

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
Направление подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»
Кафедра автоматики и компьютерных систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Модернизация автоматизированной системы управления поверочной водопрливной установки

УДК 628.179.3:681.51-048.35

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Рзаев Алиш Алгасан оглы		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИКСУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев Михаил Сергеевич	к.т.н., доцент		

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
P1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P2	Уметь обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию. Передовой отечественной и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации средств автоматизации и систем управления техническими объектами.
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой технических систем управления с использованием аналитических методов и сложных моделей.
P4	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке программно-аппаратных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P5	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P6	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации программно-аппаратных средств автоматизации систем различного назначения.
P7	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий партнеров.
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть, иностранным языком, разрабатывать документацию, презентов и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена и руководителя группы, в том числе междисциплинарной и международной, при решении инновационных инженерных задач.
P10	Демонстрировать личную ответственность и ответственность за работу возглавляемого коллектива, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения инновационной инженерной деятельности. Демонстрировать глубокие знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению, непрерывному самосовершенствованию в инженерной деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики

Направление подготовки (специальность) 27.04.04 «Управление в технических системах»

Кафедра автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой АиКС

 (Подпись) (Дата) Суходоев М.С.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
8АМ5А	Рзаеву Алишу Алгасан оглы

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы управления поверочной водопроливной установки	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 09.02.2017 г, №786/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9.06.2015
--	-----------

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>	Исследование системы регулирования расхода жидкости: • режим работы - непрерывный; • производительность подающего насоса 0..10 л/мин; • способ измерения расхода - ультразвуковой; • продукт - вода; • точность поддержания расхода – не более 10% от установившегося значения.
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 технологического процесса 2 Выбор архитектуры АС 3 Разработка структурной схемы АС 4 Функциональная схема автоматизации 5 Выбор средств реализации АС 6 Разработка схемы соединения внешних проводок 7 Выбор (обоснование) алгоритмов управления АС 8 Разработка экранных форм АС
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Функциональная схема технологического процесса, выполненная в Visio

	2 Перечень входных/выходных сигналов ТП 3 Схема соединения внешних проводов, выполненная в Visio 4 Функциональная схема автоматизации (ГОСТ 21.404–85) 5 Структурная схема САР локального технологического объекта. Результаты моделирования (исследования) САР в MatLab 6 Алгоритм сбора данных измерений. Блок схема алгоритма 7 SCADA-формы экранов мониторинга и управления диспетчерского пункта 8 Трехуровневая структура АС
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский В.Ю.
Социальная ответственность	Извеков В.Н.
Обязательное приложение на иностранном языке	Денико Р.В.

Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: terms of reference for the ACS of the water-pouring plant.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.01.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИКСУ	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8АМ5А	Рзаев Алиш Алгасан оглы		

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт кибернетики
 Направление подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах»
 Кафедра автоматики и компьютерных систем
 Уровень образования – магистр
 Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
 выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
20.05.2017 г.	Основная часть	60
25.05.2017 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2017 г.	Социальная ответственность	10
5.06.2017 г.	Обязательное приложение на иностранном языке	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ИКСУ	Леонов С.В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. АиКС	Суходоев М.С.	к.т.н., доцент		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8AM5A	Рзаев Алиш Алгасан оглы

Институт	Кибернетики	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Управление в технических системах

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

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. *Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ*
2. *Разработка устава научно-технического проекта*
3. *Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок*
4. *Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент каф. Менеджмента ИСГТ	Конотопский В.Ю.	к.э.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Рзаев Алиш Алгасан оглы		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8AM5A	Рзаеву Алишу Алгасан оглы

Институт	ИК	Кафедра	АИКС
Уровень образования	Магистрант	Направление/специальность	Управление в технических системах

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Модернизация автоматизированной системы управления поверочной водопротливной установки
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	• метеопараметры; • напряженность зрения; • напряженность труда; • освещенность; • электромагнитные излучения; • шум. • движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования; • электрический ток. Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);	– анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; – разработка решений по обеспечению экологической безопасности

– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар. разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.
4. 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.	специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Рзаев Алиш Алгасан оглы		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 140 с., 25 таб., 32 рис., 21 источник, 12 приложение.

Ключевые слова: водопроливная установка, автоматизированная система управления, трехуровневая архитектура, программируемый логический контроллер, электронные датчики, SCADA, экранные формы.

Объектом исследования является водопроливная установка.

Цель работы: разработка автоматизированной системы управления поверочной водопроливной установки, включающая в себя выбор структуры и архитектуры системы, выбор конкретных средств реализации: датчиков, контроллера и исполнительных механизмов, математическое моделирование и представление в виде экранных форм в SCADA- системе.

В данном проекте была разработана система контроля и управления технологическим процессом функционирования водопроливной установки, выполненная на базе промышленного контроллера ОВЕН ПЛК 150-АМ. Моделирование части системы осуществлялось в программе MATLAB, а визуализация происходящих процессов стала возможной благодаря SCADA системы TRASE MODE.

В ходе выполнения работы были разработаны схемы, включающий функциональные схемы автоматизации, перечень входных и выходных сигналов, схему соединения внешних проводов, моделирование САР в MATLAB, дерево экранных форм со SCADA экранами конкретных объектов, схема трехуровневой архитектуры и схема информационных потоков.

Степень внедрения: необходимы дальнейшие теоретические, экспериментальные и опытно-конструкторские работы.

Область применения: проверка датчиков расхода жидкости.

Экономическая эффективность/значимость работы: позволит осуществлять процесс поверки с меньшими временными затратами, сокращение обслуживающего персонала, уменьшение затрат электроэнергии и увеличение срока службы установки.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Автоматизированная система (АС): это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком—оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации;

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

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

Мнемосхема: это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ;

Мнемознак: это представление объекта управления или технологического параметра (или их совокупности) на экране АРМ;

Интерфейс оператора: это совокупность аппаратно—программных компонентов АСУ ТП, обеспечивающих взаимодействие пользователя с системой;

Профиль автоматизированной системы: это 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. Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная модель. Такая модель, называемая OSE/RM (Open System Environment/Reference Model), предложена в ГОСТ Р ИСО МЭК ТО 10000–3–99;

Протокол: это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включёнными в соединение программируемыми устройствами;

SCADA: (англ. Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) под термином SCADA понимают инструментальную программу для разработки программного обеспечения систем управления технологическими процессами в реальном времени и сбора данных;

OPC–сервер: это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектов и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта OPC;

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

Автоматизированное рабочее место (АРМ): программно–технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA–системы;

Распределенная система управления (РСУ): система управления технологическим процессом, характеризующаяся построением распределённой системы ввода вывода и децентрализацией обработки данных;

ТЕГ: это идентификатор для категоризации, описания, поиска данных и задания внутренней структуры;

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП): комплекс программных и технических средств,

предназначенный для автоматизации управления технологическим оборудованием на предприятиях. Под АСУ ТП обычно понимается комплексное решение, обеспечивающее автоматизацию основных технологических операций на производстве в целом или каком-то его участке, выпускающем относительно законченный продукт;

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

Modbus: это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент–сервер».

Обозначения и сокращения

ПИ – пропорционально – интегральный;

ПИД – пропорционально – интегрально – дифференциальный;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ОУ – объект управления;

САР – система автоматического регулирования;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ТЗ – техническое задание;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

АС - автоматизированная система;

АСУ – автоматизированная система управления;

ИК – измерительный канал;

ИМ – исполнительный механизм;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

КСК – клеммная соединительная коробка;

КТС – комплекс технических средств;

ПАЗ – противоаварийная защита;

ПО – программное обеспечение;

САУ – система автоматического регулирования;

ТП – технологический процесс;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ШИМ – широтно-импульсная модуляция;

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – диспетчерское управление и сбор данных⁴

OPC (OLE for Process Control) – набор спецификаций стандартов, протоколов взаимодействия;

ISO (International Organization For Standardization) – международная организация по стандартизации;

IEC (International Electrotechnical Commission) – международная электротехническая комиссия.

Оглавление

Введение

1	Техническое задание по АСУ водопроливной установки	18
1.1	Основные задачи и цели создания АСУ ТП.....	18
1.2	Требования к автоматике	18
1.3	Требования к техническому обеспечению	19
1.4	Требования к метрологическому обеспечению	20
1.5	Требования к программному обеспечению.....	21
1.6	Требования к информационному обеспечению	21
2	Вопросы модернизации АСУ водопроливной установки.....	23
2.1	Описание водопроливной установки как технологического объекта	23
2.2	Описание технологического процесса.....	25
2.3	Выбор архитектуры АС.....	26
2.4	Разработка структурной схемы АС.....	32
2.5	Функциональная схема автоматизации	34
2.6	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-85	36
2.7	Разработка схемы информационных потоков.....	36
3	Разработка системы управления	39
3.1	Выбор контроллерного оборудования.....	39
3.2	Используемые датчики.....	41
3.3	Выбор исполнительных механизмов	48
3.4	Разработка схемы внешних проводок.....	50
3.5	Выбор алгоритмов управления.....	51
3.5.1	Алгоритм сбора данных измерений.....	52
3.6	Разработка алгоритма автоматического регулирования технологическим параметром.....	52
3.6.1	Обзор методов регулирования расхода	52
3.6.2	Метод Циглера - Никольса	55
3.6.3	Реализация методов регулирования расхода	57
3.6.4	Регулирование расхода методом дросселирования.....	59
3.6.5	Регулирование расхода частотным методом.....	61
3.7	Экранные формы АС	72
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	74
4.1	Организация и планирование работ.....	74
4.1.1	Продолжительность этапов работ	76
4.1.2	Расчет накопления готовности проекта.....	81
4.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	82
4.2.1	Расчет затрат на материалы	82
4.2.2	Расчет заработной платы.....	83
4.2.3	Расчет затрат на электроэнергию	84
4.2.4	Расчет затрат на социальный налог	85
4.2.5	Расчет амортизационных расходов.....	85
4.2.6	Расчет прочих (накладных) расходов	86
4.2.7	Расчет общей себестоимости разработки.....	87
4.2.8	Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР.....	87

4.3	Оценка экономической эффективности проекта	88
4.3.1	Оценка научно-технического уровня НИР	88
5	Социальная ответственность	91
5.1	Производственная безопасность	92
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	92
5.1.2	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования.....	94
5.2	Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария).....	95
5.2.1	Механические опасности	95
5.2.2	Требования к помещениям для работы с ПЭВМ.....	96
5.2.3	Микроклимат.....	96
5.2.4	Освещение	98
5.2.5	Электромагнитные излучения	103
5.2.6	Психофизиологические факторы	104
5.2.7	Электрический ток.....	105
5.3	Экологическая безопасность	106
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	106
5.3.2	Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду.....	106
5.3.3	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	107
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	107
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	107
5.4.2	Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований.....	109
5.4.3	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	110
5.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	111
5.5.1	Специальные правовые нормы трудового законодательства.....	111
5.6	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	115
5.6.1	Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ.....	115
Заключение		
Приложение А. Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке		124
Приложение		
Приложение В. Перечень входных/выходных сигналов		130
Приложение Г. Схема соединений внешних проводов		131
Приложение Е. Дроссельное регулирование с использованием ШИМ.....		133
Приложение Ж. Моделирование САР В MATLAB		134
Приложение З. Регулирование частотным методом		135
Приложение И. Алгоритм пуска/остановки технологического оборудования		136
Приложение К. Алгоритм сбора данных с канала измерения давления.....		137
Приложение Л. Листинг программы Шим - регулирования		138
Приложение М. SCADA – форма экранного мониторинга технологических параметров		139
Приложение Н. Трехуровневая архитектура АСУ ТП		140

ВВЕДЕНИЕ

Общий парк средств измерений расхода и количества жидкости в последние годы существенно увеличился за счет широкого применения расходомеров–счетчиков различных типов для коммерческого учета энергоресурсов (воды, тепла) и технологического учета жидкостей во внутризаводских системах автоматизации технологических процессов. Какими бы не были эти приборы, для них обязательной является первичная поверка при выпуске с производства и периодическая поверка или калибровка во время эксплуатации, т.е. метрологическая диагностика.

Процедура поверки расходомеров-счетчиков включает в себя воспроизведение потока жидкости в широком диапазоне расходов, измерение параметров этого потока эталонными средствами измерений, обработку результатов. При большом объеме приборов поверка становится настолько трудоемкой, что неизбежно возникает вопрос о повышении эффективности поверочных работ и обеспечении достоверности результатов поверки.

Одним из путей разрешения этих вопросов является использование автоматизированных расходомерных поверочных установок [1]. Опыт использования таких установок накапливался более двух десятков лет, однако на сегодняшний день конкретные требования, которым должна удовлетворять разрабатываемая автоматизированная поверочная установка, отсутствуют.

1 Техническое задание по АСУ водопротливной установки

1.1 Основные задачи и цели создания АСУ ТП

Основные цели создания АСУ ТП заключаются в следующем:

- повышение производительности оборудования;
- сокращение обслуживающего персонала.

Основными задачами создания АСУ ТП являются:

- точное выполнение требований технологического регламента, исключение ошибочных действий оперативного производственного персонала при ведении технологического процесса, а также пуск и останов оборудования;
- улучшение условий труда эксплуатационного персонала за счет централизации рабочих мест и удобного представления оперативной информации;
- повышение безопасности технологических процессов за счет высоконадежных средств сигнализации, блокировок и защит с минимальным периодом реагирования;
- реализация дистанционного контроля и управления всей системой с рабочего места оператора (управление насосом, запорными и регулируемыми задвижками, регулирование постоянного расхода воды).

1.2 Требования к автоматике

Средства автоматизации должны обеспечивать следующие основные функции:

- автоматическое регулирование постоянного расхода воды;
- защиту основного оборудования;
- дистанционный контроль.

Система автоматизации должна обеспечивать следующее:

- 1) Мониторинг всех измеряемых параметров;
- 2) Управление:
 - Расходом воды;
 - Насосом;

- Запорными и регулируемыми задвижками.
- 3) Сигнализацию:
- обнаружение утечек воды;
 - превышение максимального уровня воды в резервуаре весов;
 - превышение давления.

1.3 Требования к техническому обеспечению

АСУ ТП должна обеспечивать прием и обработку информации от средств автоматизации, поставляемых комплектно с технологическим оборудованием.

Комплекс технических средств совместно с программным обеспечением должен обеспечивать реализацию всех функций, оговоренных в настоящем техническом задании.

Программно-технические средства должны обеспечивать автоматическую диагностику, которая укажет место неисправности с погрешностью до технического средства или сменного элемента.

Программно-технический комплекс АС должен допускать возможность наращивания, модернизации и развития системы, а также иметь резерв по каналам ввода/вывода.

В состав КТС входят:

- датчики, исполнительные механизмы;
- средства дистанционного управления, программно-технические средства обработки, хранения и передачи информации, средства отображения и регистрации информации (вторичные приборы, видеомониторы, табло, индикаторы и т.п.)
- местные щиты с коммутационно-командными элементами.

Чувствительные элементы датчиков должны быть выполнены из коррозионностойких материалов.

Показатели надежности датчиков общепромышленного назначения рекомендуется выбирать, ориентируясь на показатели мирового уровня и лучшие образцы отечественных изделий, а именно:

- 1) время наработки на отказ не менее 100 тыс. час;
- 2) срок службы не менее 10 лет.

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Измерительные каналы (ИК) системы должны обеспечивать получение результатов измерения с точностью, указанной в нормативно-технической документации. В качестве нормируемой метрологической характеристики принимается предел допускаемой погрешности ИК в нормальных условиях эксплуатации.

Метрологическое обеспечение осуществляется в целях создания основы обеспечения качества эксплуатации и получения результатов измерений, использование которых позволяет:

- эффективно вести технологический процесс при соблюдении условий безопасности;
- исключить или свести к минимуму риск принятия ошибочных решений и действий при управлении оборудованием;
- достоверно контролировать безопасность обслуживающего персонала.

Требуемые нормы погрешности измерения основных технологических параметров, включая всю цепь, начиная от датчика, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Требования к погрешности измерительных каналов

Наименование измеряемого параметра		Норма погрешности	Примечание
1	Температура	$\pm 1\%$	Приведенная погрешность
2	Давление	$\pm 1\%$	Приведенная погрешность

3	Уровень	± 5	Абсолютная погрешность
4	Расход	$\pm 2\%$	Приведенная погрешность

1.5 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение (ПО) АС включает в себя:

- системное ПО (операционные системы);
- инструментальное ПО;
- общее (базовое) прикладное ПО;
- специальное прикладное ПО.

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание мнемосхем (видеокадров) для визуализации состояния технологических объектов;
- конфигурирование отчетных документов (рапортов, протоколов).

Средства создания специального прикладного ПО должны включать в себя технологические и универсальные языки программирования и соответствующие средства разработки (компиляторы, отладчики). Технологические языки программирования должны соответствовать стандарту ИЕС 61131-3.

Базовое прикладное ПО должно обеспечивать выполнение стандартных функций соответствующего уровня АС (опрос, измерение, фильтрация, визуализация, сигнализация, регистрация и др.).

Специальное прикладное ПО должно обеспечивать выполнение нестандартных функций соответствующего уровня АС (специальные алгоритмы управления, расчеты и др.).

1.6 Требования к информационному обеспечению

В состав информационного обеспечения входит совокупность решений по формам, организации, содержанию, распределению, хранению и объемам

информации, используемой в системе при ее функционировании, правила манипулирования этой информацией, а также база данных и система управления ею.

Структура и способ организации данных в системе должны допускать модификацию и расширение функций системы.

Информационная совместимость смежных систем должна обеспечиваться применением стандартных протоколов обмена и единой системы кодирования.

Для реализации информационной функции в АСУ ТП осуществляется сбор и первичная обработка информации о непосредственно измеряемых параметрах (по аналоговым сигналам).

АСУ ТП должна принимать сигналы от датчиков с выходным аналоговым сигналом 4 - 20 мА, а также с дискретным сигналом 0 - 24 В.

2 Вопросы модернизации АСУ водопроливной установки

2.1 Описание водопроливной установки как технологического объекта

Установка поверочная водопроливная «Взлет ПУ» предназначена для настройки, градуировки, калибровки, юстировки, поверки, сличения, расходомеров-счетчиков, счетчиков, преобразователей расхода жидкости различного типа и назначения. Установка зарегистрирована в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Установка предназначена для организаций, занимающихся производством, ремонтом, калибровкой и поверкой приборов измерения расхода и объема жидкостей.

Водопроливная установка «ВЗЛЕТ ПУ» представляет из себе систему, состоящую из:

- накопительного бака-резервуар для хранения и деаэрации рабочей жидкости;
- насосов с регулируемым электроприводом;
- ресивера для деаэрации и обеспечения стабильности расхода жидкости;
- эталонного весоизмерительного устройства с переключением потока ;
- эталонных расходомеров;
- рабочего стола с испытательными участками для поверяемых приборов;
- рабочего места оператора;
- измерительного аппаратно-программного комплекса;
- трубопроводной обвязки с запорно-регулирующей арматурой.

Водопроливная установка «ВЗЛЕТ ПУ» представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Водопробивная установка «ВЗЛЕТ ПУ»

Конструкция водопробивной установки создана на базе функционально законченных блоков. Такой подход позволил создать с одной стороны, комфортные условия работы за счет расположения насосной группы в отдельном помещении, и, с другой стороны, размещать установку в действующих помещениях самых разных габаритов и взаимного расположения. Гибкость программного обеспечения позволяет с легкостью настраивать интерфейс измерительного программно-аппаратного комплекса установки под конкретный интерфейс поверяемого прибора.

Гидравлическая схема и примененные конструкторские решения обеспечивают высокую стабильность потока через поверяемый прибор, отсутствие его закрутки.

В данной работе будет осуществлена модернизация автоматической системы управления водопробивной установки. Модернизация коснется датчиков, контроллерного оборудования и исполнительных механизмов, так как они с каждым годом устаревают и не удовлетворяют современным требованиям. Но наука не стоит на месте, появляются новые технологии, с помощью которых

создаются более точные и надежные приборы для контроля и измерения технологического процесса.

2.2 Описание технологического процесса

Схема водопроливной установки представлена на рисунке 2.

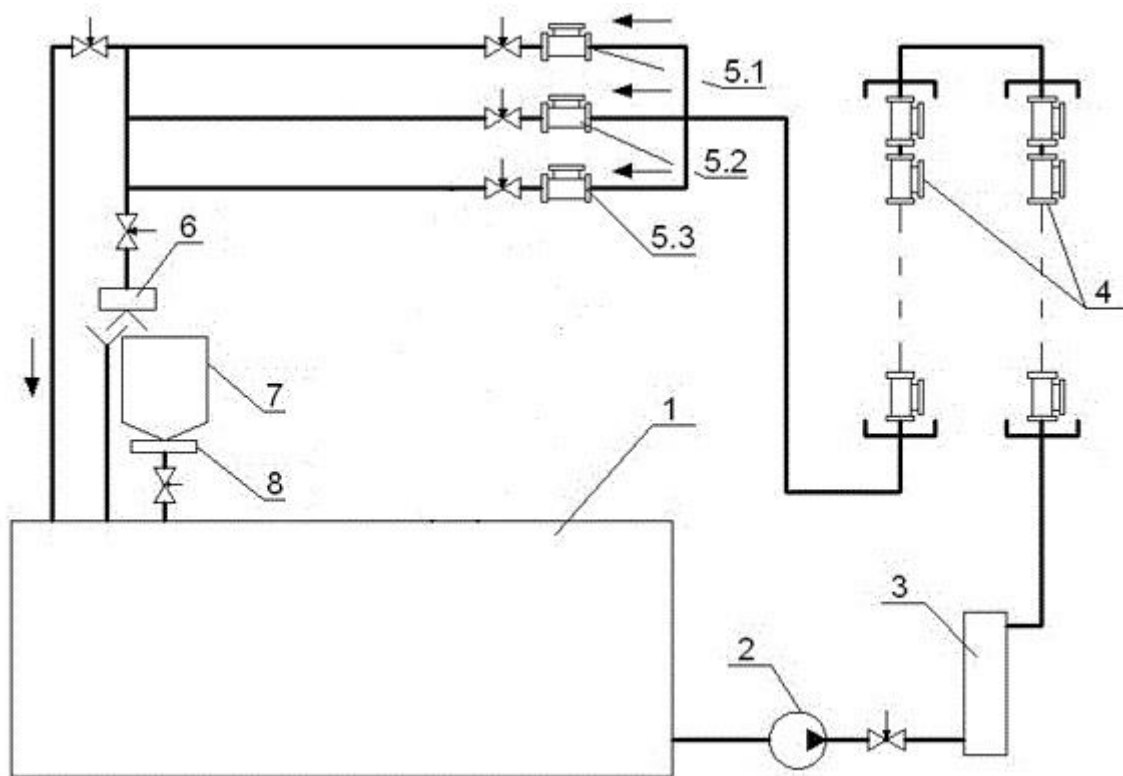


Рисунок 2 – Схема водопроливной установка «ВЗЛЕТ ПУ»

Из накопительного бака-резервуара 1 вода забирается насосом 2 и подается в ресивер 3. В ресивере происходит отделение взвешенного в воде воздуха, сглаживаются пульсации потока воды. По выходу из ресивера поток воды проходит через поверяемые расходомеры (или водосчетчики) 4, закрепляемые на рабочем столе зажимным устройством. Далее поток воды через эталонный расходомеры 5.1, 5.2, или 5.3 и через обводную трубу поступают либо обратно в бак-резервуар 1 (при поверке методом сличения с талонными расходомерами), либо через устройство переключения потока 6 в накопительную емкость 7, установленную на весоизмерительное устройство 8 (при поверке весовым методом). В последнем случае вода после взвешивания накопительной емкости 7 с водой на весоизмерительном устройстве 8 сливается

обратно в бак-резервуар 1. Регулирование расхода воды осуществляется управлением частотой вращения насоса с регулируемым электроприводом 2, а также с помощью шаровых кранов.

2.3 Выбор архитектуры АС

Архитектура информационной системы характеризует ее общую логическую организацию, программно-аппаратное обеспечение, описывает методы кодирования и определяет интерфейс пользователя с системой. Профиль – это набор стандартов, ориентированных на выполнение конкретной задачи (АС). [4]

Основные функциональные профили АС:

- 1) профиль прикладного программного обеспечения;
- 2) профиль среды АС;
- 3) профиль защиты информации в АС;
- 4) профиль инструментальных средств, встроенных в АС.

Основными целями применения профилей при создании и применении АС являются:

- 1) улучшение технико-экономических показателей проектов АС (снижение трудоемкости, длительности, стоимости и др.);
- 2) повышение качества компонентов и АС в целом;
- 3) обеспечение расширяемости (изменяемости) по набору прикладных функций и масштабируемости;
- 4) обеспечение возможности функциональной интеграции задач в АС;
- 5) обеспечение переносимости прикладного ПО между разными аппаратно-программными платформами (интероперабельности).

Эти цели достигаются при использовании открытых систем, что неразрывно связано с применением соответствующих стандартов. В качестве функционального профиля программного обеспечения АС будем использовать SCADA систему TRACE MODE, которая является открытой распределенной системой с архитектурой клиент - сервер.

Для определения места и роли каждого базового стандарта в профиле требуется концептуальная (эталонная) модель. Такая модель называется OSE/RM (Open System Environment / Reference Model), согласно [5]. На рисунке 3 показана схема эталонной модели OSE/RM, закрепленная основополагающим документом ISO/IEC 14252 (ИСО/МЭК 14252). Эта базовая модель среды открытых систем предусматривает разбиение АС на прикладное ПО (Application Software Entities), реализующие заданные функции информационной системы, платформу (Application Software Entities), обеспечивающую подготовку и выполнение приложений, а также внешнюю среду (External Environment Entities). Все выделенные уровни модели связаны интерфейсами: API (application program interface) – интерфейсы прикладного программирования и EEI (external environment interface) – интерфейсы внешнего окружения.

Прикладное ПО можно разделить на 4 функциональные группы компонентов:

- 1) U (user) – пользовательские функции, обслуживающие интерфейс с пользователями;
- 2) S (system) – системные функции среды по организации процессов обработки данных;
- 3) I (information) – функции представления и хранения данных;
- 4) C (communication) – коммуникационные функции.

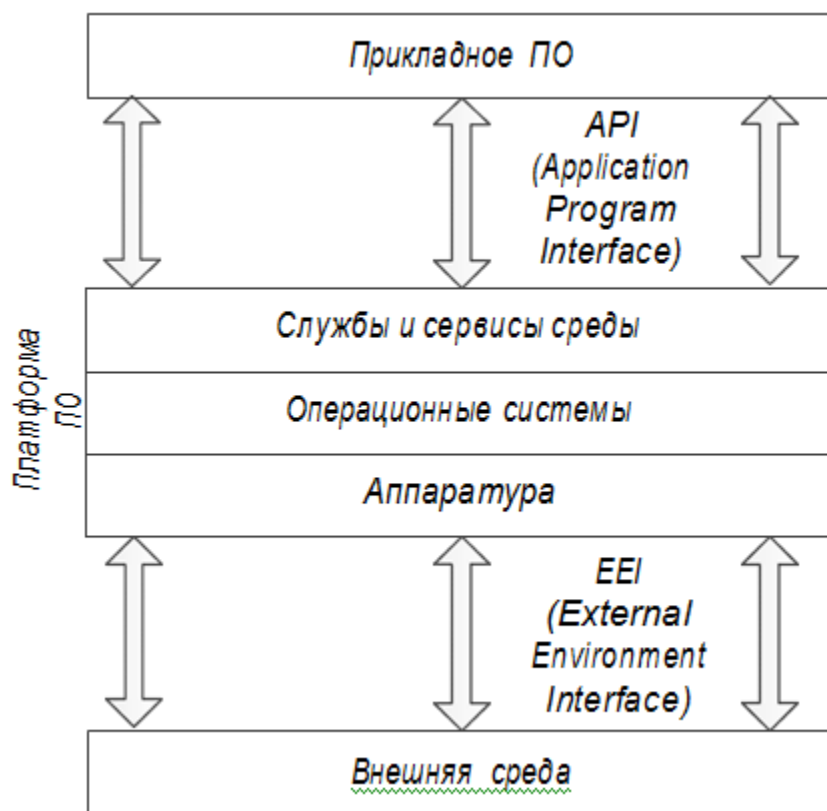


Рисунок 3 – Эталонная модель OSE/RM

В данной работе будет использоваться SCADA система TRACE MODE.

Открытость и масштабируемость SCADA достигается за счет совместимости со стандартными протоколами: ModBus, ProfiBus, OPC, SQL и другие. Стандарты OPC – это стандарты подключаемости компонентов АС. Они разработаны с целью сокращения затрат на создание и сопровождение приложений промышленной автоматизации. Их применение при проектировании архитектуры АС решает вопросы обмена данными с устройствами разных производителей или по разным протоколам обмена данными. [4]

Стандарты OPC позволяют обеспечить возможность совместной работы (интероперабельности) средств автоматизации, функционирующих на разных аппаратных платформах, в разных промышленных сетях и производимых разными фирмами. Благодаря появлению стандартизации интерфейса стало возможным подключение любого физического устройства к любой SCADA, если они оба соответствовали стандарту OPC. Разработчики получили

возможность проектировать только один драйвер для всех SCADA-пакетов, а пользователи получили возможность выбора оборудования и программ без прежних ограничений на их совместимость.

Стандарт OPC состоит из нескольких частей: OPC DA (OPC Data Access; OPC Alarms & Events (A&E); OPC HDA (Historical Data Access); Batch; OPC Data eXchange; OPC Security; OPC XML; OPC Complex Data; OPC Commands; OPC Unified Architecture.

Из перечисленных спецификаций в России широко используются только две: OPC DA и реже - OPC HDA.

- OPC DA (OPC Data Access) - спецификация для обмена данными между клиентом (например, SCADA) и аппаратурой (контроллерами, модулями ввода-вывода и др.) в реальном времени;
- OPC HDA (Historical Data Access) - спецификация для доступа к предыстории процесса (к сохраненным в архиве данным). Сервер обеспечивает унифицированный способ доступа с помощью DCOM технологии. Обеспечивает чтение, запись и изменение данных.

Стандарт МЭК 61131-3 устанавливает пять языков программирования ПЛК, три графических и два текстовых. Основной целью стандарта является повышение скорости и качества разработки программ для ПЛК, а также создание языков программирования, ориентированных на технологов, обеспечение соответствия ПЛК идеологии открытых систем, исключение этапа дополнительного обучения при смене типа ПЛК. [4]

Профиль среды распределенной АС должен включать стандарты протоколов транспортного уровня (по ISO OSI или стандарту де-факто протокола TCP/IP), стандарты локальных сетей (например стандарт Ethernet IEEE 802.3 или стандарт Fast Ethernet IEEE 802.3u), а также стандарты средств сопряжения проектируемой АС с сетями передачи данных общего назначения (в частности, RS-485, сети CAN, ProfiBus и др.).

Transmission Control Protocol (TCP) (протокол управления передачей) — один из основных протоколов передачи данных Интернета, предназначенный

для управления передачей данных в сетях и подсетях TCP/IP. Выполняет функции протокола транспортного уровня модели OSI. Реализация TCP встроена в ядро ОС, хотя есть и реализации TCP в контексте приложения. TCP — это транспортный механизм, предоставляющий поток данных, с предварительной установкой соединения, за счет этого дающий уверенность в достоверности получаемых данных, осуществляет повторный запрос данных в случае потери данных и устраняет дублирование при получении двух копий одного пакета.

Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3. В стандарте первых версий (Ethernet v1.0 и Ethernet v2.0) указано, что в качестве передающей среды используется коаксиальный кабель, в дальнейшем появилась возможность использовать витую пару и оптический кабель.

RS-485 (Recommended Standard 485) — это номер стандарта, впервые принятого

Ассоциацией электронной промышленности (EIA). Сейчас этот стандарт называется TIA/EIA-485 Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems (Электрические характеристики передатчиков и приемников, используемых в балансных цифровых многоточечных системах).

RS-485 - стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса. Регламентирует электрические параметры полудуплексной многоточечной дифференциальной линии связи типа «общая шина». Стандарт приобрел большую популярность и стал основой для создания целого семейства промышленных сетей широко используемых в промышленной автоматизации.

Основополагающим документом в области защиты информации в распределенных системах являются рекомендации X.800, принятые МККТТ (сейчас ITU-T) в 1991 г. Подмножество указанных рекомендаций должно

составлять профиль защиты информации в ИС с учетом распределения функций защиты информации по уровням концептуальной модели ИС и взаимосвязи функций и применяемых механизмов защиты информации. [4]

Стандарт предусматривает следующие функции (сервисы) безопасности:

- 1) Аутентификация – проверка подлинности партнеров по общению и источника данных.
- 2) Управление доступом – защита от несанкционированного использования ресурсов, доступных по сети.
- 3) Конфиденциальность данных – защита от несанкционированного получения информации.
- 4) Целостность данных.
- 5) Неотказуемость – невозможность отказаться от совершенных действий.

Все выбранные документы, регламентирующие разработку АС в виде стандартов и ПО, собраны в таблице 2.

Таблица 2 – Номенклатура базовых стандартов

№ документа	Web-адрес базового стандарта	Назначение	Web-адрес поставщика
ISO/IEC 14252-1996 (ANSI/IEEE Std1003.0-1995) Information technology – Guide to the POSIX Open Systems Environment (OSE)	http://giso/catalogue_detail.htm?csnumber=23985	Информационный профиль	http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=00000000001032263
OPC (OLE for Process Control): OPC DA OPC HDA	http://www.opcfoundation.org/	Обеспечение интероперабельности и взаимодействия клиента с сервером	http://www.tecon.ru/prodykciia/programmnoe_obespechenie/?cat=50&PHPSESSID=j46uplppk929vsmifr76njuf60
SCADA TRACE MODE	http://www.adastr.ru/products/dev/scada/	SCADA для создания систем управления непрерывным производством	http://www.adastra.ru/

IEC (МЭК) 61131-3 Programming Languages	http://www.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/47556	Языки программирования ПЛК	http://www.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/47556
RFC 793 (протокол TCP)	http://www.rfc-editor.org/	Стандарт протоколов транспортного уровня	http://www.internettech.com/tutorials/tcpip/tcpip.htm
Ethernet IEEE 802.3u	http://www.ieee802.org/3/	Стандарт локальных сетей	http://ru.wikipedia.org/wiki/Ethernet
RS-485	http://www.novosoft.by/Ency/rs-485.htm	Доступ к устройствам полевого уровня	http://www.novosoft.by/Ency/rs-485.htm
X.800 (ITU-T)	http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=X.800	Профиль защиты информации	http://www.ntc-sss.ru/mejdunarodnye-rekomendacii-itu-t--standarty-etsi.html

2.4 Разработка структурной схемы АС

Управление технологическими процессами добычи нефти и газа сводится к управлению оборудованием - электроцентробежными или штанговыми насосами, групповыми замерными установками, кранами и т.д. Централизованное управление реализуется командами открыть, закрыть, включить, выключить, остановить, запустить (дискретное управление). Управление на полевом уровне сводится к автоматическому регулированию технологических параметров. Широко развиты функции контроля, сигнализации аварийных ситуаций, блокировок. [4]

Объектом управления является электродегадатор, все измеряемые и контролируемые параметры его автоматизированной системы поступают в SCADA систему, отвечающую за обеспечение автоматического дистанционного наблюдения и дискретного управления функциями большого количества распределенных устройств.

В рамках данного проекта выберем трехуровневую архитектуру системы, на каждом из этих уровней реализуется непосредственное управление технологическими процессами. Специфика каждой конкретной системы

управления определяется используемой на каждом уровне программно - аппаратной платформой.

Разработанная трехуровневая архитектура представлена в приложение Н .

Нижний уровень (полевой) состоит из первичных датчиков (измерительных преобразователей), осуществляющих сбор информации о ходе технологического процесса, приводов и исполнительных устройств, реализующих регулирующие и управляющие воздействия, кабельных соединений, клеммников и нормирующих преобразователей.

Средний уровень (контроллерный) состоит из контроллеров и прочих устройств аналого-цифрового, цифро-аналогового, дискретного, импульсного и т.д. преобразования, и устройств для сопряжения с верхним уровнем (шлюзов). Отдельные контроллеры могут быть объединены друг с другом при помощи контроллерных сетей. Контроллерные сети строятся на базе интерфейса RS-485, совместимого с серверами OPC и SCADA- системами.

Верхний уровень (информационно-вычислительный) состоит из компьютеров объединенных в локальную сеть Ethernet с использованием в качестве передающей среды медной витой пары или оптоволокна (при больших расстояниях). Протокол передачи данных – для удаленных подключений TCP/IP .

Обобщенная структура управления АС приведена в приложение Б.

Информация с датчиков полевого уровня поступает на средний уровень управления локальному контроллеру (ПЛК). Он выполняет следующие функции [3]:

- сбор, первичную обработку и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование;
- исполнение команд с пункта управления;
- обмен информацией с пунктами управления.

Информация с локального контроллера направляется в сеть диспетчерского пункта через коммуникационный контроллер верхнего уровня, который реализует следующие функции [3]:

- сбор данных с локальных контроллеров;
- обработка данных, включая масштабирование;
- поддержание единого времени в системе;
- синхронизация работы подсистем;
- организация архивов по выбранным параметрам;
- обмен информацией между локальными контроллерами и верхним уровнем.

ДП включает несколько станций управления, представляющих собой АРМ диспетчера/оператора. Также здесь установлен сервер базы данных. Компьютерные экраны диспетчера предназначены для отображения хода технологического процесса и оперативного управления.

Все аппаратные средства системы управления объединены между собой каналами связи. На нижнем уровне контроллер взаимодействует с датчиками и исполнительными устройствами. Связь между локальным контроллером и контроллером верхнего уровня осуществляется на базе интерфейса Ethernet.

Связь автоматизированных рабочих мест оперативного персонала между собой, а также с контроллером верхнего уровня осуществляется посредством сети Ethernet.

2.5 Функциональная схема автоматизации

Функциональная схема автоматического контроля и управления предназначена для отображения основных технических решений, принимаемых при проектировании систем автоматизации ТП. Объектом управления в таких системах является совокупность основного и вспомогательного оборудования вместе с встроенными в него запорными и регулирующими органами.

Функциональная схема автоматизации является техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных

узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации [3]. На функциональной схеме изображаются системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации.

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

При разработке функциональной схемы автоматизации технологического процесса решены следующие задачи [3]:

- задача получения первичной информации о состоянии технологического процесса и оборудования;
- задача непосредственного воздействия на технологический процесс для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- задача контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

В соответствии с заданием разработаны два варианта функциональных схем автоматизации:

- по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.408-93 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов»;
- по Стандарту американского общества приборостроителей ANSI/ISA S5.1. «Instrumentation Symbols and Identification».

2.6 Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-85

ФСА, разработанная в данном проекте, согласована с рекомендациями по ГОСТ 36-27-77 «Приборы и средства автоматизации. Обозначения условные в схемах автоматизации технологических процессов» и ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем», регламентирующий наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в системе при просмотре графической схемы системы. Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.404-85 представлена в приложение Д.

На схеме представлены каналы измерения параметров и следующие контуры управления:

- весовым устройством (1-17);
- первым насосом (2-19, 5-19, 6-19, 7-19);
- вторым насосом (4-18).

2.7 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков включает в себя три уровня сбора и хранения информации [1]:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного и КИС хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранам формам АРМ-приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами

и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Параметры, передаваемые в локальную вычислительную сеть в формате стандарта OPC, включают в себя:

- температура воды в системе, °C;
- уровень воды в весовом устройстве, м;
- уровень воды в резервуаре, м;
- уровень воды в сливном баке, м;
- давление воды после насоса, МПа;
- расход воды на 1 эталоне, м³/ч;
- расход воды на 2 эталоне, м³/ч;
- расход воды на 3 эталоне, м³/ч;
- датчик течи.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD, где

1) AAA – параметр, состоящий из 3-х символов, который принимает следующие значения:

- LEV (level) – уровень;
- PRS (pressure) – давление;
- TEM (temperature) – температура;
- FLW (flow) – расход;
- WT (wet) – влажность.

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

- LIB (libra) – весы;
- TNK (tank) – резервуар для воды;
- PMP (pump) – насос;

FLR (floor) – пол.

3) CCCC – уточнение, включающее не более 4 символов:

WORK – в рамках рабочего диапазона;

HL (high limit) - верхнее предельное значение;

4) DDDDD – примечание, включающее не более 5 символов:

WATER – вода;

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

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице №3.

Таблица 3 – Перечень идентификаторов сигналов.

Идентификатор	Назначение идентификатора
LEV_LIB_WORK_WATER	Уровень воды в весовом устройстве
LEV_TNK_WORK_WATER	Уровень воды в резервуаре
LEV_TNK_WORK_WATER1	Уровень воды в сливном баке
PRS_PMP_WORK	Рабочее давление после насоса
TEM_PMP_WORK	Температура после насоса
FLW_PUMP_WORK_WATER1	Расход воды 1
FLW_PUMP_WORK_WATER2	Расход воды 2
FLW_PUMP_WORK_WATER3	Расход воды 3
WT_FLR_WORK	Датчик течи воды

3 Разработка системы управления

Задачей выбора программно-технических средств реализации проекта АС является анализ вариантов, выбор компонентов АС и анализ их совместимости.

Программно-технические средства АС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Измерительные устройства осуществляют сбор информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

3.1 Выбор контроллерного оборудования

Программируемый контроллер ОВЕН ПЛК110-30 (Рисунок 4) это линейка программируемых моноблочных контроллеров с дискретными входами/выходами на борту для автоматизации средних систем. Оптимальны для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления[5].



Рисунок 4 – Программируемый контроллер ОВЕН ПЛК110-30

Данный контроллер может использоваться для построения распределенных систем управления и диспетчеризации с использованием как проводных, так и беспроводных технологий:

- в системах HVAC;
- в сфере ЖКХ;
- АСУ водоканалов;
- линии по дерево- и металлообработке (распил, намотка и т.д.)
- для управления пищеперерабатывающими и упаковочными аппаратами;
- для управления климатическим оборудованием;
- для автоматизации торгового оборудования;
- в сфере производства строительных материалов;
- для управления малыми станками и механизмами.

Основные параметры ПЛК представлены на рисунке 5-6.

Параметр	ПЛК110
Вычислительные ресурсы	
Процессор	200 МГц
ОЗУ	128 кбайт+2 МБ (размер heap варьируется)
FLASH-диск ПЛК	4 МБ
Операционная система	нет
Интерфейсы	RS-232 RS-232 Debug RS-485 (1 или 2) Ethernet USB Device
Работа по беспроводным сетям	SMS, CSD, GPRS
Питание 5 В в RS-232	Нет
Температурный диапазон эксплуатации	-10...+50 °C
Источник питания для часов RTC	Встроенный аккумулятор
Источник питания для Retain	Встроенный аккумулятор
Ведение архивов на USB Flash	нет
Быстрые входы	Есть, до 10 кГц
Быстрые выходы	до 5 кГц

Рисунок 5 – Основные параметры ОВЕН ПЛК110-30

Количество входов	18
Быстрых входов	2
Быстрых счетчиков	2
Энкодеров	1 AB
Количество выходов	12
Быстрых выходов (для ПЛК110 с транзисторными выходами)	4
Количество портов	
RS-485	2
RS-232	1
RS-232-Debug	1
Ethernet 100 Base-T	1

Рисунок 6 – Основные параметры ОВЕН ПЛК110-30

Преимущества ОВЕН ПЛК110-30:

- наличие встроенных дискретных входов/выходов на борту;
- скоростные входы для обработки энкодеров;
- ведение архива работы оборудования или работа по заранее оговоренным сценариям при подключении к контроллеру USB-накопителей;
- простое и удобное программирование в системе CODESYS v.2 через порты USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- передача данных на верхний уровень через Ethernet или GSM-сети (GPRS);
- 4 последовательных порта (RS-232, RS-485) для:
- увеличения количества входов-выходов;
- управления частотными преобразователями;
- подключения панелей операторов, GSM-модемов, считывателей штрих-кодов и т.д.;
- наличие двух исполнений по питанию (220 В и 24 В).

3.2 Используемые датчики

Расходомеры эталонные

В качестве эталонных расходомеров используются высокоточные электромагнитные счетчики ВЗЛЕТ ЭМ (ПРОФИ-222М О) [6] с диаметром сечения 20,32 и 65 мм, которые предназначены для измерения расхода и объема

воды с различным содержанием примесей, растворов кислот щелочей, абразивных и других жидкостей (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Электромагнитные счетчики ВЗЛЕТ ЭМ

Отличительные особенности:

- возможность монтажа в пластиковые (металлопластиковые) трубопроводы;
- стабильные, воспроизводимые измерения на агрессивных средах и в тяжелых условиях эксплуатации;
- удобный монтаж;
- исполнение только в «металле»;
- гальванически развязанные выходы релейного типа;
- увеличенная мощность выходов (в пассивном режиме допускается питание от внешнего источника напряжением постоянного тока от 5 до 26 В, допустимое значение коммутируемого тока нагрузки до 150 мА);
- частота на универсальных выходах – максимально рабочая 500Гц, аварийная 700Гц;

- удобная система индикации;
- контроль заполнения трубопровода;
- расширенная самодиагностика прибора.

Вывод информации:

- на жидкокристаллический символьный индикатор;
- в виде импульсов с нормированным весом или логических ;
- по последовательному интерфейсу RS-485;
- в виде нормированного токового сигнала.

Технические характеристики представлены на рисунке 8.

Характеристики	Значение												
Номинальный диаметр, DN	10	15	20	25	32	40	50	65	80	100	150	200	300
Наибольший измеряемый средний объемный расход жидкости, Qv наиб, м³/ч	3,4	7,64	13,5	21,2	34,8	54,3	85	143,5	217,3	339,6	764	1358	3056
Давление в трубопроводе, МПа	не более 2,5												
Удельная электрическая проводимость жидкости, См/м	не менее 5×10 ⁻⁴												
Диапазон температуры жидкости, °С													
- фторопласт	от минус 10 до 150												
- полиуретан	от минус 10 до 70												
Мин. длина прямолинейных участков до и после расходомера	3 DN и 1 DN												
Степень защиты	IP65												
Напряжение питания расходомера, В	=24												
Потребляемая мощность, Вт	не более 5,0												
Средняя наработка на отказ	75 000												
Гарантийный срок эксплуатации, мес.:													
- ПРОФИ-xxxМ О	28												
- ПРОФИ-xxxМ А, ПРОФИ-xxxМ И	15												
Средний срок службы, лет	12												

Рисунок 8 – Технические характеристики счетчика ВЗЛЕТ ЭМ

Датчик температуры

В качестве датчика температуры используется ВЗЛЕТ ТПС (Рисунок 9), который предназначен для измерения температуры и разности температур различных сред. Данный датчик может применяться в теплоэнергетике, химической, пищевой и других отраслях промышленности [7].



Рисунок 9 – Датчик температуры Взлет ТПС

Технические характеристики представлены на рисунке 10.

Характеристика	Значение
Номинальное значение сопротивления	Pt100, Pt500
Диапазон измеряемой температуры, °C	от 0 до 180 (от минус 50 до 100)*
Диапазон измерения разности температур, °C	3 - 180
Класс допуска одиночных преобразователей температуры	A, B
Класс точности согласованной пары	1, 2
Длина монтажной части, мм	32, 40, 50, 70, 98, 133, 223
Степень защиты	IP 65
Температура окружающей среды, °C	от минус 50 до 100
Средний срок службы, лет	12

Рисунок 10 – Технические характеристики Взлет ТПС

Датчик уровня жидкости

В качестве датчика уровня был выбран уровнемер ультразвуковой ВЗЛЕТ УР (УР-211) (Рисунок 11), который предназначен для бесконтактного измерения уровня различных жидкостей и дистанции до границы раздела сред. Может использоваться в качестве сигнализатора или дальномера. Позволяет определять средний уровень и перепад уровней в двух точках, наполнение и объем жидкости в резервуарах с известными объемными характеристиками[8].



Рисунок 11 – Уровнемер ультразвуковой ВЗЛЕТ УР

Отличительные особенности:

- автоматический учет изменения скорости ультразвука при изменении параметров газовой среды;
- минимальное влияние пены на поверхности жидкости на результаты измерений;
- периодическая самоочистка пьезоэлектрического преобразователя (ПЭП) от конденсата и загрязнений;
- возможность ввода объемной характеристики контролируемого резервуара;
- возможность размещения блока измерения на удалении до 250 м от объекта измерения;
- акустические системы могут комплектоваться высокотемпературными датчиками от 0 до 100 °С;
- наличие взрывобезопасного исполнения;
- возможность использования в качестве сигнализатора (до 8-ми значений уровня).

Технические характеристики представлены на рисунке 12.

Характеристика	УР-211, -211 Ex	УР-221, -221 Ex
Количество каналов измерения, шт.	1	2
Максимальная измеряемая дистанция, м:		
- без блока взрывозащиты		15
- с блоком взрывозащиты		12
Определяемые параметры	уровень по одному каналу	- уровень по двум каналам - перепад уровней - средний уровень по двум каналам
Абсолютная погрешность измерения дистанции и уровня в изотропной среде, мм		не более $\pm 4,0$
Зона нечувствительности, м:		
- для акустической системы с термодатчиком		0,8
- для акустической системы с репером		1,4
Длина соединительного кабеля акустических систем, м		до 250
Степень защиты:		
- измерительного блока		IP54
- датчика		IP67
Глубина архивов измерительной информации, записей:		
- интервальный		6 000
- часовой		1 440
- суточный		60
Напряжение питания, В		≈ 24
Потребляемая мощность, Вт		не более 20
Габаритные размеры измерительного блока, мм		250 x 135 x 90
Масса измерительного блока, кг		не более 3
Гарантийный срок эксплуатации, мес.		21

Рисунок 12 – Технические характеристики ВЗЛЕТ УР

Выбор датчика давления

В качестве датчика давления был выбран датчик ОВЕН ПД100-ДИ (Рисунок 13) – это линейка микропроцессорных датчиков, предназначенных для непрерывного преобразования давления измеряемой среды в унифицированный сигнал постоянного тока 4..20 мА. ОВЕН ПД100-ДИ представляет собой преобразователь давления с измерительной мембраной из нержавеющей стали, сенсором на основе технологии КНК и кабельным вводом. Данные модели характеризуются повышенной точностью измерения (от $\pm 0,5\%$ ВПИ), устойчивостью к гидроударам и относительно низким выходным шумом (не более ± 16 мкА). Преобразователи данных моделей предназначены для систем автоматического регулирования и управления на основных и вторичных производствах в промышленности: гидро- и пневмосистемах, системах водоподготовки и теплоснабжения, котельной автоматике, автоматике

водоканалов, тепловых пунктах, объектах газового хозяйства и т.п., где требуется повышенная точность и стабильность выходного сигнала[9].



Рисунок 13 – Датчик давления ОВЕН ПД100-ДИ

Технические характеристики представлены на рисунке 14.

Наименование	Значение
Выходной сигнал постоянного тока	4...20 мА, 2-х проводная схема
Основная приведенная погрешность	0,5; 1,0 % ВПИ
Диапазон рабочих температур измеряемой среды	–40...+100 °С
Напряжение питания	12...36 В постоянного тока
Сопротивление нагрузки	0...1,0 кОм (в зависимости от напряжения питания)
Потребляемая мощность	не более 0,8 Вт
Устойчивость к механическим воздействиям	группа исполнения V3 по ГОСТ Р 52931
Степень защиты корпуса	IP65
Устойчивость к климатическим воздействиям	УХЛ3.1
Диапазон рабочих температур окружающего воздуха	–40...+80 °С
Атмосферное давление рабочее	66...106,7 кПа
Среднее время наработки на отказ	не менее 500 000 ч
Средний срок службы	12 лет
Межповерочный интервал	2 года
Методика поверки	КУВФ.406230.100 МП
Вес без упаковки / в упаковке	0,2 кг / 0,3 кг
Штуцер для подключения давления	M20x1,5 манометрической формы G1/2 манометрической формы, G1/4
Тип электрического соединителя	EN175301-803 форма А (DIN 43650-A)
Габаритный размер (по высоте)	не более 115 мм
Перегрузочная способность	не менее 200 % от ВПИ
Предельное давление перегрузки	не менее 400 % от ВПИ

Рисунок 14 – Технические характеристики ОВЕН ПД100-ДИ

Детектор течи воды

В качестве детектора течи воды был выбран WD2 (Рисунок 15). WD2 детектирует течь по проводимости сред и выдает аварийный сигнал для предотвращения течи и недопущения возникновения затратного повреждения. Серия WD2 измеряет электрическую проводимость воды и обнаруживает изменение сопротивления через два контакта расположенных на базе корпуса. Модель WD2-BP2 питается от батареи и выдает звуковой аварийный сигнал, визуальный аварийный сигнал и выходной сигнал с твердотельного реле. Также есть предупреждение о низком заряде батареи. Устройство WD2-LP имеют сетевое питание[10].



Рисунок 15 – Детектор течи воды WD2

Монтажный кронштейн A-154 удобен для использования в поддонах для сбора течи, где желательно повысить уровень чувствительности над дном поддона для исключения преднамеренных аварийных сигналов. Кронштейн может монтироваться на дне поддона и высота установки WD2 настраивается в любом диапазоне, от 0 до 44,5 мм. Также, кронштейн может использоваться для монтажа серии WD2 на боковой стороне поддона или любой боковой стенке на желаемой высоте.

3.3 Выбор исполнительных механизмов

В качестве исполнительных механизмов был выбран клапан проходной односедельный запорно-регулирующий КПСР с диаметром сечения 15,32 и 65 мм (Рисунок 16). Клапан КПСР предназначен для применения в системах автоматического регулирования и управления технологическими процессами

путем изменения расхода рабочих сред (кроме вакуума), транспортируемых по трубопроводам различного назначения. Направление подачи рабочей среды одностороннее – по стрелке-указателю на корпусе. Усилие, развиваемое ЭИМ, передается на плунжер, который перемещается вверх и вниз, изменяя площадь проходного сечения в затворе и регулируя расход рабочей среды. Это усилие существенно уменьшается благодаря разгрузке плунжера.

В зависимости от значения условного прохода DN предусмотрены два базовых исполнения клапанов:

1. DN 15...50 – исполнение со штоком не разгруженным по давлению среды;
2. DN 65...200 – исполнение с разгруженным штоком – используется для увеличения допустимого перепада давления на клапане. При такой конструкции в крышке клапана размещается дополнительная втулка, в которой перемещается поршень, связанный со штоком плунжера. Втулка с поршнем образует камеру разгрузки, которая за счет отверстий в плунжере связана с входной полостью клапана. Коэффициент разгрузки близок к единице[11].

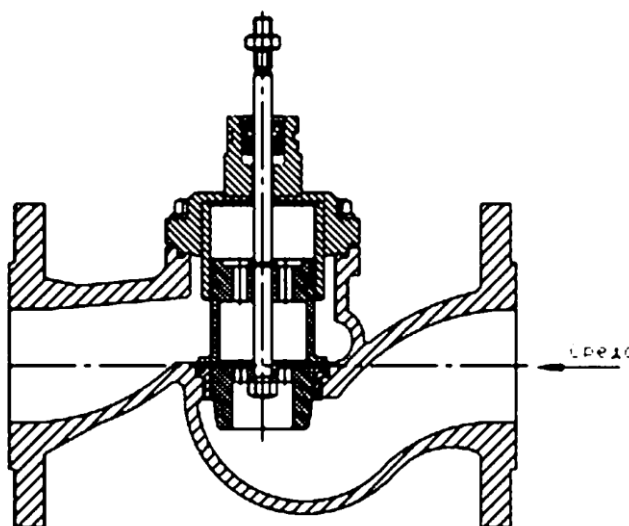


Рисунок 16 – Клапан проходной односедельный запорно-регулирующий
КПСР

Технические характеристики клапана КПСР представлены на рисунке 17.

Марка	DN, мм	Условная пропускная способность Kv, м³/ч	Наименование	Температура рабочей среды t, °C	Условное давл. PN, не более, кгс/см²	Рабочая среда	Строит. длина, мм	Масса, кг
КПСР Корпус-чугун СЧ20	15	0,16 0,25 0,4 0,63 1,0 1,6 2,5 3,2	КПСР 1-15-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У	до +150	16	Холодная и горячая вода	130	6
	25	1,6 2,5 4,0 6,3 10	КПСР 1-25-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				160	8
	32	6,3 10 16	КПСР 1-32-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				180	11
	40	10 16 25	КПСР 1-40-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				200	15
	50	10 16 25 32 40	КПСР 1-50-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				230	17
	65	25 32 40 63	КПСР 1-65-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				290	25
	80	40 63 100	КПСР 1-80-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				310	33
	100	63 100 160	КПСР 1-100-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				350	40
	125	100 125 160 250	КПСР 1-125-XXX-1.2100-СЧ-1,6-1-150-У				400	52

Рисунок 17 – Технические характеристики клапана КПСР

3.4 Разработка схемы внешних проводок

Схема соединений внешних проводок - это комбинированная схема, на которой изображены электрические и трубные связи между приборами и средствами автоматизации, установленными на технологическом, инженерном оборудовании и коммуникациях (трубопроводах, воздухопроводах и т.д.), вне щитов и на щитах, а также связи между щитами, пультами, комплексами или отдельными устройствами комплексов. [4]

Аналоговые сигналы 4 - 20 мА, приходящие со всех датчиков и исполнительных механизмов, по контрольным кабелям поступают в клеммные соединительные коробки, откуда они попадают на щит оператора. Клеммная соединительная коробка (КСК) предназначена для соединения кабелей при монтаже различного технологического оборудования. В качестве клемно-соединительных коробок были выбраны КСК-16 и КСК-10 на 16 и 10 контактов.

Для передачи сигналов используются 2 клеммы для исполнительных механизмов и датчиков за исключением датчиков температуры, для которых взято 4 клеммы. В качестве контрольных кабелей, передающих сигнал от первичных преобразователей, возьмем кабель КВВГ, который соответствует

ГОСТ 1508-78. Данные кабели представляют собой кабели с медной жилой, изоляция, которых состоит из поливинилхлоридного пластика.

КВВГ предназначены для неподвижного присоединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 660 В номинальной частотой до 100 Гц или постоянным напряжением до 1000 В, для прокладки в помещениях, каналах, тоннелях, при отсутствии механических воздействий на кабель.

Количество жил в кабеле выберем равным 4 при соединении приборов с КСК и равным 19 при соединении КСК с щитом КИПиА, неиспользуемые жилы являются резервными.

Полученная схема соединения внешних проводок приведена в приложение Г.

3.5 Выбор алгоритмов управления

В автоматизированной системе на разных уровнях управления могут использоваться различные алгоритмы:

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования (релейные пусковые схемы) (реализуются на ПЛК и SCADA-форме),
- релейные или ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования (управление положением рабочего органа, регулирование расхода, уровня и т. п.) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы автоматической защиты (ПАЗ) (реализуются на ПЛК),
- алгоритмы централизованного управления АС (реализуются на ПЛК и SCADA- форме) и др. [4]

В данном проекте разработаны следующие алгоритмы:

- алгоритм пуска/останова технологического оборудования,
- алгоритм сбора данных измерений,
- алгоритм автоматического регулирования технологическим параметром.

Для представления алгоритма пуска/останова и сбора данных будем использовать правила ГОСТ 19.002.

Алгоритм пуска/останова технологического оборудования представлен в приложении 3.

3.5.1 Алгоритм сбора данных измерений

В качестве канала измерения выберем канал измерения давления. Для этого канала разработаем алгоритм сбора данных измерений, который представлен в приложение К.

Суть данного алгоритма в формировании аналогового сигнала внутри датчика давления, передача на местный щит управления в контроллер, выработка управляющих сигналов в случае превышения уставок и передача их на насос, передача сигнала измерения в SCADA систему TRACE MODE, где происходит мониторинг оператором.

3.6 Разработка алгоритма автоматического регулирования технологического параметра

3.6.1 Обзор методов регулирования расхода

В системах регулирования расхода жидкости применяются следующие методы:

- регулирование, при котором в нагнетательный трубопровод подается воздух;
- дроссельное регулирование;

- регулирование с помощью возврата жидкости из напорного трубопровода во всасывающий (байпасирование), данный метод можно отнести к дросселированию;

- регулирование путем изменения скорости вращения лопастей насоса (частотный метод);

Регулирование, при котором в нагнетательный трубопровод подается воздух может вызвать кавитацию. Кавитация – это процесс парообразования и последующего схлопывания пузырьков пара в потоке жидкости, сопровождающийся шумом и гидравлическими ударами. При пуске воздуха в нагнетательный трубопровод КПД насоса уменьшается тем больше, чем больше подается воздух. Данный метод регулирования более экономичен, чем метод дросселирования, но он не распространен на производстве. Данный метод не подходит для наше САР, так как в системе не должно быть воздуха, потому что расходомер будет показывать не правильный расход жидкости.

Метод регулирования расхода с помощью дросселирования делится на два вида:

- дросселирование на всасывание;
- дросселирование на нагнетание.

При использовании дросселирования на всасывании, уменьшают подачу, что повышает вакуум в насосе, это способствует увеличению возможности появления кавитации. Поэтому данный метод не рекомендуется для использования.

На рисунке 19 представлен метод дросселирования на нагнетании.

Регулирование расхода после центробежного насоса 4 осуществляется регулирующим клапаном 2, который установлен на нагнетающем трубопроводе. Сигнал с расходомера 1 поступает в контроллер 3, далее контроллер выдает управляющий сигнал на регулирующий клапан, который открывается или закрывается. Использование данного метода недопустимо для поршневого насоса, потому что клапан может полностью закрыться и это приведет к разрыву

трубной обвязки. При дроссельном регулировании уменьшается КПД насоса и увеличивается давление внутри системы.

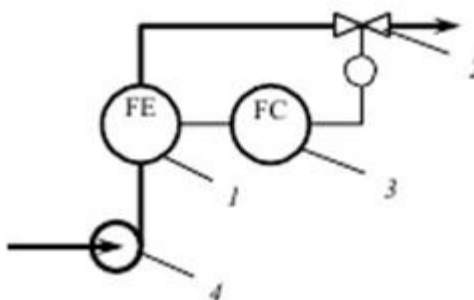


Рисунок 19 – Дроссельное регулирование

Регулирование с помощью возврата жидкости из напорного трубопровода во всасывающий, изображен на рисунке 20. Это один из видов дроссельного регулирования, который используется для поршневых насосов. Данный метод регулирования имеет низкую экономичность.

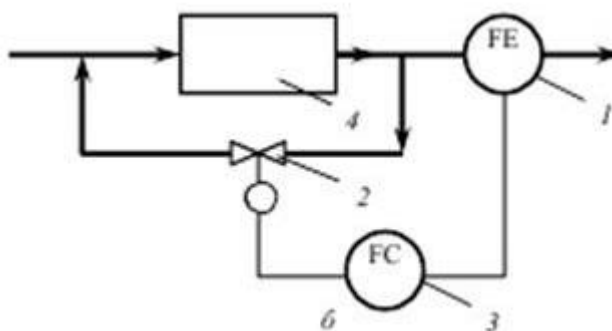


Рисунок 20 – Байпасное регулирование

Следующий метод регулирования расхода – это метод регулирования путем изменения частоты. Частоту вращения можно изменить путем:

- переключением обмотки статора на различное число полюсов;
- включение реостата в цепь ротора электродвигателя;
- изменением частоты тока;
- использованием муфты скольжения между насосом и электродвигателем.

Наиболее современным является метод с использованием преобразователя частоты. Данный метод позволяет плавно регулировать скорость вращения насоса. При частотном регулировании экономится электроэнергия и повышается

ресурс оборудования, а также снижается давление в напорном трубопроводе, которое уменьшает вероятность разрыва.

3.6.2 Метод Циглера - Никольса

В настоящее время существует множество методов настройки промышленных регуляторов, однако наибольшее распространение получил метод Циглера – Никольса.

Этот метод, предложенный в 1943 г., относится к эмпирическим и основан на использовании данных, полученных экспериментально на реальном объекте. Наибольшую известность получили два варианта настройки параметров регулятора по методу Циглера–Никольса.

Первый вариант основан на использовании запасов устойчивости. В этом варианте процедура настройки начинается с экспериментального исследования системы, состоящей из П-регулятора и заданного объекта регулирования. Коэффициент передачи П-регулятора увеличивается до тех пор, пока на выходе системы не установятся колебания с постоянной амплитудой колебаний, то есть система не окажется на границе устойчивости. Фиксируется и обозначается через k_{Π}^* значение коэффициента передачи регулятора, при котором система находится на границе устойчивости. Измеряется период T^* установившихся в системе колебаний.

Значения параметров регулятора выбранного типа рассчитываются по формулам, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры типовых регуляторов

	k_{Π}	$k_{\text{и}}$	$k_{\text{д}}$
П – регулятор	$0,5k_{\Pi}^*$		
ПИ – регулятор	$0,45k_{\Pi}^*$	$0,5k_{\Pi}^*/T^*$	
ПИД – регулятор	$0,6k_{\Pi}^*$	$1,2k_{\Pi}^*/T^*$	$0,075k_{\Pi}^* \cdot T^*$

Недостатком этого варианта метода Циглера–Никольса является необходимость выводить систему на границу устойчивости, что для многих объектов управления делать не рекомендуется.

Во втором варианте метода Циглера–Никольса используется реакция объекта на ступенчатое изменение управляющего воздействия. Эту характеристику объекта обычно называют кривой разгона. Объекты управления, имеющие апериодическую кривую разгона, представляются в виде последовательного соединения апериодического и запаздывающего звеньев.

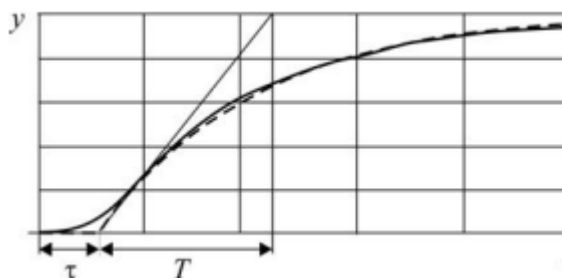


Рисунок 21 – Реакция объекта управления на ступенчатое воздействие

В этом случае передаточная функция объекта имеет вид

$$W(s) = \frac{k}{Ts + 1} \cdot e^{-\tau \cdot s}$$

где k – коэффициент передачи;

τ – время запаздывания;

T – постоянная времени.

Значения параметров регулятора рассчитываются непосредственно по значениям параметров k , τ и T . Формулы для расчёта параметров регулятора приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры типовых регуляторов

	k_{Π}	k_i	k_d
П	$T/k\tau$		
ПИ	$0,9T/k\tau$	$0,3T/k\tau^2$	
ПИД	$1,2T/k\tau$	$0,6T/k\tau^2$	$0,6T/k$

Регуляторы, параметры которых рассчитаны по методу Циглера–Никольса, не всегда обеспечивают требуемое качество процесса регулирования. Как правило, требуется дополнительная подстройка их параметров. Несмотря на это, метод Циглера–Никольса и некоторые его модификации весьма популярны,

и многие производители регуляторов рекомендуют их для настройки регуляторов [5].

3.6.3 Реализация методов регулирования расхода

В данном разделе будем производить регулирования расхода методом дросселирования на нагнетающем трубопроводе и частотным методом.

Регулирование расхода было проведено на учебном стенде, который состоит из:

- АРМ (компьютер с ПО);
- ПЛК ОВЕН 150АМ;
- Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ1;
- Насос центробежный Pedrollo PV55;
- Датчик расхода Atrato 760;
- Регулирующий шаровой клапан GH100-1;
- Бак с водой;
- Трубная обвязка.

Учебный стенд изображен на рисунке 22.

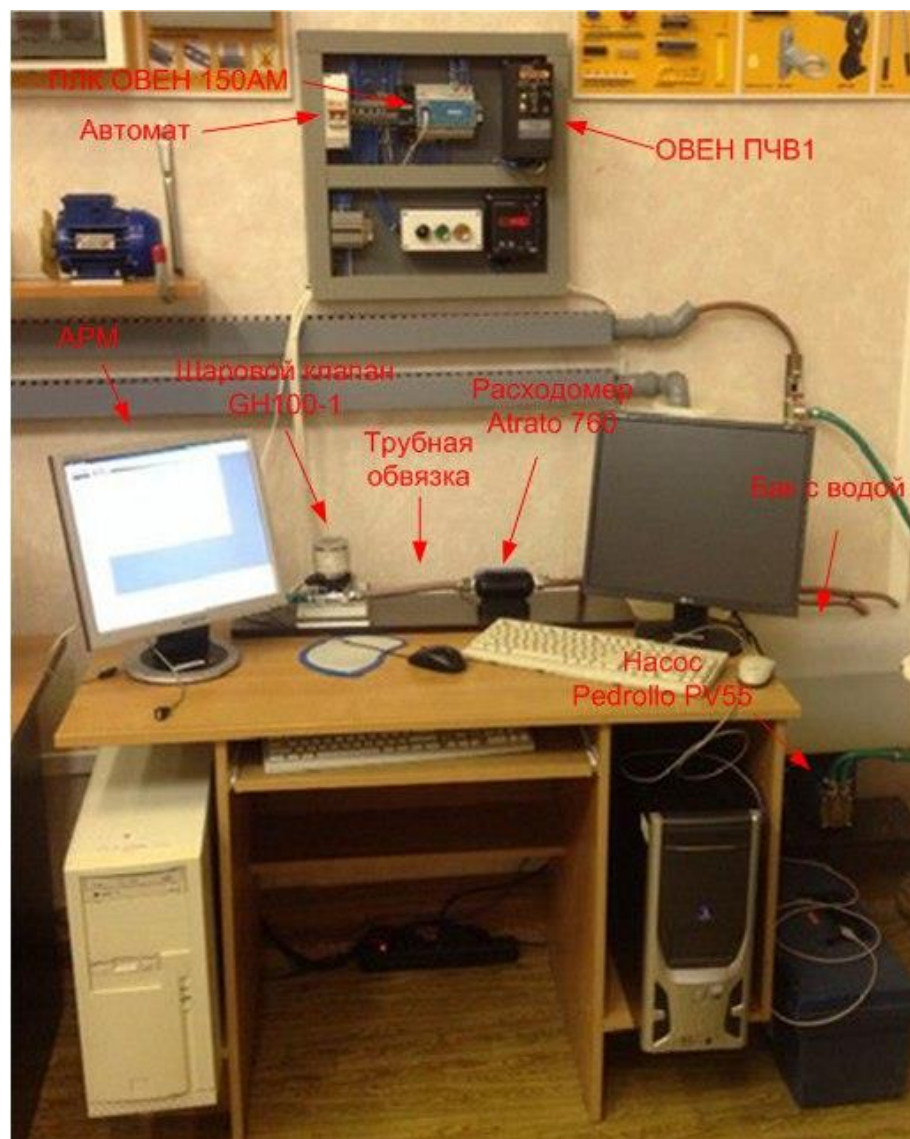


Рисунок 22 – Учебный стенд

Учебный стенд работает следующим образом. С помощью АРМ задается нужное значение расхода воды, далее ПЛК ОВЕН 150АМ выдает управляющий сигнал на частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ1 или на шаровой клапан, после чего происходит регулирование расхода в зависимости от выбранного метода регулирования. Если выбран частотный метод, то регулирования производится с помощью частотного преобразователя ОВЕН ПЧВ1. В противном случае, регулирование происходит с помощью клапана.

Написание программ регулирования осуществлялась в среде разработки CoDeSys v.2.3. Несколько слов о среде разработки CoDeSys. Основой комплекса CODESYS является среда разработки прикладных программ для программируемых логических контроллеров (ПЛК). Она распространяется

бесплатно и может быть без ограничений установлена на нескольких рабочих местах.

В CODESYS для программирования доступны все пять определяемых стандартом IEC 61131-3 (МЭК 61131-3) языков:

- IL(Instruction List) ассемблер-подобный язык;
- ST(Structured Text) Pascal-подобный язык;
- LD(Ladder Diagram) Язык релейных схем;
- FBD(Function Block Diagram) Язык функциональных блоков;
- SFC(Sequential Function Chart) Язык диаграмм состояний.

В дополнение к FBD поддержан язык программирования CFC (Continuous Function Chart) с произвольным размещением блоков и расстановкой порядка их выполнения.

В CODESYS реализован ряд других расширений спецификации стандарта IEC 61131-3. Самым существенным из них является поддержка объектно-ориентированного программирования (ООП).

Встроенные компиляторы CODESYS генерируют машинный код (двоичный код), который загружается в контроллер. Поддерживаются основные 16- и 32-разрядные процессоры: Infineon C166, TriCore, 80x86, ARM (архитектура), PowerPC, SH, MIPS (архитектура), Analog Devices Blackfin, TI C2000/28x и другие.[15]

3.6.4 Регулирование расхода методом дросселирования

На следующем этапе работы была написана программа управления расходом жидкости на основе широтно-импульсного регулирования в среде разработки CoDeSys v.2.3, проанализировано влияние периода ШИМ на качество регулирования и показатели переходного процесса, а также готовая программа протестирована на учебном стенде.

Пользовательская программа в среде CoDeSys реализована на языке ST и представлена в Приложении К.

SAW – экземпляр блока-генератора, который генерирует несущий пилообразный сигнал. Период пилообразного сигнала составляет 3,5 секунды.

SAW_REG – значения пилообразного сигнала, FLOW1 – значение расхода, приведенное в постоянный ток в диапазоне 4-20 мА, SET_POINT – уставка.

Алгоритмически, суть программы заключается в том, что когда значение расхода выше уставки, при пересечении «пилы» значения уставки на клапан подается сигнал «заккрыть» и держится до тех пор, пока значение пилы не превысит расход. Когда расход ниже требуемого, ситуация обратная.

Процесс регулирования представлен на рисунке 23.

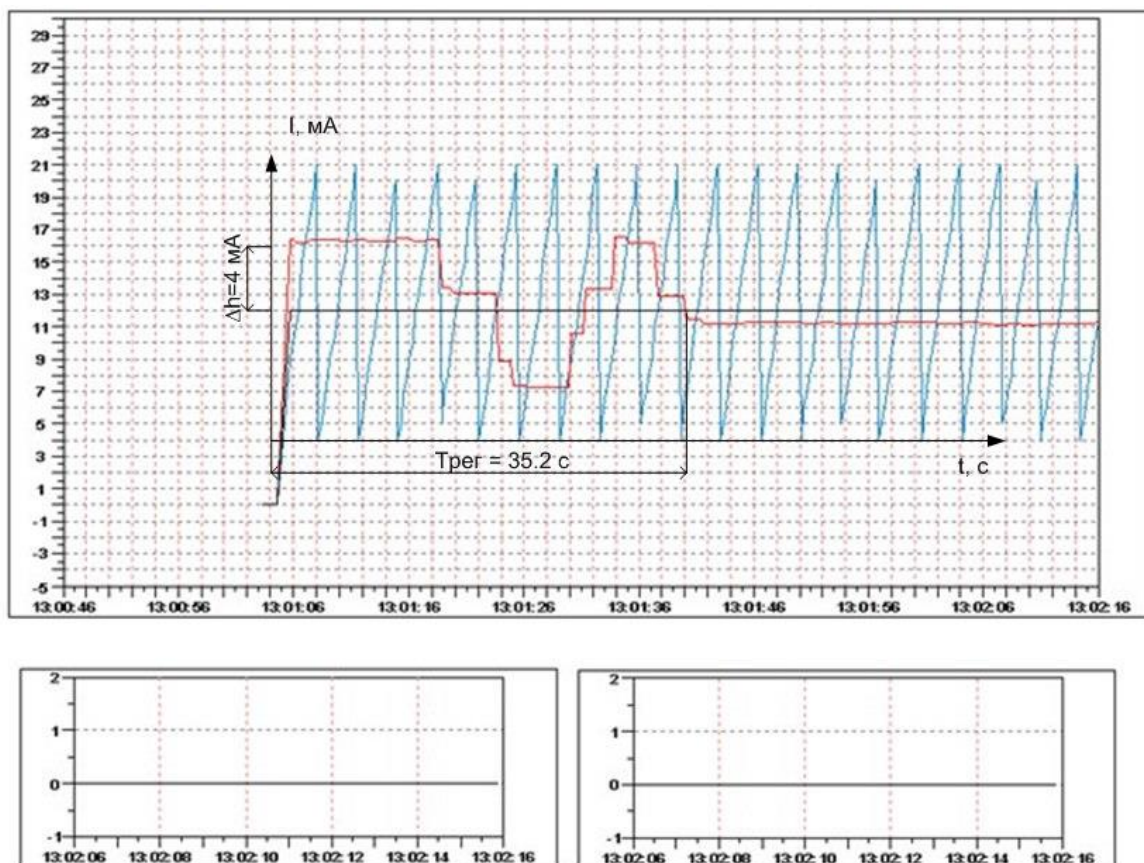


Рисунок 23 – Процесс регулирования

Стоит отметить, что период ШИМ влияет на качество регулирования. С ростом периода, сигналы «открыть» и «заккрыть» будут держаться на клапане пропорционально дольше, что способствует более быстрому изменению расхода, однако также растет показатель перерегулирования. Уменьшая период,

имеем более точную настройку, однако процесс будет характеризоваться большим временем регулирования.

В данном случае из графика видно, что время регулирования составляет порядка 35,2 секунды, это довольно большое. Рассчитаем значение перерегулирования. С датчика расхода поступает сигнал 4-20мА, а диапазон расхода насоса 0-10 л/мин. Рассчитаем какой расход соответствует 1мА:

$$\frac{10}{20 - 4} = 0,625 \text{ л/мин.}$$

Уставка равна 12мА, что соответствует расходу 5 л/мин. Максимальное значение расхода составило 16мА или 7,5 л/мин. Значение перерегулирование рассчитывается по формуле:

$$\sigma = \frac{F_{max} - F_{set}}{F_{set}} = \frac{7,5 - 5}{5} = 0.5 = 50.$$

Перерегулирование не должно превышать 30%, в данном случае перерегулирование составило 50 %, это не удовлетворяет поставленным требованиям.

3.6.5 Регулирование расхода частотным методом

В качестве регулируемого параметра технологического процесса выступает расход воды в трубной обвязке. Так как расход воды пропорционален скорости вращения ротора асинхронного двигателя, следовательно, встает вопрос о регулирование скорости вращения крыльчатки насоса.

Составим структурную схему системы автоматического управления на основе сделанных выводов (Рисунок 24).

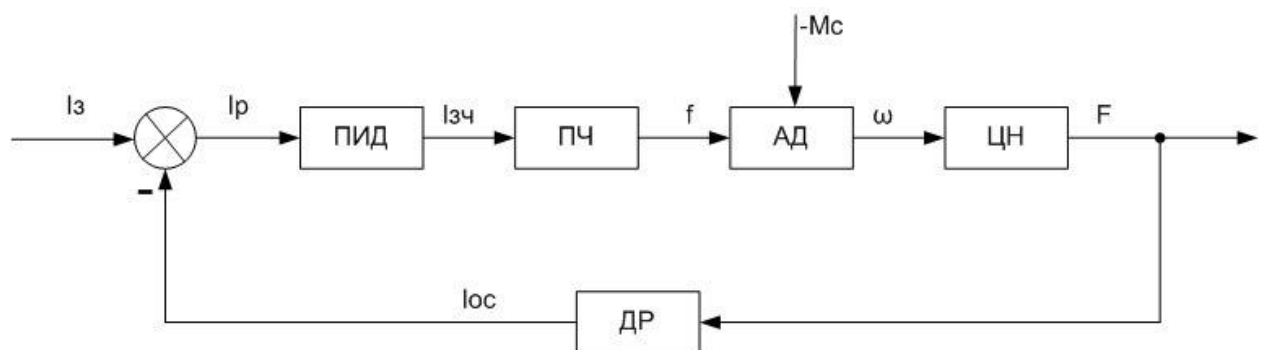


Рисунок 24 – Структурная схема технологического процесса

Система состоит из ПИД – регулятора, на вход которого подается сигнал рассогласования. Сигнал рассогласования получается из разности уставки и расхода на выходе, полученного с датчика расхода в обратной связи. Отклонение между уставкой и реальным значением расхода преобразуется ПИД – регулятором в сигнал задания частоты для преобразователя. Под воздействием сигнала задания частотный преобразователь изменяет скорость вращения асинхронного двигателя центробежного насоса и стремится привести отклонение значений расхода на выходе и уставки к нулю. Также в данной системе присутствует момент сопротивления ротора двигателя, который является возмущающим воздействием.

Итак, в качестве выходной величины принят расход воды. Выберем входной параметр, который отвечает за изменение скорости вращения ротора двигателя.

Известно, что скорость вращения ротора асинхронного двигателя зависит от частоты питающего напряжения:

$$n_2 = \frac{60 * f_1}{p} (1 - s),$$

где f_1 – частота питающего напряжения, p – число полюсов, s – скольжение.

Из данного выражения следует, что управлять скоростью ротора можно, изменяя частоту напряжения питания. Для выбора закона управления необходимо проанализировать передаточную функцию объекта относительно частоты питающего напряжения. Для этого определим передаточные функции каждого из звеньев.

Передаточную функцию частотного преобразователя ОВЕН ПЧВ1 можно представить в виде апериодического звена:

$$W(s)_{\text{ТП}} = \frac{k_{\text{ПЧ}}}{T_{\text{ПЧ}}s + 1},$$

где $k_{\text{ПЧ}}$ – эквивалентный передаточный коэффициент частотного преобразователя, $T_{\text{ПЧ}}$ – постоянная времени частотного преобразователя.

Передачный коэффициент частотного преобразователя определяется в статическом режиме при номинальном значении выходного воздействия по формуле:

$$k_{\text{пч}} = \frac{f_{\text{н}}}{I_{\text{вх.н}}},$$

где $f_{\text{н}}$ – частота на выходе частотного преобразователя, обеспечивающая номинальный режим работы асинхронного двигателя, $I_{\text{вх.н}}$ – управляющий ток на входе преобразователя частоты.

Поскольку управление частотным преобразователем осуществляется током 4-20 мА, а частоту двигателя необходимо изменять в диапазоне 0-50 Гц, то передаточный коэффициент частотного преобразователя равен:

$$k_{\text{пч}} = \frac{50}{20} = 2.5.$$

Постоянная времени частотного преобразователя определяется по формуле:

$$T_{\text{пч}} = T_{\phi} + \frac{1}{2 * m * f_{\text{н}}},$$

где T_{ϕ} – постоянная времени цепи системы импульсно-фазового управления частотного преобразователя, m – число фаз частотного преобразователя.

Значение постоянной времени цепи управления тиристорных преобразователей составляет 0.003-0.0005 с, поэтому при моделировании принято принимать значение T_{ϕ} из данного диапазона. С учетом относительной новизны выбранного частотного преобразователя принимаем минимальное значение $T_{\phi} = 0.003$ с. Поскольку преобразователь частоты осуществляет управление трехфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты $f_{\text{н}}$ составляет 50 Гц [18].

Постоянная времени частотного преобразователя равна:

$$T_{\text{пч}} = 0.003 + \frac{1}{2 * 3 * 50} = 0.003 + 0.0033 = 0.0063 \text{ с.}$$

Передающую функцию частотного преобразователя ОВЕН ПЧВ1 равна:

$$W(s)_{пч} = \frac{2,5}{0.0063 * s + 1}$$

Датчик расхода как элемент структурной схемы представляет собой безынерционное звено. При описании датчиков в большинстве случаев приемлемы следующие допущения:

- измерительное устройство является быстродействующим устройством и его инерционные свойства практически не сказываются на динамике системы в целом;
- рабочий участок характеристики преобразования измерительного устройства является линейным.

Отсюда можем получить передающую функцию ультразвукового расходомера Atrato 760:

$$W(s)_{др} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{20 - 4}{10} \approx 1,6.$$

где Δx – диапазон измерений расхода,

Δy – диапазон токового сигнала.

Передающая функция асинхронного двигателя представляется передающими функциями электромагнитной и механической частей, представленных апериодическим и интегрирующим звеньями, соединенными последовательно. Структурная схема асинхронного двигателя представлена на рисунке 25.

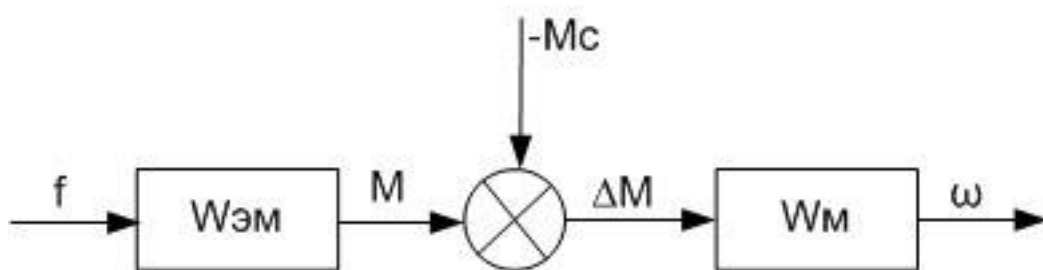


Рисунок 25 – Структурная схема асинхронного двигателя

По данной структурной схеме передающая функция асинхронного двигателя по управляющему воздействию равна [16]:

$$W(s)_{ад} = \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2 \frac{1}{(T_{эм} * s + 1)T_m + \left(\frac{\gamma}{v}\right)^2} = \frac{k_{ад}}{T_{эм} * T_m * s^2 + T_m * s + k_{ад}},$$

где $k_{ад}$ – коэффициент усиления асинхронного двигателя, $T_{эм}$ – электромагнитная постоянная времени двигателя, T_m – механическая постоянная времени двигателя, $\gamma = \frac{U_{1a}}{U_{1ан}}$ – отношение напряжения статора к номинальному, $v = \frac{f_1}{f_{1н}}$ – отношение частоты напряжения статора к номинальному.

Данная передаточная функция справедлива для случая, когда потокосцепление (сумма магнитных потоков статора) статора есть величина постоянная, т.е. одновременно с изменением частоты питающего напряжения изменяется и его величина в соответствии с выражением: $\frac{U_{1a}}{\omega_1} = const$. Следует отметить, что в современных преобразователях частоты реализован механизм поддержания постоянного потокосцепления, поэтому передаточная функция может быть использована для описания АД.

В [17] приведены выражения для вычисления постоянных времени для передаточной функции АД, но на практике проще их получить методом идентификации и использовать далее для получения передаточной функции регулятора.

Определим передаточную функцию центробежного насоса. В разветвленной гидросистеме это колебательное звено, в одиночных трубопроводах – апериодическое. Для общего случая передаточная функция равна:

$$W(s)_{цн} = \frac{k_m}{T_1^2 s^2 + T_2 s + 1} e^{-s\tau},$$

Т.к. колебательные процессы слабо выражены вследствие большой инерционности объекта, можно понизить порядок передаточной функции:

$$W(s)_{цн} = \frac{k_m}{T_1 s + 1} e^{-s\tau},$$

где k_m – коэффициент усиления центробежного насоса,

T_1 – постоянная времени насоса, τ – время запаздывания насоса.

Параметры передаточной функции зависят от каждого конкретного случая, поэтому их получают методом идентификации.

Запишем передаточную функцию объекта управления:

$$W(s)_{ou} = \frac{k_m * k_{ад}}{(T_1 s + 1)(T_{эм} * T_m * s^2 + T_m * s + k_{ад})} e^{-s\tau}.$$

Анализируя передаточную функцию видно, что она имеет четвертый порядок. Это означает, что регулятор должен иметь возможность отслеживать ошибку по ускорению, что не представляется возможным во встроенных частотный преобразователь ПИД – закона управления. Кроме того, использование даже дифференциальной составляющей в трубной системе может сильно ухудшить устойчивость из-за отработки кратковременных возмущений, связанных с отражением воды от стенок труб. Таким образом, целесообразно использовать ПИ – регулятор с точки зрения обеспечения максимальной устойчивости, но в этом случае ухудшится время регулирования.

Передаточная функция ПИ – регулятора:

$$W(s)_p = k_p \left(1 + \frac{1}{T_u s} \right),$$

где k_p – коэффициент усиления пропорциональной составляющей, T_u – постоянная времени интегрирования.

Рассчитаем передаточную функцию объекта управления методом идентификации. Для этого была получена кривая разгона. Кривая разгона представляет собой реакцию системы на входное ступенчатое воздействие – переходную характеристику системы $h(t)$.

Для снятия кривой разгона нужно подать ступенчатое воздействие. Ступенчатое воздействие представляет собой изменение частоты питающего напряжения насоса от 0 до 50 Гц, что эквивалентно изменению производительности насоса 10 л/мин.

На рисунке 26 представлена кривая разгона объекта управления.

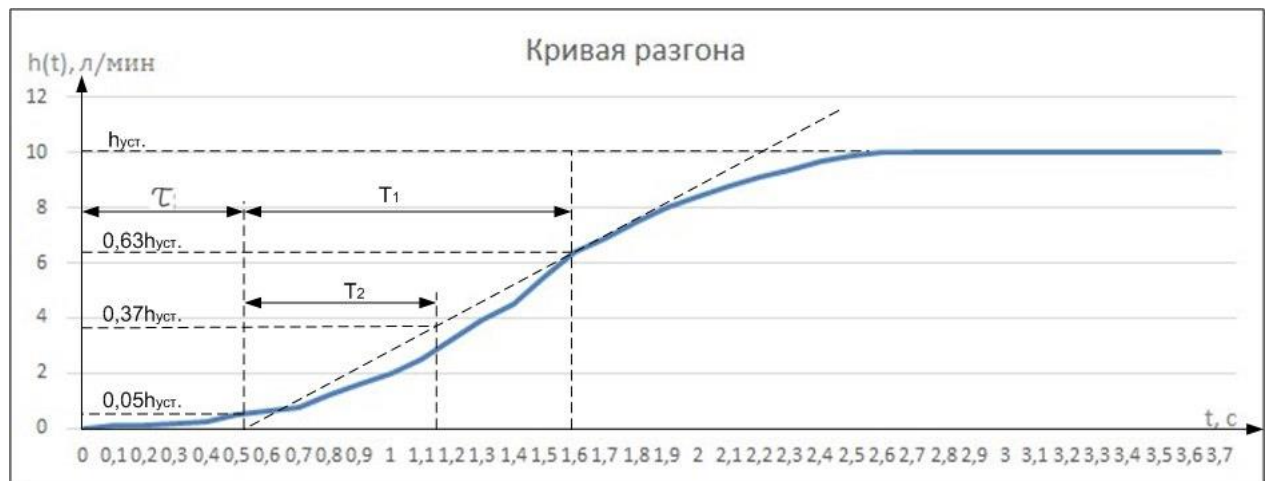


Рисунок 26 – Кривая разгона объекта управления

Передаточную функцию объекта управления можно описать апериодическим звеном второго порядка с запаздыванием:

$$W(s)_{\text{ou}} = \frac{k}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\tau s}$$

Для определения постоянной времени T_1 начальный участок кривой разгона аппроксимируют линейной зависимостью до пересечения с осью ординат, считая процесс апериодическим первого порядка. Берем за начало отсчета точку пересечения с осью ординат. Постоянная времени объекта T_1 определяется как отрезок времени, за которое переходная функция достигает 63% своей установившейся величины. Постоянная времени объекта $T_1 = 1,1$ с.

Постоянную времени T_2 определяем путем идентификации начального участка переходной кривой, находя момент времени, в который разгонная характеристика достигает приблизительно 37% своего установившегося значения. Постоянная времени $T_2 = 0,6$ с.

Время запаздывания τ — это интервал времени от момента подачи входного сигнала до момента начала «движения» системы под воздействием ступенчатого входного сигнала. В течение этого интервала времени входной сигнал не равен нулю, а система находится в состоянии покоя, при условии, что до момента действия входного сигнала, объект находится в равновесном состоянии и в нем отсутствует запасенная энергия.

По кривой разгона определяется время запаздывания $\tau = 0,5$ с.

Коэффициент усиления определяется как отношение установившегося значения выходной величины к величине ступенчатого входного сигнала, вызвавшего это изменение[19]:

$$k = \frac{10}{50} = 0,2.$$

С учетом полученных значений запишем передаточную функцию объекта управления:

$$W(s)_{\text{оу}} = \frac{0,2}{(1,1s + 1)(0,6s + 1)} e^{-0.5s} = \frac{0,2}{0,66s^2 + 1.7s + 1} e^{-0.5s}.$$

Точный теоретический расчет параметров регулятора, при которых будет выполняться условие устойчивости и требования к заданным показателям качества, выполнить практически невозможно из-за специфики объекта. Тем не менее, существуют методики расчета приблизительных параметров регулятора для передаточных функций объектов до третьей степени. Для расчета параметров ПИ - регулятора был использован метод Цигера-Никольса. В одном из вариантов настройки коэффициентов регулятора этим методом используются коэффициенты передаточной функции объекта k , T_0 и τ , определённые по кривой разгона. Формулы для расчета параметров регулятора представлены в таблице 6 [20], где T_0 – наибольшая постоянная времени из T_1 и T_2 . Введены следующие новые обозначения $k_i = 1/T_i$, $k_d = T_d$.

Таблица 6 – Параметры настройки типовых регуляторов

	k_{Π}	T_i	T_d
П	$T_0/k\tau$		
ПИ	$0,9T_0/k\tau$	$0,3T_0/k\tau^2$	
ПИД	$1,2T_0/k\tau$	$0,6T_0/k\tau^2$	$0,6T_0/k$

Результаты вычислений коэффициентов ПИ - регулятора приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Полученные настройки регулятора

	k_{Π}	T_i	T_d
ПИ	9,9	0,153	

Структурная схема системы смоделирована в программе Matlab. Пакет программ Matlab предназначен для аналитического и численного решения различных математических задач, а также для моделирования электрических и электромеханических систем. Matlab является интерактивной системой для выполнения научных и инженерских расчетов.

На рисунке 27 показана схема модели системы, полученная в программе Matlab.

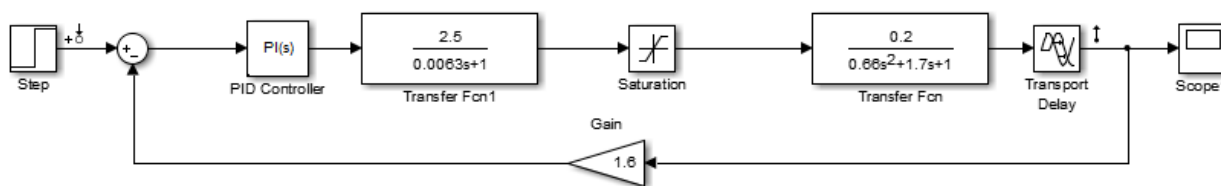


Рисунок 27 – Модель системы в программе Matlab

Результат моделирования системы с полученными настройками регулятора изображен на рисунке 28.

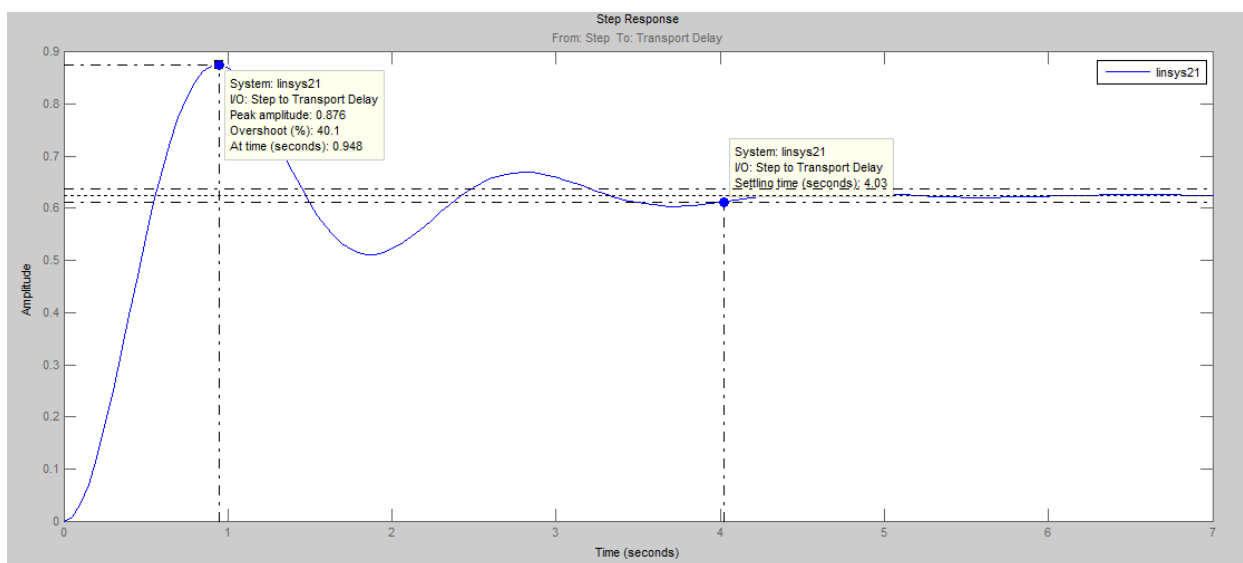


Рисунок 28 – График переходного процесса с полученными настройками

Для анализа переходных процессов и оценки качества регулирования используется время переходного процесса и перерегулирование. Из графика видно, что время регулирования составляет порядка 4,03 секунды, но перерегулирование составляет 40,1 %, это не удовлетворяет поставленным требованиям. Следовательно, требуется корректировка коэффициентов ПИ – регулятора. При увеличении пропорционального коэффициента увеличивается быстродействие и снижается запас устойчивости, с уменьшением интегральной

составляющей ошибка регулирования с течением времени уменьшается быстрее и уменьшается запас устойчивости.

Произведя корректировку, получили значения коэффициентов $k_n = 1,5$ и $T_i = 0,769$. График переходного процесса изображен на рисунке 29.

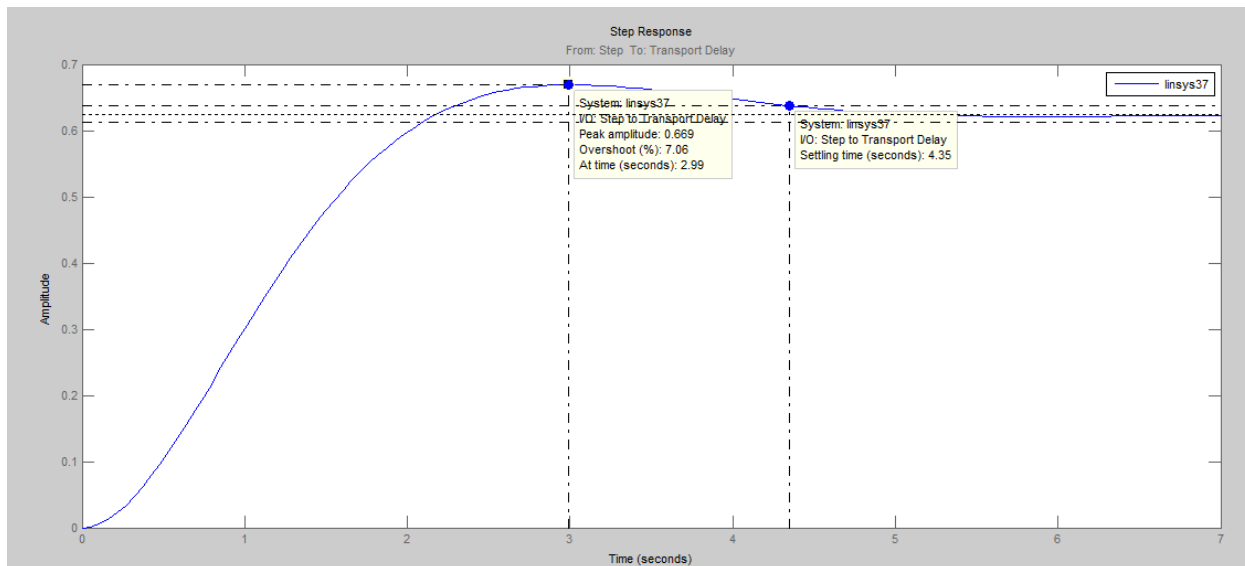


Рисунок 29 – График переходного процесса после корректировки коэффициентов

После корректировки видно, что время регулирования составляет порядка 4,35 секунды, а перерегулирование - 7,06 %, это удовлетворяет поставленным требованиям.

Завершающим этапом настройки контура регулирования является применение рассчитанных коэффициентов промышленных регуляторов, оценка качества переходных процессов, а соответственно и качества управления. Кроме того, завершающий этап настройки контура включает в себя и ручную подстройку коэффициентов, если это необходимо.

На данном этапе было произведено тестирование полученных данных на учебном стенде. На рисунке 30 представлен график регулирования расхода после корректировки коэффициентов $k_n = 1,45$ и $T_i = 0,859$.

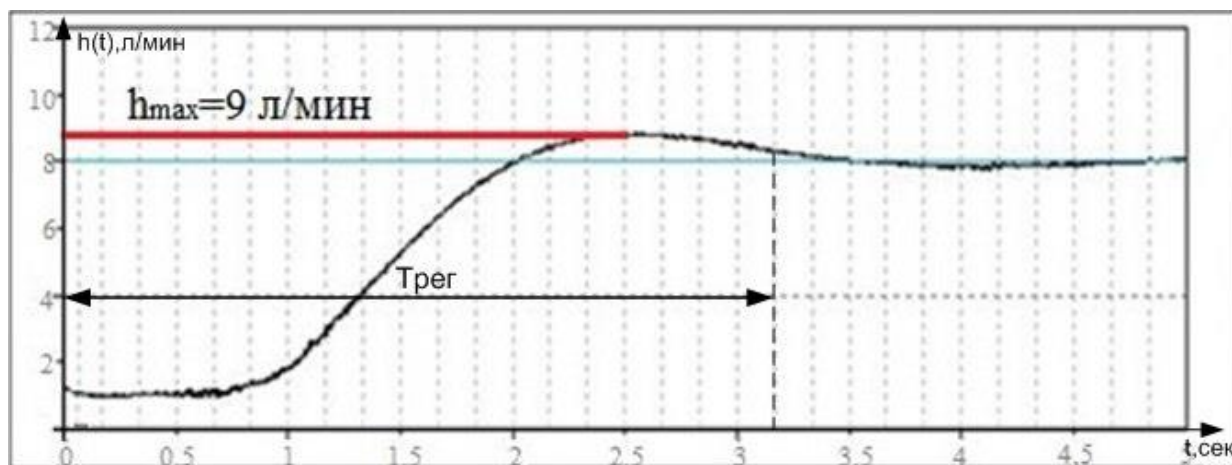


Рисунок 30 – График регулирования расхода после корректировки коэффициентов

Как видно из рисунка 30, в результате применения настроек регулятора и получения переходной характеристики имеем сходящийся устойчивый колебательный процесс, время регулирования составляет порядка 3,1 секунды, а перерегулирование составляет 12,5 %, это удовлетворяет поставленным требованиям.

3.7 Экранные формы АС

SCADA система TRACE MODE по своей функциональности давно уже переросла рамки традиционной SCADA, и, тем не менее, SCADA это по-прежнему наиболее востребованная ее часть. Помимо обязательных для любой SCADA системы функций TRACE MODE 6 имеет ряд особенностей, которые выделяют ее из общей массы аналогичных программных продуктов класса SCADA/HMI.

Прежде всего, это единая интегрированная среда разработки, объединяющая в себе более 10 различных редакторов проекта АСУ ТП и АСУП. Функции SCADA/HMI в TRACE MODE 6 так органично слиты с SOFTLOGIC системой программирования контроллеров и экономическими модулями T-FACTORY (MES-EAM-HRM), что зачастую трудно провести между ними четкую грань.

Для программирования алгоритмов управления технологическими процессами в SCADA системе TRACE MODE 6 поддержаны все 5 языков международного стандарта IEC 61131-3 (визуальные и процедурные языки), снабженные средствами отладки. Такой широкий диапазон средств программирования позволяет специалисту любого профиля выбрать для себя наиболее подходящий инструмент реализации любых задач АСУ ТП и АСУП.

SCADA TRACE MODE 6 обладает собственной высокопроизводительной промышленной СУБД реального времени SIAD/SQL 6 оптимизированной на быстрое сохранение данных. Архивные данные SIAD/SQL 6 не только быстро сохраняются, но и подвергаются статистической обработке в реальном времени, а также могут отображаться на мнемосхемах SCADA и использоваться в программах наравне с данными реального времени. SCADA также имеет встроенный генератор отчетов.

Особое внимание в SCADA TRACE MODE 6 уделено возможностям интеграции с базами данных и другими приложениями. Поэтому в эту SCADA встроена поддержка наиболее популярных программных интерфейсов: ODBC, OPC, DDE. Для облегчения настройки взаимодействия с внешними базами

данных в интегрированную среду разработки TRACE MODE встроен редактор SQL-запросов. Кроме того, существует возможность подключения компонентов ActiveX, что свидетельствует о высокой степени открытости SCADA-системы TRACE MODE 6.

TRACE MODE является SCADA/HMI системой, система разработки и технической поддержки которой сертифицирована на соответствие ISO 9001:2000. [15]

Основные возможности SCADA-систем:

- сбор первичной информации от устройств нижнего уровня;
- архивирование и хранение информации для последующей обработки (создание архивов событий, аварийной сигнализации, изменения технологических параметров во времени, полное или частичное сохранение параметров через определенные промежутки времени);
- визуализация процессов;
- реализация алгоритмов управления, математических и логических вычислений (имеются встроенные языки программирования типа VBasic, Pascal, C и др.), передача управляющих воздействий на объект;
- документирование, как технологического процесса, так и процесса управления (создание отчетов), выдача на печать графиков, таблиц, результатов вычислений и др.;
- сетевые функции (LAN, SQL);
- защита от несанкционированного доступа в систему;
- обмен информацией с другими программами (например, Outlook, Word и др. через DDE, OLE и т.д.).

Экранные формы водопроливной установки приведены в приложение М

.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ. Сведём все данные в таблицу 8.

Таблица 8 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участия исполнителей

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1. Постановка целей и задач исследования	НР, С	НР – 80% С – 20%
2. Обзор научной литературы	С	С – 100%
3. Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	НР – 20% С – 80%
4. Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	НР – 30% С – 70%
5. Разработка схем: структурной, функциональной, внешних проводок	НР, С	НР – 10% С – 90%
6. Выбор архитектуры и алгоритмов управления	НР, С	НР – 20% С – 80%
7. Проведение исследования по тематике работы	С	С – 100%
8. Обработка полученных результатов	НР, С	НР – 20% С – 80%
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100%
10. Оформление графического материала	С	С – 100%
11. Подведение итогов	НР	НР – 100%

На первом этапе происходит постановка цели и задачи исследования – модернизация автоматизированной системы управления поверочной водопрливной установки. Тематика выбирается научным руководителем и обсуждается со студентом.

На втором этапе студент производит поиск научной литературы по предоставленной тематике для ознакомления и изучения необходимого материала. В дальнейшем данный материал будет использоваться для проведения исследований и разработки устройства.

На третьем этапе студент совместно с научным руководителем разрабатывают техническое задание (ТЗ). Данный документ является основополагающим при проведении дальнейшего исследования и разработки.

На четвертом этапе реализуется календарный план выполнения работ, обусловленный сроком обучения в магистратуре.

На пятом этапе студент занимается разработкой функциональной, структурной и схем внешних проводок данной установки. Данные схемы показывают общую структуру устройства и связи между его компонентами. В дальнейшем модернизация установки будет основываться на данных документах.

На шестом этапе производится выбор архитектуры и алгоритмов управления. Затем студент начинает выполнение исследовательской части работы (седьмой этап) – в данном случае исследование заключается в достижении требуемых показателей качества переходного процесса.

На восьмом, девятом и десятом этапе студент, под руководством научного руководителя занимается интерпретацией и обработкой результатов, а также оформлением расчетно-пояснительной записки и графического материала (графические материалы результатов исследования, презентация проекта).

Одиннадцатый этап заключается в подведении итогов проведенной работы, получении студентом обратной связи от научного руководителя и комиссии на защите дипломного проекта.

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Так как отсутствует нормативная база по проводимым работам, а также достоверная информация о процессе выполнения подобных работ иными исполнителями, воспользуемся экспертным способом оценки продолжительности выполнения запланированных работ.

Произведем оценку минимального и максимального времени выполнения каждого из этапов. Рассчитаем ожидаемое время выполнения работ, воспользовавшись формулой:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5},$$

где $t_{ож\,i}$ – ожидаемое время выполнения i -го этапа работ в чел.-дн., $t_{\min}$ – минимальная продолжительность работы, дн.; $t_{\max}$ – максимальная продолжительность работы, дн.

Ожидаемое, минимальное и максимальное время исполнения в предложенной выше формуле, оцениваются в рабочих днях на человека. Произведем перевод этих величин в календарные дни, воспользовавшись следующей формулой:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К},$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях; $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$); $T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$); $T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

$$T_{К} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,48$$

В свою очередь рабочие дни рассчитываются по следующей формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д},$$

K_{BH} – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{BH} = 1$; $KД$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($KД = 1–1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Для простоты расчетов примем $KД$ и K_{BH} , равными единице. Тогда формула для расчета календарных дней преобразуется в следующую:

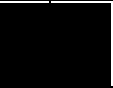
$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K = t_{ож} \cdot T_K = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5} \cdot 1,48$$

Воспользовавшись данными из таблицы 1, приведенными выше формулами, произведем расчет продолжительности выполнения работ научным руководителем и студентом в календарных днях. Результаты расчетов представлены в таблице 9. На основе данной таблице составим линейный график работ, представленный в таблице 10.

Таблица 9 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.-дн.			
					ТРД		Т _{кд}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	С	НР	С
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Постановка целей и задач исследования	НР, С	4	5	4,4	3,52	0,88	5,2096	1,3024
2. Обзор научной литературы	С	7	10	8,2	0	8,2	0	12,136
3. Разработка технического задания (ТЗ)	НР, С	30	40	34	6,8	27,2	10,064	40,256
4. Разработка календарного плана выполнения работ	НР, С	6	8	6,8	2,04	4,76	3,0192	7,0448
5. Разработка схем: структурной, функциональной и внешних проводок	НР, С	7	14	9,8	0,98	8,82	1,4504	13,0536
6. Выбор архитектуры и алгоритмов управления	НР, С	15	25	19	3,8	15,2	5,624	22,496
7. Проведение исследования по тематике работы	С	8	12	9,6	0	9,6	0	14,208
8. Обработка полученных результатов	НР, С	7	10	8,2	1,64	6,56	2,4272	9,7088
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	14	18	15,6	0	15,6	0	23,088
10. Оформление графического материала	С	4	8	5,6	0	5,6	0	8,288
11. Подведение итогов	НР	4	5	4,4	4,4	0	6,512	0
Итого:				125,6	23,18	102,42	34,3064	151,5816

Таблица 10 – Линейный график работ

Этап	НР	С	Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Март			Апрель			Май
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160
1	5,21	1,3																
2	0	12,14																
3	10,06	40,26																
4	3,02	7,05																
5	1,45	13,05																
6	5,62	22,5																
7	0	14,21																
8	2,43	9,71																
9	0	23,1																
10	0	8,29																
11	6,51	0																

НР – ; С – 

4.1.2 Расчет накопления готовности проекта

Произведем оценку текущих результатов работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего этапа выполнен общий объем работ по проекту в целом. Степень готовности будет рассчитываться по следующей формуле:

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

- где TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении; $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоемкость проекта; TP_i^H – накопленная трудоемкость i -го этапа проекта по его завершении; TP_{ij} (TP_{kj}) – трудоемкость работ, выполняемых j -м участником на i -м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, $m = 2$.

Таблица 11 – Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этапы работы	TP_i , %	CG_i , %
1. Постановка целей и задач исследования	3,5	3,5
2. Обзор научной литературы	6,53	10,03
3. Разработка технического задания (ТЗ)	27,07	37,1
4. Разработка календарного плана выполнения работ	5,42	42,52
5. Разработка схем: структурной, функциональной и внешних проводок	7,8	50,32
6. Разработка принципиальной эл. схемы и выбор компонентов	15,13	65,45
7. Проведение исследования по тематике работы	7,64	73,09
8. Обработка полученных результатов	6,53	79,62
9. Оформление расчетно-пояснительной записки	12,43	92,05
10. Оформление графического материала	4,45	96,5
11. Подведение итогов	3,5	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;
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные расходы) расходы.

В ходе выполнения проекта отсутствуют расходы на командировочные, услуги связи, услуги сторонних организаций и арендная плата за пользование имуществом. Таким образом основу расходов данного проекта составляют:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию;
- амортизационные отчисления;
- прочие (накладные расходы) расходы.

4.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования.

На первом этапе работ необходимо провести теоретические исследования. Для этого необходим ряд программных пакетов, таких как Microsoft Word, Excel, MathCAD, MATLAB, Arduino, Visual Studio и т.д. Большинство данных продуктов предоставляются ТПУ бесплатно для студентов и профессоров, а остальные находятся в свободном доступе на интернет ресурсах. Таким образом затраты на материальные расходы данного этапа исследований включают в себя расходы на бумагу, тетради и пр. На втором этапе проводится исследование. Для этого использовался персональный компьютер с программой MATLAB, которая была предоставлена бесплатно.

В материальные затраты также входят транспортно-заготовительные расходы (ТЗР), которые обуславливаются затратами на совершение купли-продажи материалов, их доставку. Обычно ТЗР составляют от 5% до 20% от общей цены материалов. Положим норму ТЗР равной 10%.

Таблица 12 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма
Затраты на этапе теоретических исследований			
Бумага для принтера, упак. 500 листов	257	1	514
Тетрадь общая, формат А4	89	3	267
Мультифоры, упак. 100 шт.	100	1	100
Скобы для степлера, упак. 100 шт.	47	1	47
Итого			928
Итого (с учетом ТЗР)			1020,8

4.2.2 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает в себя заработную плату студента и научного руководителя, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад студента принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в организации, в которой выполняются подобные виды работ или же там, где студент проходил преддипломную практику.

Для расчета заработной платы исполнителя примем величину месячного оклада, равную окладу младшего научного сотрудника на половину ставки, т.е.

$МО_C = 14874,45$ руб.; величина заработной платы руководителя – величина месячного оклада доцента, д.т.н. $МО_{НР} = 27484,86$.

Для дальнейшего расчета зарплаты необходимо вычислить среднедневную ставку с учетом среднего количества рабочих дней в месяце. В 2017 году 247 рабочих дней, следовательно, количество рабочих дней в месяце равно 20,6. Среднедневная тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн} = МО/20,6$$

Для исполнителя эта величина составит примерно 361 рубль, а для научного руководителя 1334,22 рубля в день. Теперь произведем расчет основной заработной платы. Затем, учитывая премии, дополнительную заработную плату и районный коэффициент, можно рассчитать полную заработную плату по следующей формуле:

$$ЗП_{полн} = ЗП_{дн} * ТРД * K_{ПР} * K_{доп} * K_P$$

где $T_{РД}$ – трудоемкость проекта для сотрудника в рабочих днях; $K_{ПР} = 1,1$ – коэффициент премирования; $K_{доп} = 1,13$ – коэффициент дополнительной заработной платы для пятидневной рабочей недели; $K_P = 1,3$ – районный (северный) коэффициент.

Таблица 13 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з /платы, руб.
НР	27484,86	1334,22	15	1,62	32421,5
С	14874,45	361	155		90647,1
Итого					155490,6

4.2.3 Расчет затрат на электроэнергию

Данная статья учитывает затраты на электроэнергию, которая потребляется всем оборудованием в течение работы над проектом. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{Э},$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт; ЦЭ – тариф на 1 кВт·час ($\text{ЦЭ} = 5,782 \text{ руб/кВт}\cdot\text{ч}$); $t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час. Время работы оборудования определяется по формуле:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{РД}} * K_t,$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{РД}}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{\text{об}}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Для выполнения работ студентом использовался персональный компьютер и учебный стенд. Определим затраты на потребленную оборудованием электроэнергию и сведем результаты расчетов в таблицу 14.

Таблица 14 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Мощность оборудования, кВт	K_t	Время работы оборудования, ч	Затраты на электроэнергию
Персональный компьютер	0,35	0,9	1125,8	2013,41
Принтер	0,25	0,001	0,7	2,76
Итого				2016,17

4.2.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), который включает в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту и рассчитывается по формуле $C_{\text{соц}} = C_{\text{ЭЛ}} * 0,3$. Для проведения исследования затраты на социальный налог составляют $C_{\text{соц}} = 155490,6 * 0,3 = 46647,18 \text{ руб.}$

4.2.5 Расчет амортизационных расходов

Расчет амортизационных расходов производится по следующей формуле:

$$C_{\text{ам}} = \frac{N_A * \text{Ц}_{\text{об}} * t_{\text{рф}} * n}{F_d},$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования; $\text{Ц}_{\text{об}}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, F_d – действительный

годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году, $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта; n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Персональный компьютер и принтер входят в группу – вычислительная техника, следовательно, они имеют срок полезного использования 2-3 года.

Так как к сроку начала работ компьютер и принтер эксплуатировались более 5 и 10 лет соответственно, то срок их полезного использования истек, следовательно, амортизационные расходы на ПК и принтер оборудования равны нулю.

Таким образом, амортизационные расходы на использование оборудования составят:

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D} = 0,00 \text{ руб.}$$

4.2.6 Расчет прочих (накладных) расходов

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

$$C_{проч.} = (C_{мат} + C_{зп} + C_{соц} + C_{эл.об.} + C_{ам}) \cdot 0,1 = (1020,8 + 155490,6 + 2016,17 + 46647,18 + 0) \cdot 0,1 = 205174,75 \cdot 0,1 = \mathbf{20517,48 \text{ руб.}}$$

4.2.7 Расчет общей себестоимости разработки

Рассчитав сумму всех расходов на выполнение запланированных работ, произведем расчет общей себестоимости проекта. Результаты расчетов представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет общей себестоимости проекта

Статья затрат	Обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	C_{mat}	1020,8
Заработная плата	$C_{зн}$	155490,6
Отчисления в социальные фонды	$C_{соц}$	46647,18
Расходы на электроэнергию	$C_{эл.}$	2016,17
Амортизационные отчисления	$C_{ам}$	0,00
Прочие расходы	$C_{проч}$	20517,48
ИТОГО:		225692,23

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 225692,23$ руб.

4.2.8 Расчет прибыли, НДС и цены разработки НИР

Так как информация для применения сложных методов расчетов прибыли отсутствует, то прибыль может варьироваться в пределах от 5% до 20% от себестоимости продукта. Заложим в проект прибыль, равную 12% от себестоимости. Тогда:

$$P = 0,12 * C = 27083,07 \text{ руб.}$$

Рассчитаем НДС как 18% от суммы затрат на разработку и заложенной прибыли, т.е.:

$$НДС = (P + C) * 0,18 = 45499,55 \text{ руб.}$$

Цена разработки НИР – это сумма трех составляющих: полной себестоимости проекта, прибыли и НДС, т.е.:

$$C_{НИР} = 225692,23 + 27083,07 + 45499,55 = 298274,85 \text{ руб.}$$

4.3 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом проведения НИР является автоматизация и модернизация системы управления поверочной водопрливной установки. Данная система позволит оператору управлять процессом поверки и калибровки с автоматизированного рабочего места(АРМ). Таким образом, автоматизация поверочной водопрливной установки повысит эффективность поверочных работ и обеспечит достоверность результатов поверки.

Помимо этого, автоматизация поверочной установки позволит сократить обслуживающий персонал, повысит безопасность технологического процесса за счет высоконадежных средств сигнализации, блокировок и защит с минимальным периодом реагирования, улучшить условия труда за счет централизации рабочих мест и удобного представления информации.

Для получения количественной оценки экономической эффективности разработанного проекта необходимо проведение специального комплексного исследования, которое выходит за рамки представленной работы.

Результатом данной работы является проект, не предназначенный для продажи и коммерциализации.

4.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР

В данном разделе произведем оценку научно-технического уровня разработки при помощи вычисления интегрального индекса научно-технического уровня $I_{НТУ}$. Расчет данного индекса производится как взвешенная сумма количественных оценок НИР по трем признакам: уровень новизны, теоретический уровень и возможность реализации.

Таблица 16 – Критерии оценки уровня новизны НИР

Уровень новизны	Характеристика уровня новизны – n_1	Баллы
Принципиально новая	Новое направление в науке и технике, новые факты и закономерности, новая теория, вещество, способ	8 – 10
Новая	По-новому объясняются те же факты, закономерности, новые понятия дополняют ранее полученные результаты	5 – 7
Относительно новая	Систематизируются, обобщаются имеющиеся сведения, новые связи между известными факторами	2 – 4
Не обладает новизной	Результат, который ранее был известен	0

Таблица 17 – Критерии оценки теоретического уровня НИР

Теоретический уровень полученных результатов – n_2	Баллы
Установка закона, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблемы, многоспектральный анализ взаимодействия между факторами с наличием объяснений	8
Разработка способа (алгоритм, программа и т. д.)	6
Элементарный анализ связей между фактами (наличие гипотезы, объяснения версии, практических рекомендаций)	2
Описание отдельных элементарных факторов, изложение наблюдений, опыта, результатов измерений	0,5

Таблица 18 – Критерии оценки возможности реализации НИР по времени

Время реализации – n_3	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2

Разрабатываемая система по оценке таблицы 9 имеет уровень новизны равный 4, т.к. подобные системы существуют, однако в данной установке не применялись, поэтому необходимо было разработать подходящий алгоритм управления.

Критерии оценки теоретического уровня НИР однозначно равен 6, т.к. результатом данной работы является алгоритм работы контроллера, организующего работу установки.

Критерий оценки возможности реализации НИР по времени равен 10, т.к. реализация разработки имеет ограниченный срок 2 года.

Таким образом, произведем расчет интегрального индекса НТУ НИР:

$$ИТУ = \sum_{i=1}^3 k_i \cdot n_i = 0,4 \cdot 4 + 0,1 \cdot 6 + 0,5 \cdot 10 = 7,2$$

Так как индекс НТУ равен 7,2 балла, то это означает, что НТУ соответствует высокому уровню проведенной НИР.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этичное поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

В данной ВКР представлена автоматизация и модернизация системы управления поверочной водопроливной установки предназначенного для поверки и калибровки датчиков расхода жидкости. Данная система позволит оператору управлять процессом поверки и калибровки с автоматизированного рабочего места(АРМ). Таким образом, автоматизация поверочной водопроливной установки повысит эффективность поверочных работ и обеспечит достоверность результатов поверки.

Помимо этого, автоматизация поверочной установки позволит сократить обслуживающий персонал, повысит безопасность технологического процесса за счет высоконадежных средств сигнализации, блокировок и защит с

минимальным периодом реагирования, улучшить условия труда за счет централизации рабочих мест и удобного представления информации.

В текущем разделе указаны основные вредные и опасные факторы рабочей зоны, их анализ и способы защиты от них, аспекты охраны окружающей среды, защиты от чрезвычайных ситуаций, а также правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.1 Производственная безопасность

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 19.

Таблица 19– Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
• Управление механизмами с поста управления, работа с ПЭВМ; • Выполнение визуальных осмотров всех основных и вспомогательных механизмов до начала их использования при выполнении работ; • Ведение технологического процесса приема и укладки металла в приемные карманы (стеллажи), склады цеха.	• Повышенная температура; • Повышенная напряженность зрения; • Повышенная напряженность труда в течение смены; • Отсутствие или недостаток естественного света; • Электромагнитные излучения; • Повышенный уровень шума.	• Движущиеся механизмы, подвижные части производственного оборудования; • Электрический ток.	• Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4-548-96; • Нормы естественного и искусственного освещения предприятий, СНиП 23-05-95; • Допустимые уровни шумов в производственных помещениях. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ; • Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03; • Защитное заземление, зануление, ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на производстве при внедрении объекта исследования

В условиях современного интенсивного использования ЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При внедрении усовершенствованной системы управления технологическим процессом важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, пост управления по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

Основным опасным производственным фактором на рабочем месте оператора поста управления является высокое напряжение в сети, от которой запитана система управления.

5.2 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов (техника безопасности и производственная санитария)

5.2.1 Механические опасности

Основные последствия механических опасностей:

- защемление или раздавливание;
- порезы;
- отрезание или разрубание;
- захват или наматывание;
- затягивание или задерживание;
- попадание под удар;
- местный укол или полное прокалывание;
- поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения;

К средствам защиты работающих от механического травмирования (физического опасного фактора) относятся:

- ограждения (кожухи, козырьки, дверцы, экраны, щиты, барьеры и т. д.);
- предохранительные – блокировочные устройства (механические, электрические, электронные, пневматические, гидравлические и т. д.);
- тормозные устройства (рабочие, стояночные, экстренного торможения);
- сигнальные устройства (звуковые, световые), которые могут встраиваться в оборудование или быть составными элементами.
- сигнальные цвета и сигнальная разметка, знаки производственной безопасности.

Сигнализация является одним из звеньев непосредственной связи между машиной и человеком. Она способствует облегчению труда, рациональной организации рабочего места и безопасности работы. Сигнализация может быть звуковая, световая, цветовая и знаковая. Сигнализация должна быть

расположена и выполнена так, чтобы сигналы, предупреждающие об опасности, были хорошо различимы и слышны в производственной обстановке всеми лицами, которым может угрожать опасность.

ГОСТ Р 12.4.026-2001 «ССБТ. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная» устанавливает термины с соответствующими определениями, для правильного понимания их назначения, правила применения и характеристики знаков безопасности, сигнальных цветов и сигнальной разметки.

5.2.2 Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м² и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ должны использоваться диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка – 0.7 - 0.8; для стен – 0.5 - 0.6; для пола – 0.3 - 0.5.

5.2.3 Микроклимат

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia),

приведены в таблице 20, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 20 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления

. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

5.2.4 Освещение

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза.

Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

На посту управления, где расположено рабочее место оператора, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для операторов уровень освещенности внешними источниками света;
- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других операторов, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блесккость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для оператора поста управления берутся для производственных помещений. Эти нормы представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Нормы на освещение для оператора

Характер зрительной работы	Разряд Ошибка!	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО е _н , % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, Кп, %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	300	15	1,0

Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте оператора поста управления

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина А = 4 (м), ширина В = 3 (м), высота Н = 2,4 (м), количество ламп N = 4 (шт).

Вычисления будут, производится по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 300$ (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (1)$$

Где: E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

S – площадь освещаемого помещения, (м²);

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным $Z = 1,1$;

n – число светильников;

η - коэффициент использования светового потока, (%);

Φ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ($\rho_{ст}$) и потолка ($\rho_{п}$).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (2)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 2,4 - 0,8 = 1,6 \text{ (м)}, \quad (3)$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (4)$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать люминесцентные лампы параллельными рядами, принимая $l = 1,4$, отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 1,4 \cdot 1,6 = 2,24 \text{ (м)} \quad (5)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$L = \frac{(B - L)}{2} = \frac{(3 - 2,24)}{2} = 0,38 \text{ (м)} \quad (6)$$

Определим индекс помещения вычисляя по формуле (5.2) получаем:

$$i = \frac{12}{(4 + 3) \cdot 1,6} = 1,07$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка.

Так как поверхность стен окрашена в серый цвет, свежепобеленные с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен $P_{\text{ст}} = 50\%$. Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка $P_{\text{п}} = 30\%$.

Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения i , определяем значение коэффициента $\eta = 36\%$.

Подставив все значения в формулу (1), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,36} = \frac{5940}{1,44} = 4125 \text{ (лм)}$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящей является лампа ЛБР-80-1 со световым потоком 4160 (лм).

Выразим E из формулы (5.1):

$$E = \frac{(F \cdot N \cdot \eta)}{(k)} = \frac{(4160 \cdot 4 \cdot 0,36)}{(1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)} = \frac{5990,4}{19,8} = 302,5 \text{ (лм)} \quad (7)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование люминесцентной лампы ЛБР-80-1 является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (8)$$

где E – норма освещенности $E = 300$ (Лк);

k – коэффициент запаса учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, $k = 1,5$;

S – площадь помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1,1$;

n – число рядов светильников, $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,36$;

F – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.8), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = \frac{(300 \cdot 1,5 \cdot 12 \cdot 1,1)}{(2 \cdot 4160 \cdot 0,36)} = \frac{5940}{2995,2} \approx 1,98 \approx 2 \text{ (шт)}$$

Длина одного светильника равна 1,5 (м), в одном светильнике 2 лампы ЛБР-80-1.

Так как в рассматриваемом помещении количество ламп 4 (шт), по одному светильнику в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

Шум

В производственных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для исследуемого объекта (производство и пункт управления) основными источниками шумов являются производственное оборудование (внешние источники) и оборудование поста управления (внутренние источники).

ПДУ шума для объектов типа поста управления нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 23. (для постоянных шумов)

Таблица 23 – Нормированные значения уровня звукового давления

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ПУ	83	74	68	63	60	78	55	54	65

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

5.2.5 Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 24 и таблице 25, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 24 – Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

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

Таблица 25 – Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		5.2

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

5.2.6 Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;

- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

5.2.7 Электрический ток

Степень опасного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ пост управления по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- защитного заземления;
- защитного зануления;
- защитного отключения;
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;

- реализация;
- эксплуатация.

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

В результате выполнения ВКР было разработана система, которое функционирует на основе ПЛК. Рассмотрим влияние ПЛК на окружающую среду.

Увеличение производства находится в прямой зависимости от состояния энергетики. Развитие энергетики оказывает существенное влияние на природную среду, являясь источником различных видов загрязнений воздуха, воды, земной поверхности и ее недр, а также основным потребителем топливных ресурсов, определяющим уровень его добычи.

5.3.2 Анализ влияния процесса эксплуатации объекта на окружающую среду

Система ОВЕН ПЛК 150АМ спроектированы для использования в стационарных, защищенных от внешних воздействий условиях. Условия эксплуатации превосходят требования DIN IEC 60721-3-3.

- класс 3М3 (механические требования)
- класс 3К3 (климатические требования)

Программируемый логический контроллер ОВЕН и их компоненты соответствуют требованиям стандартов ГОСТ Р МЭК 60950-2002, ГОСТ 26329-84 (п. п. 1.2; 1.3), ГОСТ Р 51318.22-99, ГОСТ 51318.24-99, ГОСТ Р 51317.3.2-99, ГОСТ Р 51317.3.3-99. Основное влияние на окружающую среду заключается в образовании и поступлении твердых отходов в виде отработанных ПК, их компонентов и содержащихся в них вредных веществ.

5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снижение загрязнения возможно за счет совершенствования оборудования, производящего электроэнергию, применения более экономичных и результативных технологий, использования новых методов получения электроэнергии и внедрения современных методов и способов очистки и обезвреживания отходов производства. Кроме того, эта проблема должна решаться и за счет эффективного и экономного использования электроэнергии самими потребителями, а это использование более экономичного оборудования, а также эффективного режима загрузки этого оборудования. Сюда также включается и соблюдение производственной дисциплины в рамках правильного использования электроэнергии.

Программируемый логический контроллер фирмы ОВЕН, могут утилизироваться, так как не содержат токсических материалов. Для безопасной с точки зрения охраны окружающей среды утилизации и удаления старых устройств необходимо обратиться к компании фирмы ОВЕН, имеющей сертификат на утилизацию и удаления лома электронного оборудования.

Организация, в которой предполагается использовать разработанную систему, влияет на окружающую среду как потребитель электроэнергии, поскольку здесь работает большое количество электрооборудования и осветительных приборов.

Из этого можно сделать простой вывод, что необходимо стремиться к снижению энергопотребления, то есть разрабатывать и внедрять системы с малым энергопотреблением.

В современных компьютерах, повсеместно используются режимы с пониженным потреблением электроэнергии при длительном простое.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

На объекте возможные следующие ЧС:

- короткое замыкание;
- пожар.

Наиболее типичной ЧС для данного объекта является короткое замыкание

Для предупреждения ЧС на объекте приняты следующие меры:

- защитное заземление;
- изоляция контактов;
- регулярная проверка целостности контактов и дорожек на плате;

Для повышения устойчивости объекта к данной ЧС приняты следующие меры:

- используется внешний стабилизатор напряжения.

В случае возникновения на объекте ЧС будут произведены следующие действия:

- немедленное аварийное отключение устройства;
- обесточивание всей лаборатории во избежание короткого замыкания.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит управление технологическим процессом, то есть пост управления и регламентирование мер противопожарной безопасности.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение (ПУ) относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

5.4.2 Анализ причин, которые могут вызвать ЧС на производстве при внедрении объекта исследований

Пожар в помещении может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла

, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;
- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1.

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из помещения, где расположен диспетчерский пункт (пост управления), представлен на рисунке 31.

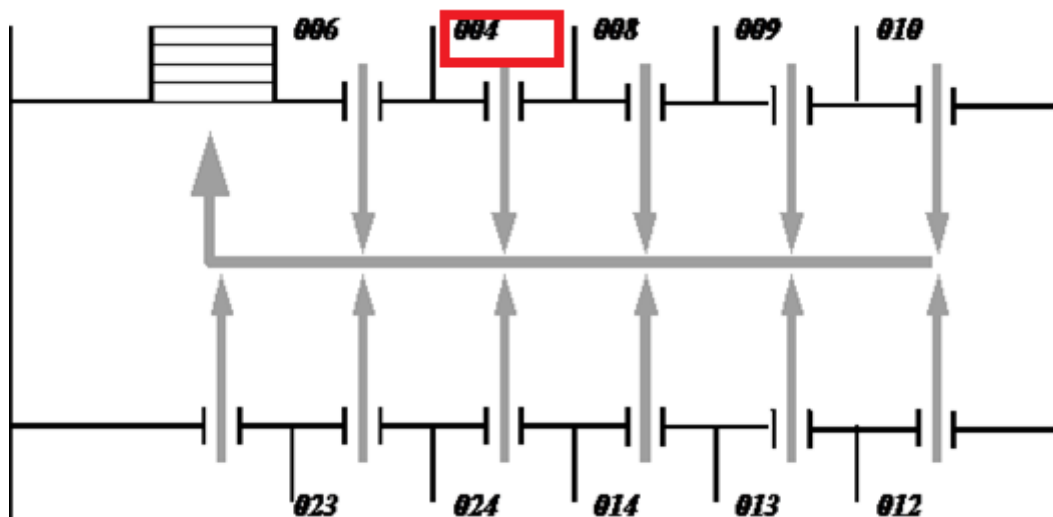


Рисунок 31 - План эвакуации при пожаре

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Нормы трудового права регулируют любые отношения, связанные с использованием личного труда.

Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;
- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Рассмотрим регулирование коллективных отношений.

Настоящий коллективный договор является правовым актом, регулирующим социально-трудовые отношения работников ФГАОУ НИ ТПУ с работодателем.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;
- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке

и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;

- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;

- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома.

Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Обеспечивать за счет средств работодателя:

- Проведение инструктажей по охране труда, обучение лиц, поступающих на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение периодического обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в период работы.

- Проведение обязательных периодических медицинских осмотров (обследований) работников, в том числе женщин в женской консультации, в

рабочее время по графику медицинских осмотров, с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров.

– Наличие на производственных участках аптечек для оказания первой помощи пострадавшим и обработки микротравм; наличие в аптечках рекомендованного МЛПУ «Городская клиническая больница №1» перечня средств и медикаментов, их ежегодную замену.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору.

5.6 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

5.6.1 Эргономические требования к рабочему месту оператора ПЭВМ

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Организация рабочего места программиста или оператора регламентируется следующими нормативными документами:

ГОСТ ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

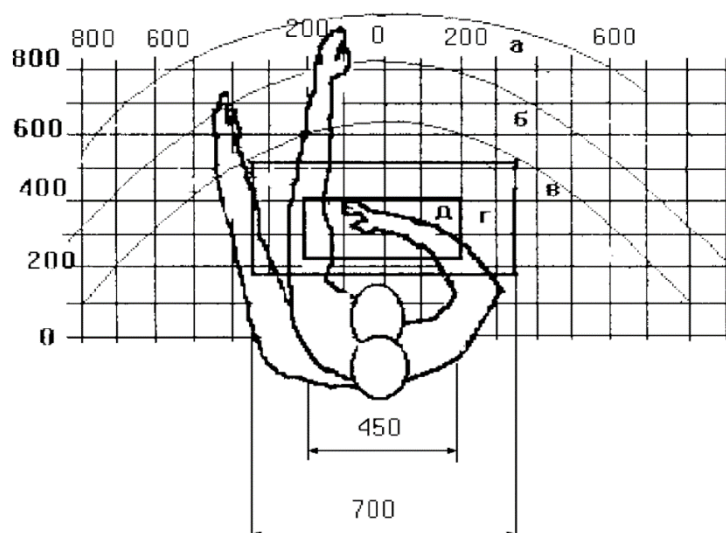


Рисунок 32 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а - зона максимальной досягаемости;
- б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в - зона легкой досягаемости ладони;
- г - оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости:

- дисплей размещается в зоне "а" (в центре);

- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура - в зоне "г"/"д";
- манипулятор "мышь" - в зоне "в" справа;
- документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони — "в", а в выдвижных ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее 3 для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 650 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего стула (кресла).

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также регулируемым по расстоянию спинки от переднего края сиденья. Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углов наклона вперед до 15° и назад до 5°;

- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 \pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнения.

Кресло следует устанавливать на такой высоте, чтобы не чувствовалось давления на копчик (это может быть при низком расположении кресла) или на бедра (при слишком высоком).

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, не сутулясь, с небольшим наклоном головы вперед (до $5-7^\circ$). Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

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

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал имеет низкое качество изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до

документа (300 - 450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$;
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами:

- нет хорошей подставки для документов;
- клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко;
- некуда положить руки и кисти;
- недостаточно пространство для ног.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Заключение

В выпускной квалификационной работе было сделано следующее:

- написано техническое задание по автоматизации и модернизации водопроливной установки «Взлет ПУ»;
- описан технологический процесс;
- составлена структурная схема установки;
- разработана функциональная схема автоматизации;
- разработана схема внешних проводок;
- составлен перечень входных/выходных сигналов;
- разработана SCADA – форма экранного мониторинга технологического процесса;
- разработан алгоритм пуска/останова технологического оборудования;
- составлена схема алгоритм сбора данных с канала измерения давления;
- рассмотрены методы регулирования расхода: дроссельное и частотное;
- написана программа управления расходом жидкости на основе широтно-импульсного регулирования, проанализировано влияние периода ШИМ на качество регулирования и показатели переходного процесса, программа протестирована на технических средствах;
- рассмотрено регулирование расхода частотным методом, составлена структурная схема технологического процесса, произведен расчет передаточных функций для частотного преобразователя, насоса, датчика расхода, получена кривая разгона для насоса;
- произведена настройка ПИД – регулятора методом Циглера – Никольса;
- произведено моделирование системы в программе MATLAB;

- реализовано регулирование частотным методом на технических средствах и рассчитаны показатели качества переходного процесса;
- произведена сравнительная оценка методов регулирования расхода.

В процессе выполнения выпускной работы была разработана система автоматического управления водопроливной установки «ВЗЛЕТ ПУ», включающая в себя каналы измерения по технологическим параметрам, контуры регулирования и аварийной защиты. Разработанная система имеет трехуровневую архитектуру: сигналы с датчиков полевого уровня поступают через контроллерное оборудование на АРМ оператора в виде экранных форм SCADA-системы.

При разработке САУ были детально проработаны структурная и функциональные, соответствующие ГОСТу схемы. В процессе работы были изучены все необходимые стандарты для разработки АСУ ТП, а также детально разобран процесс поверки.

Разработанная система автоматического управления отвечает всем заявленным в техническом задании требованиям к разным видам обеспечения и системе в целом.

Список использованных источников:

1. Каргапольцев В.П. Проливная установка для сервисного обслуживания коммерческих и технологических расходомеров-счетчиков жидкостей: газета «Энергетика и промышленность России», №8, 2004.
2. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: Учебно-методическое пособие. ТПУ – 2009.
3. ГОСТ Р ИСО / МЭК ТО 10000-3-99. Информационная технология. Основы и таксономия функциональных стандартов. Часть 3. Принципы и таксономия профилей среды открытых систем.
4. ISO / IEC TR 14252:1996. Information Technology. Guide to the POSIX Open System Environment (OSE).
5. Спецификация контроллера фирмы ОВЕН ПЛК150. URL: http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_oven_plk_150/opisanie
6. Спецификация датчик температуры ВЗЛЕТ ТПС. URL: http://vzljot.ru/catalogue/izmerenie_temperatury/termopreobrazovateli_soprotivleniya/
7. Спецификация датчика уровня ВЗЛЕТ УР-211. URL: http://vzljot.ru/catalogue/izmenenie_urovnja_sred/vzlet_ur2xx/
8. Спецификация датчик давления ОВЕН ПД100. URL: http://www.owen.ru/catalog/parametricheskij_datchik_davleniya_ovn_pd100/
9. Спецификация детектора течи WD2. URL: <http://dwyer.ru/catalog/detektory-utechki-protechki-techi/detektor-techi-vody-wd2>
10. Спецификация клапана КПСР. URL: <http://kpsr.ru/klapan-kpsr.html>
11. Спецификация насос Grundfos TPE100. URL: <http://ru.grundfos.com/products/find-product/tp-tpe.html>
12. Петров И.В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования. – М.: СОЛОН – Пресс, 2004. – 256 с.
13. Статья «Система автоматического управления электронасосом

водопроводного узла» Бунеев В.А., Федюн Р.В. ДонНТУ. 2008.

14. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: учебное пособие для вузов – Л.: Энергоиздат. Ленинград. Отд-ние. 1982. – 392с.

15. Статья «Синтез системы автоматического регулирования уровня бумажной массы в напорном ящике» Билоус О.А. ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». 2015

16. А.Н. Дилигенская Идентификация объектов управления: учебное пособие. – Самара: Изд-во СГТУ, 2009. – 136.

17. Системы автоматического управления с запаздыванием: учеб. пособие / Ю.Ю. Громов, Н.А. Земской, А.В. Лагутин, О.Г. Иванова, В.М. Тютюнник. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 76 с

18. SCADA системы TRACE MODE. URRL: <http://www.adastra.ru/>

19. Белов С.В., А.В. Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов, 1999. – 354 с.

20. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. – Томск: Изд – во ТПУ, 2010. – 144с.

21. Белов С.В. и др. Расчеты в машиностроении по охране труда, 2001. – 428 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. РАЗДЕЛ ВКР, ВЫПОЛНЕННЫЙ НА
ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ

Раздел №1

Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке
Перевод главы 1

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8AM5A	Рзаев Алиш Алгасан оглы		

Консультант – лингвист кафедры иностранных языков института кибернетики:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Денико Р.В.			

1. Terms of reference for the water-pouring plant automatic control system (ACS)

1.1. Main tasks and objectives for the process control system design

The main objectives for the process control system design are as follows:

- increasing the productivity of equipment;
- reducing staff.

The main tasks in the process control system design are:

- accurate fulfillment of the requirements of the technological regulations, elimination of erroneous actions of operational personnel in the course of the technological process, as well as starting and stopping the equipment;
- improvement of working conditions of operating personnel through centralization of workplaces and convenient presentation of operational information;
- increasing the safety of technological processes due to highly reliable signaling, locking and protection devices with a minimum response period;
- implementation of remote control and management of the entire system from the operator's workplace (pump control, shut-off and control valves, constant water flow regulation).

1.2. Requirements for automation

Means of automation should provide the following main functions:

- automatic control of constant water flow;
- protection of the main equipment;
- remote control.

The automation system should provide the following:

- 1) Monitoring of all measured parameters;
- 2) Management:
 - The flow of water;
 - Pump;
 - Shut-off and control valves.
- 3) Alarm:

- detection of water leaks;
- excess of the maximum water level in the scale tank;
- excess pressure.

1.3 Requirements for technical support

The process control system must ensure the reception and processing of information from automation equipment supplied with the technological equipment.

The system of technical facilities in conjunction with the software must ensure the implementation of all functions specified in this technical assignment.

Software and hardware should provide automatic diagnostics that indicate the location of the fault with an accuracy up to the particular hardware or replacement element.

The software and hardware complex should allow for the possibility of increasing, upgrading and developing the system, as well as having a reserve on the input/output channels.

The technical equipment includes:

- sensors, actuators;
- remote control facilities, software and hardware for processing, storing and transferring information, means of displaying and recording information (secondary devices, video monitors, displays, indicators, etc.)
- local control panels with switching and command elements.

The sensing elements of the sensors must be made of corrosion-resistant materials

.

The requirements for the reliability of general-purpose industrial sensors should be based on world-class criteria and the best samples of domestic products, namely:

- 1) time between failures is not less than 100 thousand hours;
- 2) the service life is not less than 10 years.

1.4 Requirements for metrological support

The measuring channels of the system must ensure that the measurement results are obtained with the accuracy specified in the regulatory and technical documentation.

Metrological support is carried out in order to create a basis for ensuring the quality of operation and obtaining measurement results, the use of which allows:

- effectively conduct the technological process while observing the safety conditions;
- eliminate or minimize the risk of making erroneous decisions and actions when managing equipment;
- control the safety of service personnel.

The required standards for the error in measuring the main process parameters, including the entire circuit, starting from the sensor, are given in Table 1.

Table 1 - Requirements for the error of measuring channels

The name of the measured parameter		Error rate	Note
1	Temperature	$\pm 1\%$	Specified error
2	Pressure	$\pm 1\%$	Specified error
3	Level	± 5	Absolute error
4	Consumption	$\pm 2\%$	Specified error

1.5 Software Requirements

The software includes:

- system software (operating systems);
- instrumental software;
- common (basic) application software;
- special application software.

The set of configuration functions should generally include:

- creation of mnemonic diagrams (video frames) for visualizing the state of technological objects;
- configuration of reporting documents (reports, protocols).

The means for creating special application software should include technological and universal programming languages and corresponding development tools (compilers, debuggers). Technological programming languages must comply with the IEC 61131-3 standard.

Basic application software must provide the execution of standard functions of the appropriate level (polling, measurement, filtering, visualization, signaling, registration, etc.).

Special application software must ensure the performance of nonstandard functions of the appropriate level of the AS (special control algorithms, calculations, etc.).

1.6 Requirements for information support

Information support includes a set of solutions (в данном случае имеется решение, которое принимает человек, или решение как совокупность программных и аппаратных средств? Если последнее – тогда это solution) on the forms, organization, content, distribution, storage and volumes of information used in the system when it operates, the rules for manipulating this information, as well as the database and its management system.

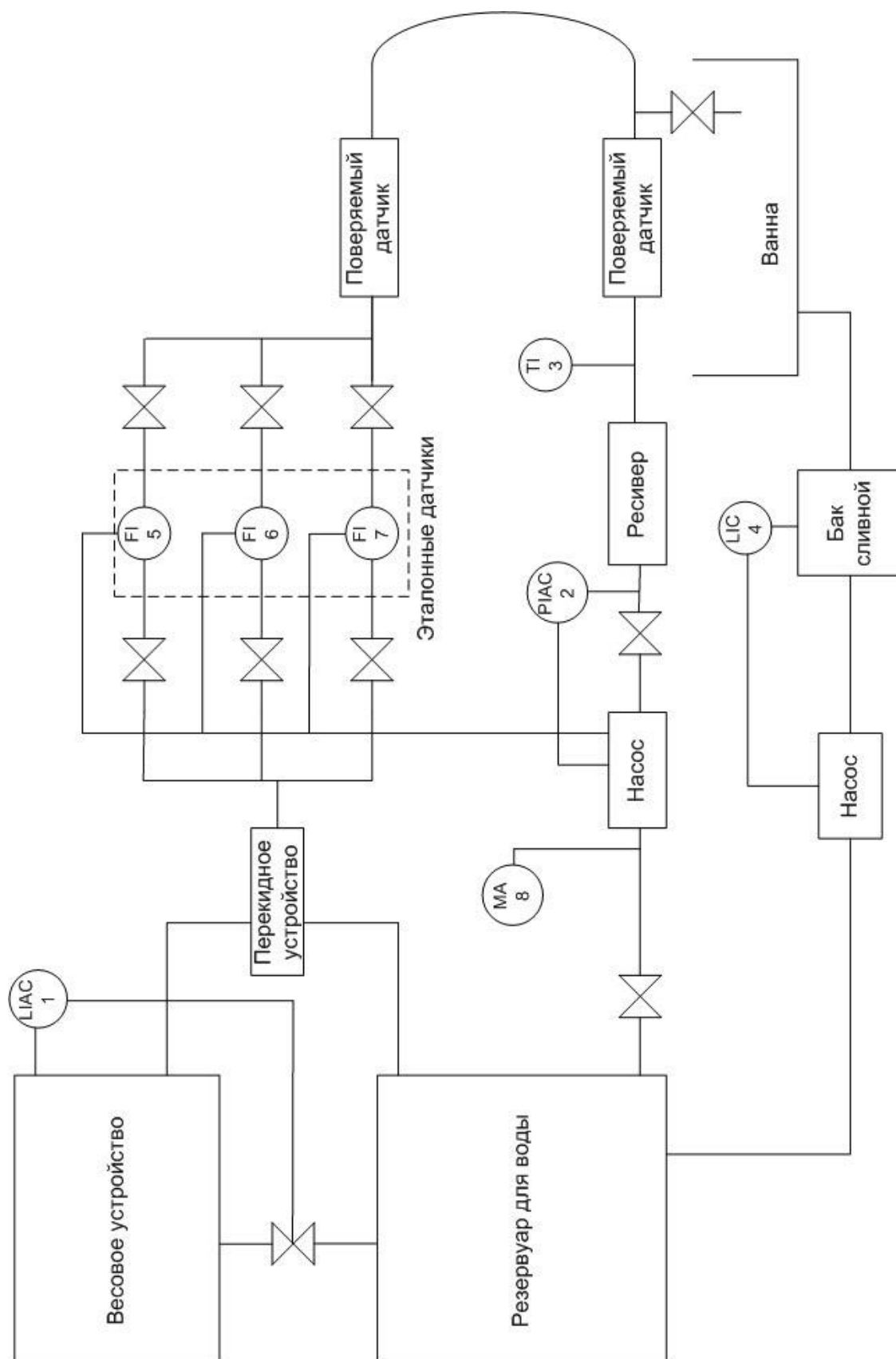
The structure and method of organizing data in the system must allow for the modification and expansion of the system's functions.

Information compatibility of adjacent systems should be provided by the use of standard exchange protocols and a unified coding system.

To implement the information function in the automated process control system, the information about the directly measured parameters (by analog signals) is collected and initially processed.

The automated process control system should receive signals from sensors with an analog 4 - 20 mA output signal, as well as with a 0-24 V digital signal.

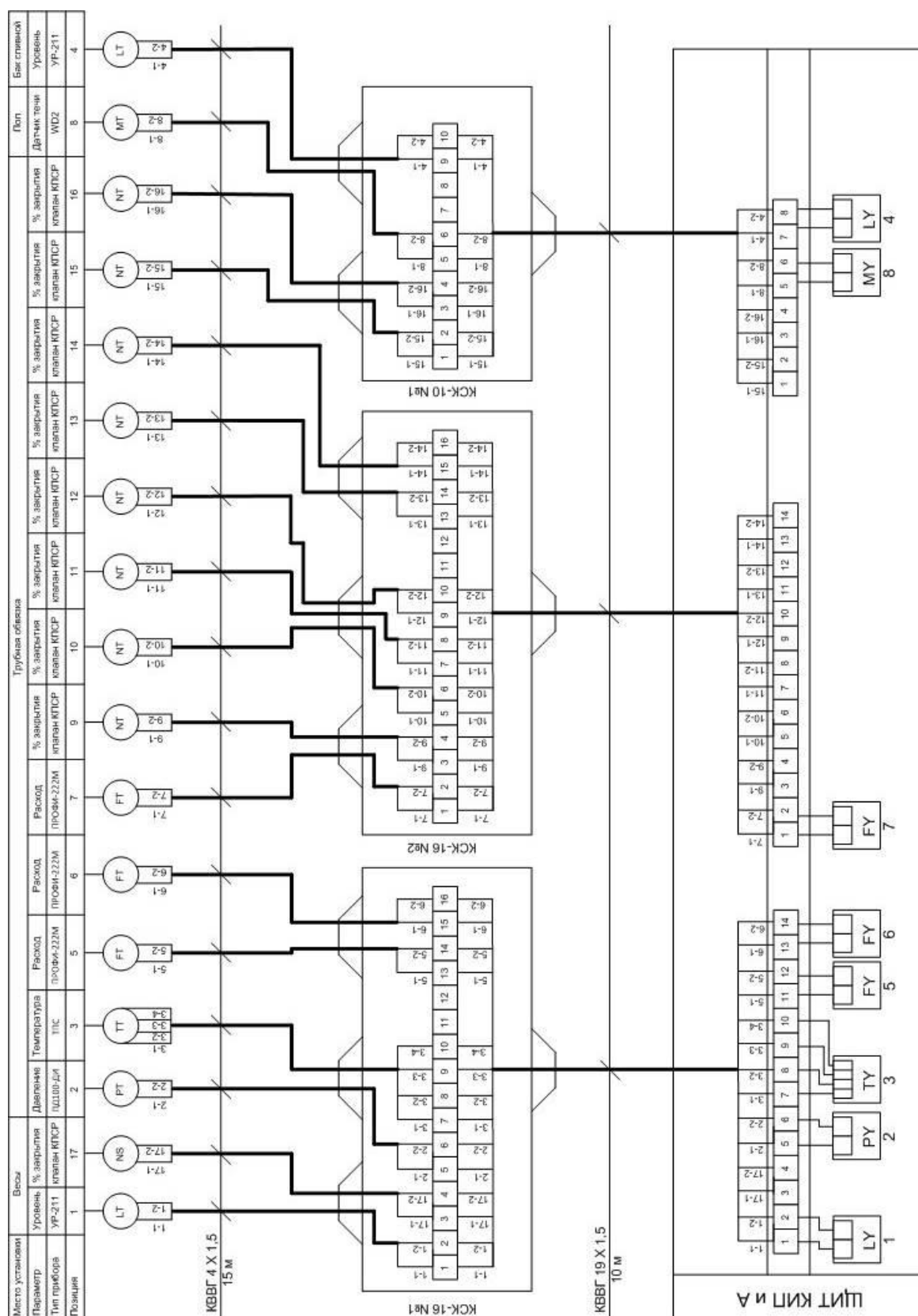
Приложение Б. Функциональная схема

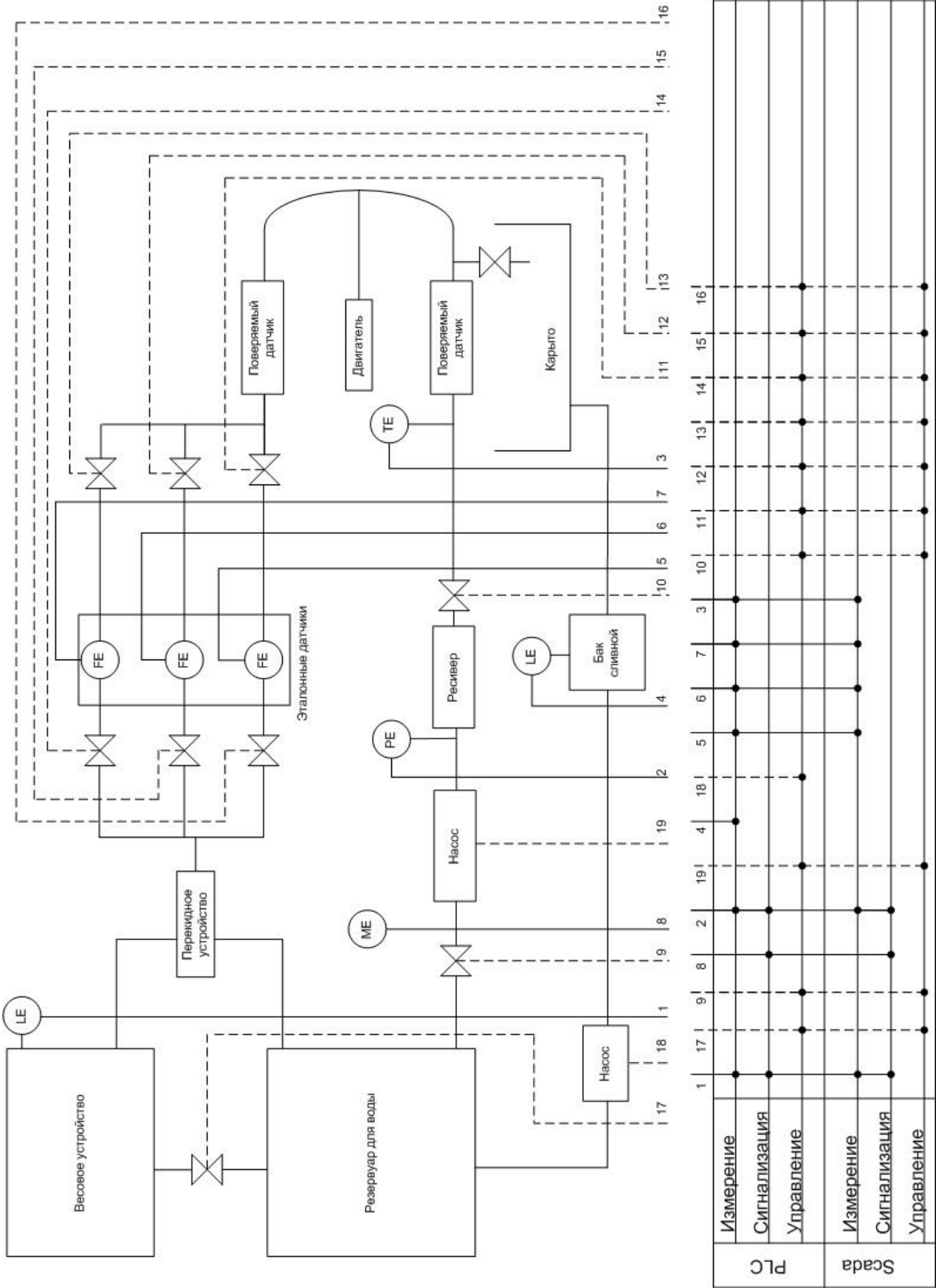


Приложение В. Перечень входных/выходных сигналов

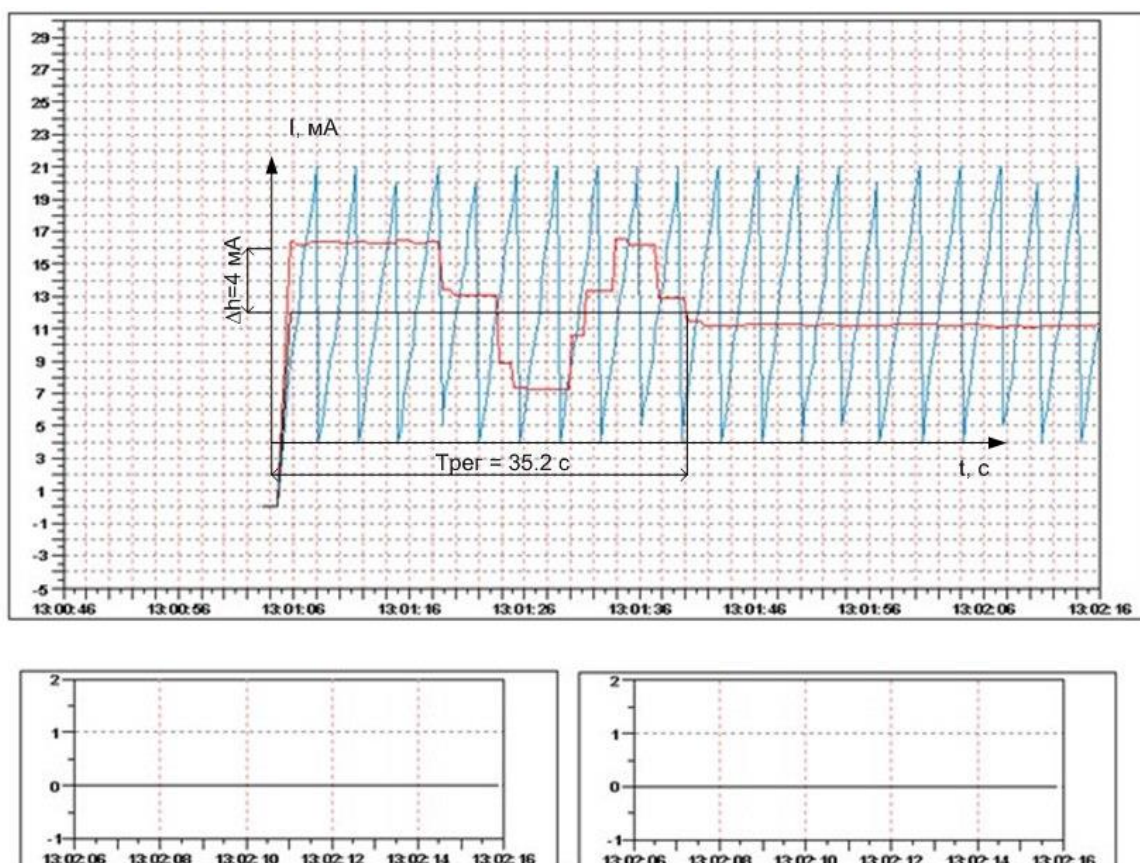
Наименование сигнала	Идентификатор	Тип сигнала	Диапазон измерения	Единицы измерения	Технологические уставки	
					min	max
Уровень воды в весовом устройстве	LEV_LIB_WOR K_WATER	4-20 мА	0-1,3	м	-	-
Максимальный уровень воды в весовом устройстве	LEV_LIB_WOR K_WATER_HH	0-24В	1,1	м	-	+
Уровень воды в резервуаре	LEV_TNK_WO RK_WATER	4-20 мА	0-2	м	-	-
Уровень воды в сливном баке	LEV_TNK_WO RK_WATER1	4-20 мА	0-0,8	м	-	-
Максимальный уровень воды в сливном баке	LEV_TNK_WO RK_WATER1_HH	0-24В	0,7	м	-	+
Рабочее давление	PRS_PMP_ WORK	4-20 мА	0,1-2,5	МПа	-	-
Максимальное рабочее давление	PRS_PMP_ WORK_HH	0-24В	2,5	МПа	-	+
Температура жидкости	TEM_PMP_WO RK	4-20 мА	5-40	°C	-	-
Расход воды 1	FLW_PUMP_W ORK_WATER1	4-20 мА	0-13,5	$\frac{м^3}{ч}$	-	-
Расход воды 2	FLW_PUMP_W ORK_WATER2	4-20 мА	0-34,8	$\frac{м^3}{ч}$	-	-
Расход воды 3	FLW_PUMP_W ORK_WATER3	4-20 мА	0-143,5	$\frac{м^3}{ч}$	-	-
Датчик течи воды	WT_FLR_WOR K	4-20 мА	-	-	-	-

Приложение Г. Схема соединений внешних проводок



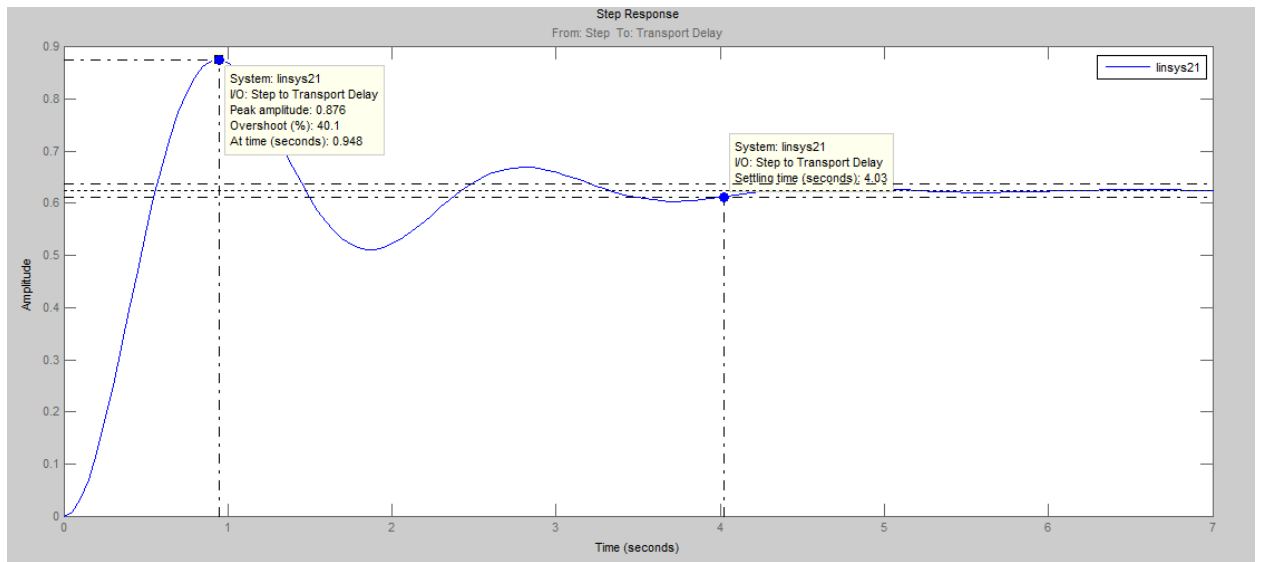
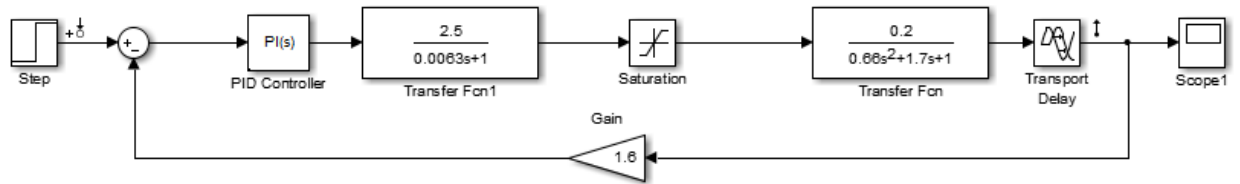


Приложение Е. Дроссельное регулирование с использованием ШИМ

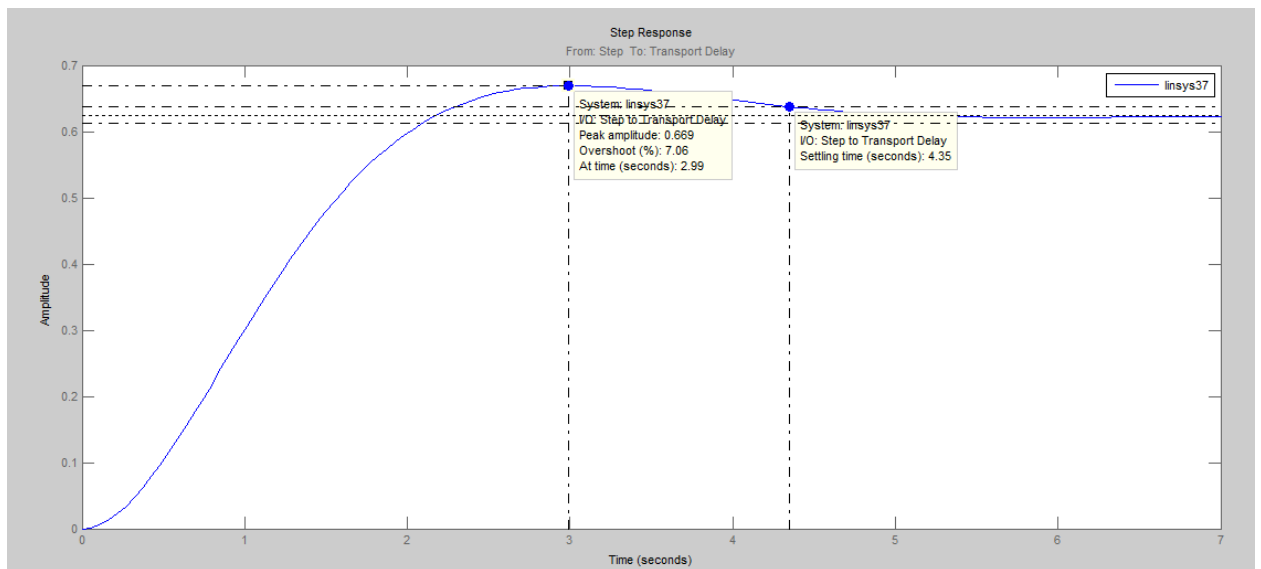


$\sigma = 50\%$ и $T_{\text{per}} = 35,2 \text{ c}$

Приложение Ж. Моделирование САР в MATLAB

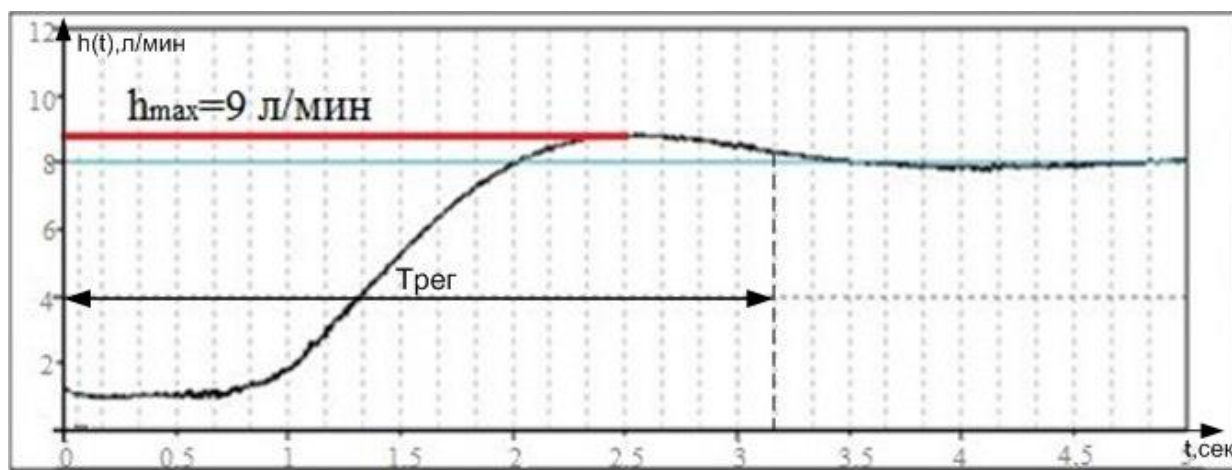


$$k_n = 9,9 \text{ и } T_i = 0,153$$



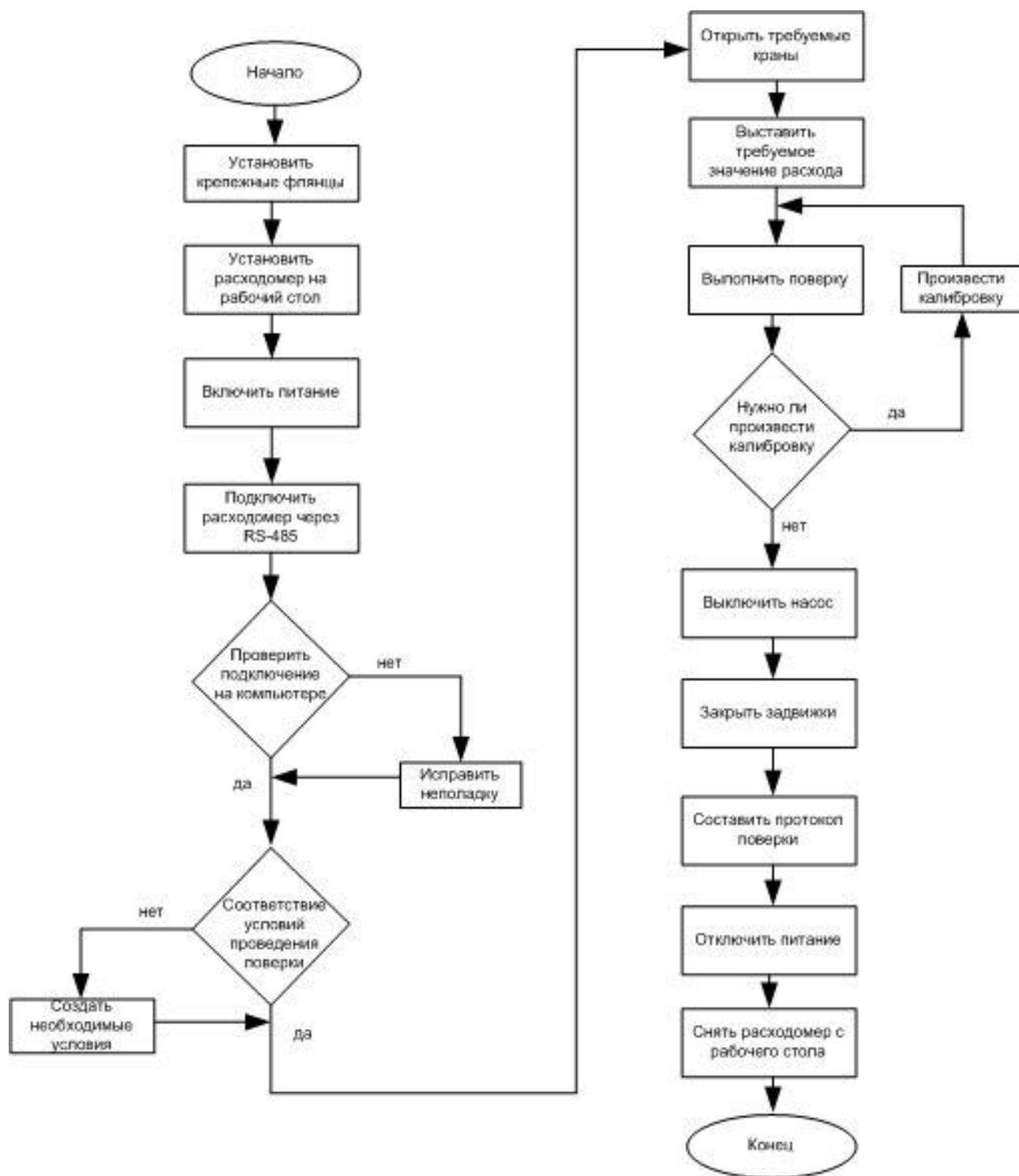
$$k_n = 1,5 \text{ и } T_i = 0,769$$

Приложение 3. Регулирование частотным методом

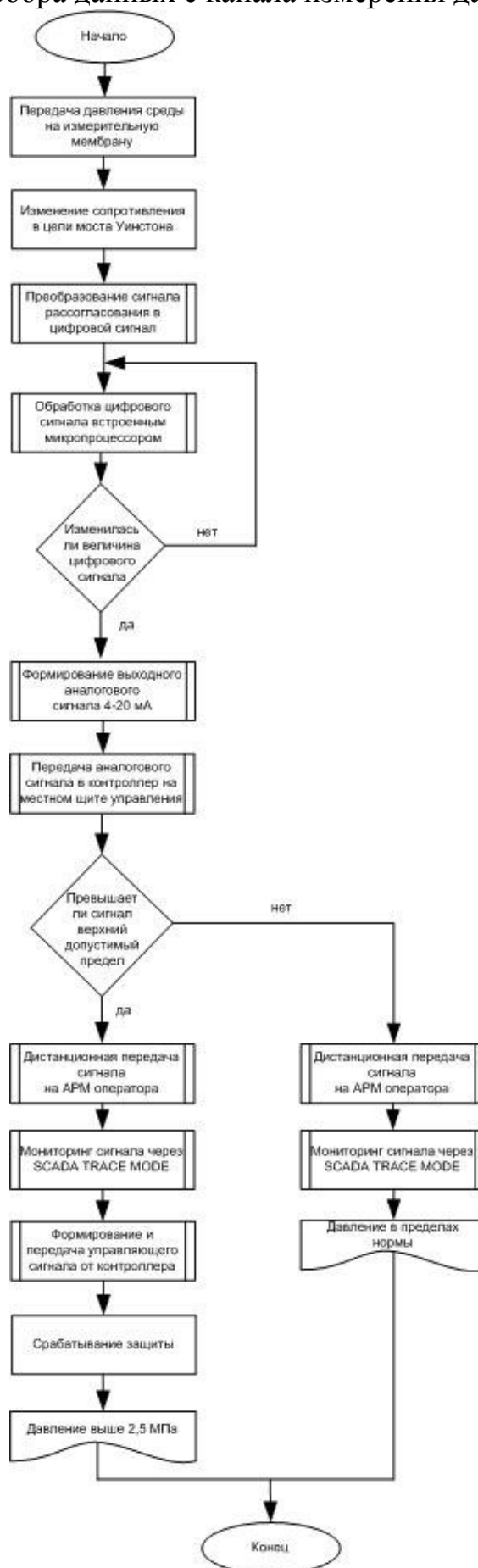


$\sigma = 12,5\%$ и $T_{\text{рег}} = 3,1 \text{ с}$

Приложение И. Алгоритм пуска/остановки технологического оборудования



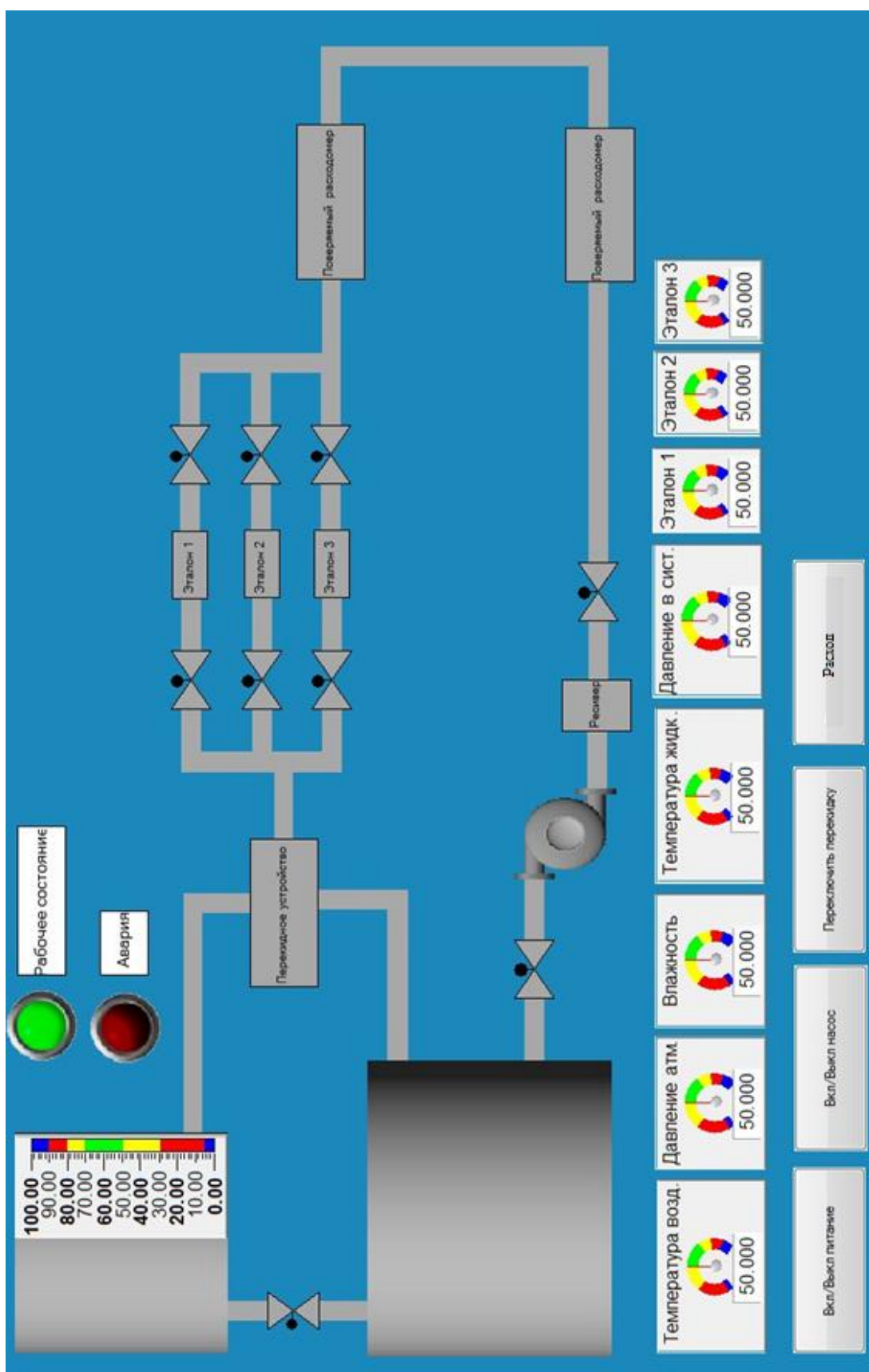
Приложение К. Алгоритм сбора данных с канала измерения давления



Приложение Л. Листинг программы ШИМ - регулирования

```
SAW(  
    MODE:=SAWTOOTH_RISE ,  
    BASE:= TRUE,  
    PERIOD:=t#3500ms ,  
    CYCLES:=0 ,  
    AMPLITUDE:=9,  
    RESET:=FALSE ,  
    OUT=> SAW_SIGNAL);  
SAW_REG:=INT_TO_REAL(SAW_SIGNAL+12);  
FLOW1:=REAL_TO_INT(FLOW);  
  
IF ((SAW_REG>=SET_POINT) AND (FLOW>=SET_POINT)) THEN  
    SECOND_CHANNEL:=FALSE;  
    IF (SAW_REG=SET_POINT) THEN  
        FIRST_CHANNEL:=TRUE;  
    END_IF  
    IF (FLOW<=SAW_REG) THEN  
        FIRST_CHANNEL:=FALSE;  
    END_IF  
END_IF  
  
IF ((SAW_REG<=SET_POINT) AND (FLOW<=SET_POINT)) THEN  
    FIRST_CHANNEL:=FALSE;  
    IF (FLOW<=SAW_REG) THEN  
        SECOND_CHANNEL:=TRUE;  
    END_IF  
    IF (SAW_REG=SET_POINT) THEN  
        SECOND_CHANNEL:=FALSE;  
    END_IF  
END_IF  
FC:=BOOL_TO_INT(FIRST_CHANNEL);  
SC:=BOOL_TO_INT(SECOND_CHANNEL);  
  
SET_POINT:=12;  
  
OPEN:=SECOND_CHANNEL;  
CLOSE:=FIRST_CHANNEL;
```

Приложение М. SCADA – форма экранного мониторинга технологических параметров



Приложение Н. Трехуровневая архитектура АСУ ТП

