема внешних соединений БКНС и структурная схема контроллера, а также общий вид щита управления.

Для обоснования технических решений, принятых в работе, выполнено моделирование САР давления нагнетания воды в скважины насосом ЦНС-180 - 1900 на базе асинхронного двигателя 4АРМ 1000/6000 УХЛ4. Результаты моделирования приведены в Приложении Е, САР отвечает требуемым показателям качества: система астатическая, время переходного процесса 4,89 секунды, перерегулирование отсутствует, статическая ошибка исключена, степень затухания 100 %. Система поддерживает заданное выходное значение давление равное 9,8 МПа и при возникновении возмущения, через 15 секунд работы, система возвращается в заданное значение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

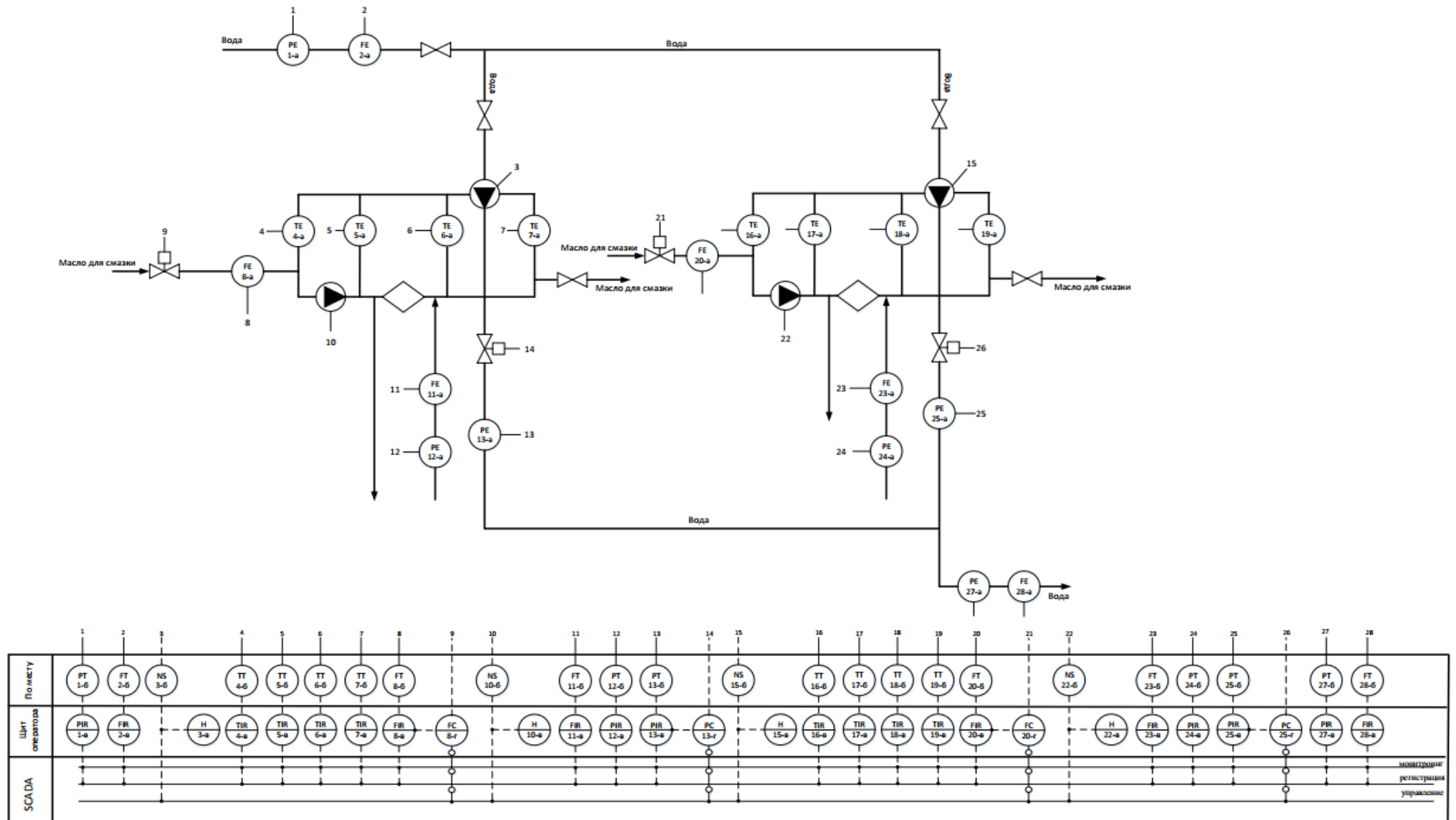
1. Иванова Г.М., Кузнецов Н.Д., Чистяков В.С. Теплотехнические измерения и приборы. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 320 с.
2. Ключев А.С., Глазов Б.В., Миндин М.Б. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 376 с.
3. Кононов С.В., Коровин Я.С., Ткаченко М.Г. – Оперативная диагностика состояния оборудования на основе технологий интеллектуальной обработки данных // Нефтяное Хозяйство, сентябрь, 2012 г.;
4. Мандрик И.Э., Гузеев В.В., Сыртланов В.Р., Громов М.А., Захарян А.З. Нейроинформационные подходы к прогнозированию эффективности гидравлического разрыва пласта // Нефтяное Хозяйство, июнь. 2009 г.
5. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 248 с.
6. Пятин Ю.М. Проектирование элементов измерительных приборов. -М.: Высш.шк., 1977. - 304 с.
7. Емельянов А.И., Емельянов В.А., Коминина С.А. Практические расчеты в автоматике. - М.: Машиностроение, 1987. - 344 с.
8. ГОСТ 21.408-93. Автоматизация технологических процессов. Обозначение условные приборов и средств автоматизации в схемах. - М.: Изд-во стандартов, 1993. - 12 с.
9. Системы автоматизации. Схемы автоматизации. Указания по выполнению. Пособие к ГОСТ 21.408-93. РМ 4-2-96. - М.: ГПКМ "Проектмонтажавтоматика", 1996. - 44 с.
10. Приборы и средства автоматизации: Каталог. Т.1. Приборы для измерения температуры. – М.: ООО Издательство «НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ», 2004. 276 с.
11. Проектирование автоматизированных систем: метод. указ. и инди- вид. задания для студентов ИнЭО, обучающихся по направлению 220700 (150304) Автоматизация технологических процессов и производств»,

профиль «Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли»/ сост. Е.И. Громаков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 32 с.

12. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
13. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
15. СП 52.13330.2011. Свод правил. Естественное и искусственное освещение.
16. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
18. Белов С.В., А.В. Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов, 1999. – 354 с.
19. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
20. СП 6.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности.
21. ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
22. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Приложение А

Рисунок А.1 – Функциональная схема автоматизации

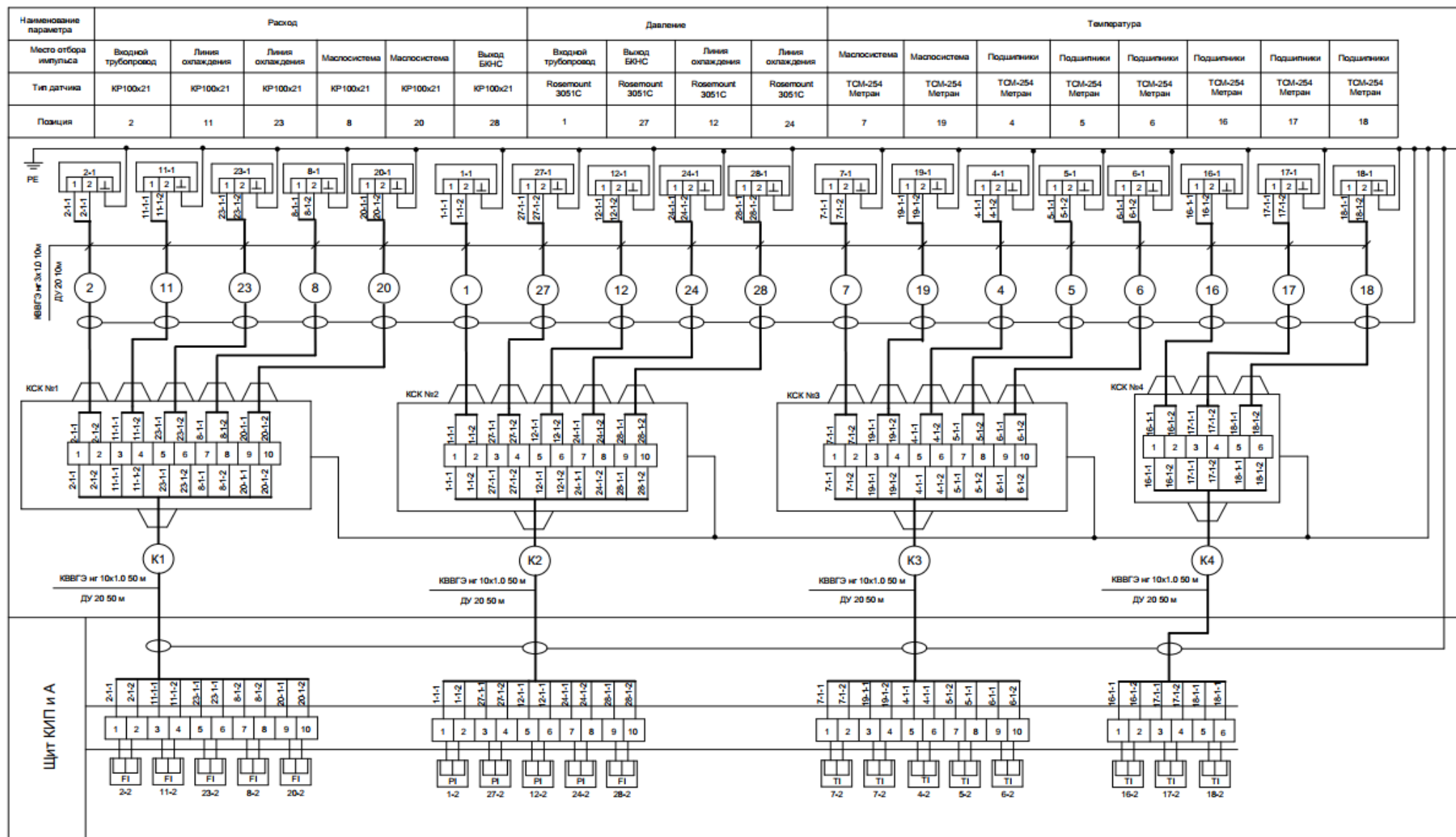


Приложение Б
Таблица Б.1- Таблица КИПиА

№	Наименование параметра	Единицы измерения	Обозначение	Пределы изменения параметра	Наименование прибора	Поз. на схеме	Пределы измерения прибора	Класс точности	Диапазон вх/вых сигнала	DI	DO	AI	AO	FI
Объект БКНС														
1	Расход воды , поступающей в скважины	м³/ч	FE, FT	0,3-0,5	KP100x21	26	0,1-8	0,5	4...20mA			+		
2	Давление воды на выходе насоса	МПа	PT	1,8-2,4	Rosemount 3051C	36	0,4-125	0,5	4...20mA			+		
3	Давление воды на входе в КНС	МПа	PT	0,3-0,5	Rosemount 3051C)	1	0,1-16	0,25	4...20mA			+		
4	Давление воды на охлаждение	МПа	PT	2-30	Rosemount 3051C	12,29	0,1-16	0,25	4...20mA			+		
5	Температура масла	°C	TT	20-35	TCM - 254	16,32	-50-+150	0,25	4...20mA			+		
6	Температура подшипников двигателя	°C	TI, TSA	20-85	TCM - 254	7, 10, 15, 23, 26, 31	-50-+150	0,25	4...20mA			+		
7	Расход масла	м³/ч	FE, FT	0,3-0,5	KP100x21	56, 216	0,1-8	0,5	4...20mA			+		
8	Ток статора	A	ET	0-1	PR-300 Yokogawa	18, 34	0-10	0,25	4...20mA			+		
9	Частота вращения двигателя насоса	Об/мин	ST	0-3100	Mitsubishi	6, 22	0-6000	0,25	4...20mA			+		
10	Электропривод насоса	кВт	м		2APM 1000/6000 УХЛ4	96, 256			0, 6000 В		+			
11	Электропривод клапанов	кВт			МЭМ 40/25-10	3, 4, 11, 14, 17, 19, 20, 27, 30, 33, 35			0, 220 В		+			
10	Электропривод маслонасоса	кВт	м		АОЛ 2-31-4	8, 24			0...380 В		+			
Итого:										0	3	9	0	

Приложение В

Рисунок В.1 – Схема внешних соединений



Приложение Г

Рисунок Г.1 – Общий вид щита автоматизации

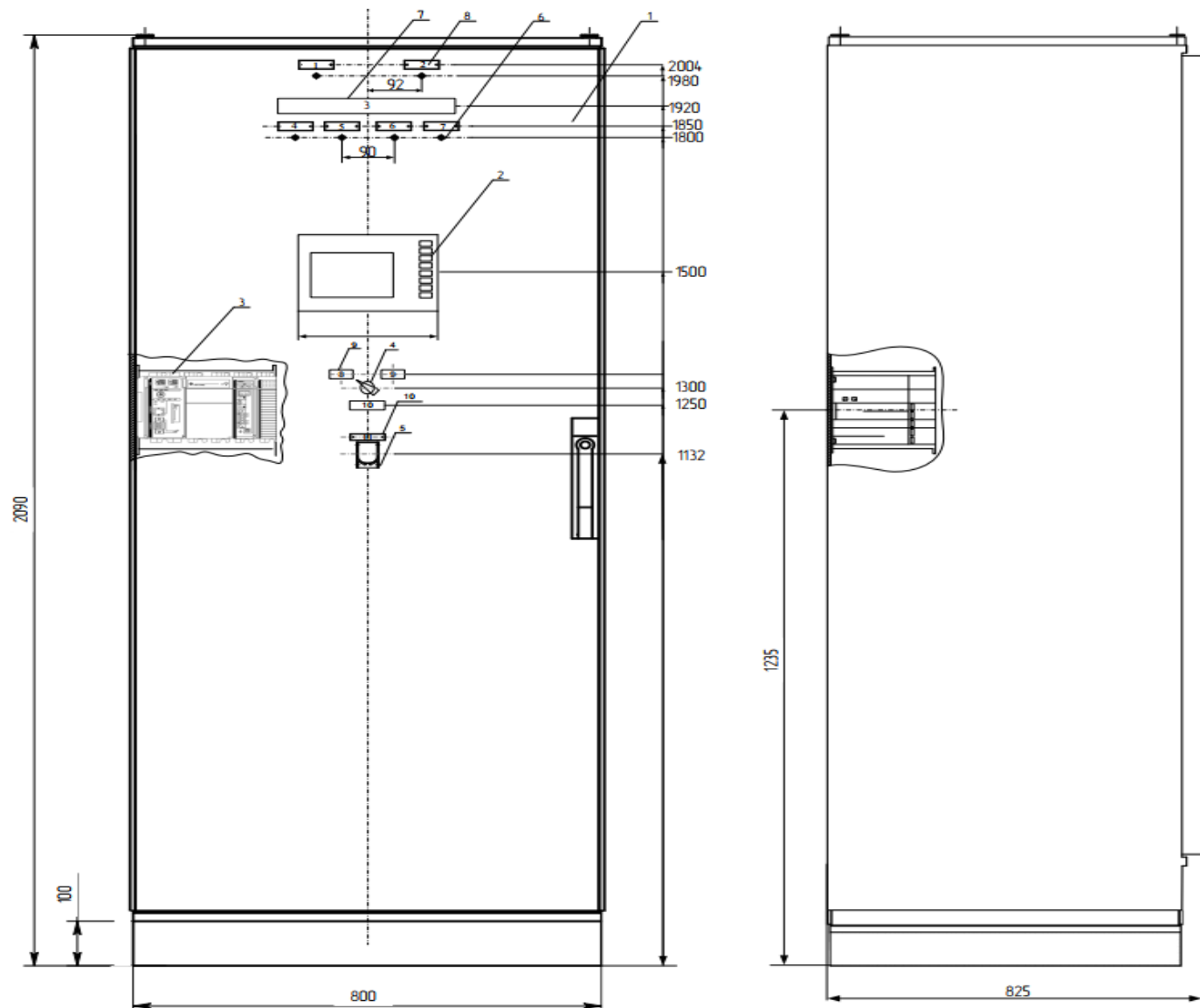


Таблица кодировки в рамках		
№ инст.	Наименование	Кол.
1	Рамка 60 x 20	1
2	~ 208 В	1
3	2/4 В	1
4	Рамка 90 x 25	1
5	Давление неистекает	1
6	Температура подпиточной	1
7	Расход воды	1
8	Давление масла	1

Продолжение таблицы		
№ инст.	Наименование	Кол.
9	Сигнализация	1
10	Рамка 40 x 20	1
11	Ист.	1
12	Авт.	1
13	Вкл.	1
14	Рамка 45 x 15	1
15	Авар. стоп	1

Поз.	Обозн.	Наименование	Кол.	Примечание
1		Щит шкафной 2090 x 800	1	
2		Панель управления УГ-25с	1	
3		С 300 HONEYWELL (США)	1	
4		Переключатель КУ 1101219/3	1	
5		Кнопка аварийного stops	1	
6		Неоновый индикатор	6	
7		Рамка 300 x 40	1	
8		Рамка 60 x 20	6	
9		Рамка 40 x 20	6	
10		Рамка 45 x 15	6	
Материалы				
		Провод монтажный ПВ 1x0,25	50 м	
		Провод монтажный ПВ 1x1	10 м	

Приложение Д

Рисунок Д.1 – Структурная схема САР

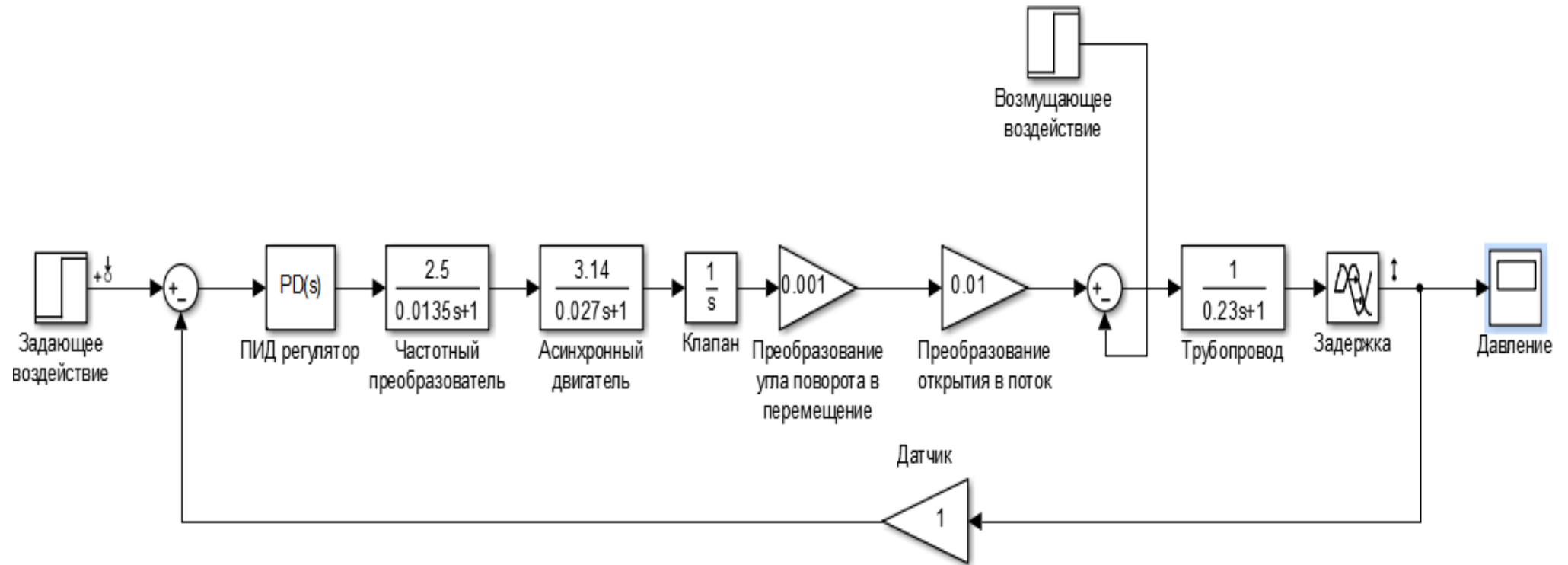


Рисунок Д.2 – График переходного процесса

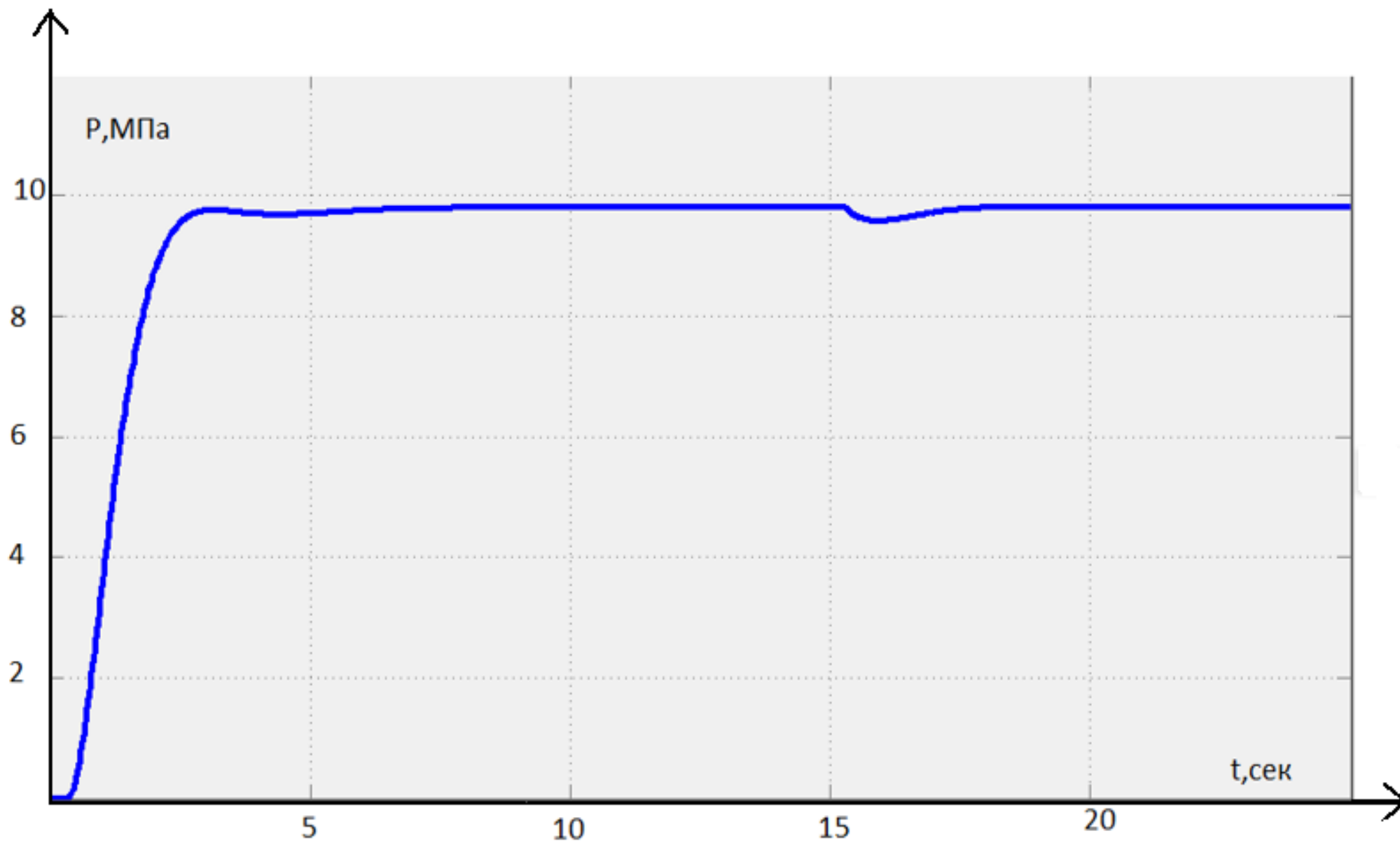
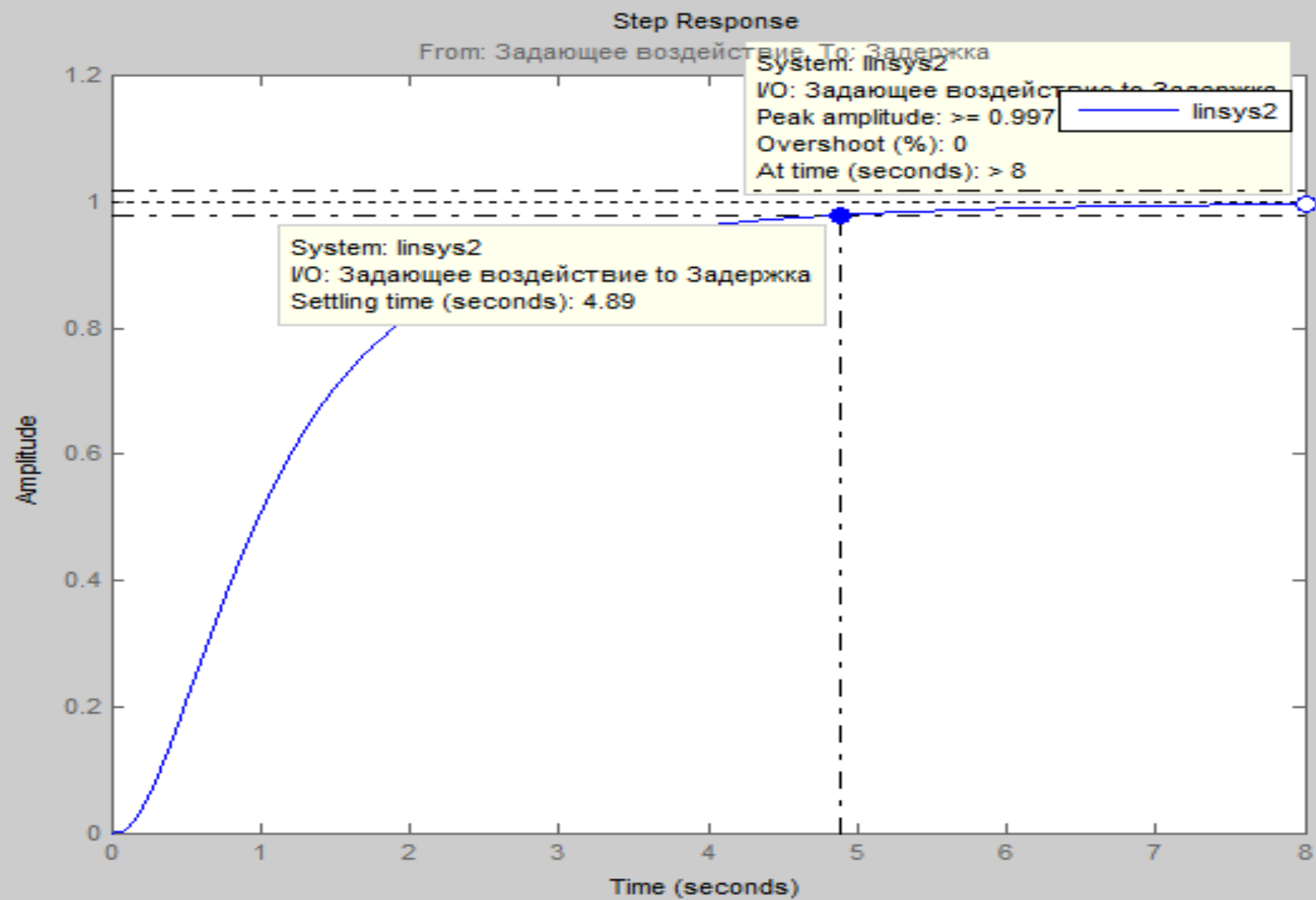


Рисунок Д.3 – Линеаризация САР



Приложение Е
Рисунок Е.1 – «Экран-Меню»



Рисунок Е.2 – «Экран БКНС»

