

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Кафедра систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизированная система регулирования скорости вращения вала паровой турбины

УДК 621.165-045.75-026.51:681.515

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Чимров Антон Вячеславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Громаков Е. И.	Кандидат технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Спицын В. В.	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова М. И.	Кандидат химических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры СУМ	Губин В. Е.	Кандидат технических наук		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

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

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

Институт кибернетики
Направление подготовки (специальность) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Губин В. Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т31	Чимрову Антону Вячеславовичу

Тема работы:

Автоматизированная система регулирования скорости вращения вала паровой турбины

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№1396 от 28.02.2017

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования: турбогенератор К-210-130. Цель работы: разработка автоматизированной системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины. Режим работы: непрерывный, система применяется для первичного регулирования частоты тока в сети. Проектируемая АС включает три уровня: полевой уровень, контроллерный уровень и информационно-вычислительный уровень.
---------------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Описание технологического процесса; Разработка структурной схемы АС; Разработка функциональной схемы автоматизации; Разработка схемы информационных потоков АС; Выбор средств реализации АС; Разработка схемы соединения внешних проводов; Разработка алгоритмов управления АС; Разработка экранных форм АС; Моделирование работы системы регулирования.
Перечень графического материала	Функциональная схема автоматизации по ГОСТ 21.408–2013; Структурная схема; Схема соединения внешних проводов; Схема информационных потоков; Экранная форма; Дерево экранных форм; Алгоритм пуска системы вывода турбины на обороты холостого хода; Алгоритм останова системы вывода турбины на обороты холостого хода; Функциональная схема автоматизации по ANSI/ISA-S 5.1–2009;

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Пустовойтова Марина Игоревна

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

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Чимров Антон Вячеславович		

Реферат

Выпускная квалификационная работы содержит 91 страниц машинописного текста, 25 таблиц, 25 рисунков, 1 список использованных источников из 21 наименований, 1 альбом графической документации.

Объектом исследования является турбогенератор.

Цель работы – разработка автоматизированной системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины с использованием ПЛК.

В данной работе была разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров Metso CAN-RT, с применением SCADA-системы.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью текстового редактора Microsoft Word 2010, графического редактора Microsoft Visio 2013, системы автоматизированного проектирования Autodesk AutoCAD и программного обеспечения Matlab Simulink.

Ниже представлен перечень ключевых слов.

ПАРОВАЯ ТУРБИНА, ТУРБОГЕНЕРАТОР, АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ВАЛА ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ, МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ ТУРБИНЫ, СИСТЕМА ПОДДЕРЖАНИЯ ОБОРОТОВ ХОЛОСТОГО ХОДА, SCADA-СИСТЕМА.

Содержание

Глоссарий	8
Обозначения и сокращения	12
Введение	13
1. Техническое задание	14
1.1 Назначение системы.....	14
1.2 Режимы функционирования	15
1.3 Требования к системе.....	16
1.3.1 Требования к системе в целом	16
1.3.2 Требования к техническому обеспечению.....	16
1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению.....	17
1.3.4 Требования к программному обеспечению	17
1.3.5 Требования к математическому обеспечению	18
1.3.6 Требования к информационному обеспечению	18
2. Основная часть.....	19
2.1 Описание технологического процесса электрогенерации	19
2.2 Функциональные схемы регулирования скорости вращения.....	20
2.3 Разработка структурной схемы автоматизации	24
2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации	26
2.5 Схема информационных потоков	29
2.6 Выбор средств реализации	31
2.6.1 Выбор программируемого логического контроллера.....	32
2.6.2 Выбор датчиков давления.....	33
2.6.3 Выбор датчика положения	35
2.6.4 Выбор датчика скорости вращения	36
2.6.5 Выбор датчика уровня	38
2.6.6 Выбор измерителя тока.....	39
2.6.7 Выбор задвижек.....	40
2.6.8 Выбор исполнительного механизма для золотника МУТ	41
2.7 Разработка схемы соединения внешних проводов	43
2.8 Разработка экранных форм.....	43
2.9 Разработка дерева экранных форм	48
2.10 Разработка алгоритмов управления.....	49
2.10.1 Разработка алгоритма пуска системы вывода турбины	49
на обороты холостого хода.....	49

2.10.2 Разработка алгоритма останова системы вывода турбины	51
на обороты холостого хода	51
2.11 Моделирование системы регулирования скорости.....	52
вращения вала паровой турбины в Matlab	52
3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	58
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	58
3.2 Анализ конкурентных технических решений	58
3.3 Технология QuaD.....	61
3.4 SWOT-анализ	62
3.5 Планирование научно-исследовательских работ	63
3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	63
3.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	64
3.5.3 Разработка графика проведения научного исследования	67
3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	69
3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ	69
3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	70
3.6.3 Дополнительная заработная плата.....	71
3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	72
3.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	72
4. Социальная ответственность	76
4.1 Производственная безопасность.....	76
4.2 Уровень шума на рабочем месте.....	77
4.3 Электрический ток.	77
4.4 Уровень электромагнитных излучений.....	78
4.5 Микроклимат воздуха рабочей зоны.....	80
4.6 Экологическая безопасность	81
4.7 Электробезопасность	82
4.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	83
4.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
Заключение.....	87
Список используемых источников	88
Список публикаций	90

Глоссарий

<i>Термин</i>	<i>Определение</i>
АС	Автоматизированная система – это комплекс аппаратных и программных средств, предназначенных для управления различными процессами в рамках технологического процесса. Термин автоматизированная, в отличие от термина автоматическая подчеркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций.
Интерфейс (RS-232C, RS-422, RS-485, CAN)	Интерфейс – это совокупность средств (программных, технических, лингвистических) и правил для обеспечения взаимодействия между различными программными системами, между техническими устройствами или между пользователем и системой.
Мнемосхема	Мнемосхема – это представление технологической схемы в упрощенном виде на экране АРМ.
Протокол (CAN, OSI, ProfiBus, ModBus, HART, ProfiBus DP, ModBus DP, ModBus RTU)	Протокол – это набор правил, позволяющий осуществлять соединение и обмен данными между двумя и более включенными в соединение программируемыми устройствами.
Техническое задание на АС (ТЗ)	Утвержденный в установленном порядке документ, определяющий цели, требования и основные исходные данные, необходимые для разработки автоматизированной системы
Технологический процесс (ТП)	Технологический процесс – последовательность технологических операций, необходимых для

	выполнения определенного вида работ. Технологический процесс состоит из рабочих операций, которые в свою очередь складываются из рабочих движений.
Архитектура АС	Архитектура автоматизированной системы – это набор значимых решений по организации системы программного обеспечения, набор структурных элементов и их интерфейсов, при помощи которых компонуется АС
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.
ФЮРА. 425280	ФЮРА – это код организации разработчика проекта (ТПУ); 425280 – это код классификационной характеристики проектной продукции по ГОСТ 3.1201-85 (код означает проектирование распределенного автоматизированного управления технологическим объектом).
ОРС-сервер	ОРС-сервер – это программный комплекс, предназначенный для автоматизированного сбора технологических данных с объектом и предоставления этих данных системам диспетчеризации по протоколам стандарта ОРС
Стандарт	Стандарт – образец, эталон, модель, принимаемые за исходные для сопоставления с ними др. подобных

	объектов. Стандарт в Российской Федерации – документ, устанавливающий комплекс норм, правил, требований к объекту стандартизации, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг.
Объект управления	Объект управления – обобщающий термин кибернетики и теории автоматического управления, обозначающий устройство или динамический процесс, управление поведением которого является целью создания системы автоматического управления.
Программируемый логический контроллер (ПЛК)	Программируемый логический контроллер или программируемый контроллер – специализированное компьютеризированное устройство, используемое для автоматизации технологических процессов. ПЛК имеют развитые устройства ввода-вывода сигналов датчиков и исполнительных механизмов, приспособлены для длительной работы без серьезного обслуживания, а также для работы в неблагоприятных условиях окружающей среды. ПЛК являются устройствами реального времени.
Автоматизированное рабочее место (АРМ)	Автоматизированное рабочее место – программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности определенного вида. При разработке АРМ для управления технологическим оборудованием, как правило, используют SCADA-

	системы.
Распределенная система управления (PCY)	Распределенная система управления – система управления технологическим процессом, характеризующаяся построением распределенной системы ввода вывода и децентрализацией обработки данных.
Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП)	Автоматизированная система управления технологическим процессом – 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.
Modbus	Modbus – это коммуникационный протокол, основанный на архитектуре «клиент-сервер»

Обозначения и сокращения

Аббревиатура	Краткая характеристика
PLC	Программируемые логические контроллеры (ПЛК).
HMI	Человеко-машинный интерфейс
ВС	Вспомогательные средства
ИС	Исполнительные средства
ГЩУ	Главный щит управления
КТЦ	Котлотурбинный цех
ТГ	Турбогенератор
ТА	Турбоагрегат
ИМ	Исполнительный механизм
ШВВ	Шкаф ввода-вывода
ШУ	Шкаф управления
МУТ	Механизм управления турбиной
OPS	Рабочая станция оператора
RTS	Управляемый сетевой коммутатор
ЭЧСР	Электрическая часть системы регулирования
CAP	Система автоматического регулирования
RSTP (rapid spanning tree protocol)	Сетевой протокол верхнего уровня
АД	Асинхронный двигатель
ЧП	Частотный преобразователь
ПАЗ	Противоаварийная защита
CAP	Система автоматического регулирования
CAУ	Система автоматического управления

Введение

Автоматизация в электроэнергетической отрасли производства на сегодняшний день становится очень важным аспектом технологических процессов в данной области. Диапазон функций, которые выполняют автоматизированные системы на электроэнергетических предприятиях очень широк – это контроль и управление, обмен данными, обработка, накопление и хранение информации, формирование сигналов тревог, построение графиков и отчетов.

Автоматизация – одно из направлений научно-технического прогресса, применение саморегулирующих технических средств, экономико-математических методов и систем управления, освобождающих человека от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации, существенно уменьшающих степень этого участия или трудоёмкость выполняемых операций. Для повышения эффективности работы все чаще внедряются современные информационные технологии, гибкие автоматизированные системы и комплексы, которые позволяют в реальном времени управлять технологическими процессами производства с привлечением меньшего количества рабочих.

Целью выполнения выпускной квалификационной работы является разработка проекта автоматизированной системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины. Данная система будет представлять собой САР с элементами автоматизированного управления, поскольку процессы, происходящие в турбогенераторах, бывают довольно быстротечными и человек не способен уследить за всеми параметрами, а также вовремя и правильно реагировать на их изменение, поэтому данная система предусматривает минимальное вмешательство человека в технологический процесс.

1. Техническое задание

1.1 Назначение системы

АСУ ТП регулирования скорости вращения вала паровой турбины должна быть предназначена для автоматизированного контроля, процесса оперативно-диспетчерского и централизованного управления и поддержания заданных режимов работы технологического оборудования, входящего в состав системы регулирования.

Система должна решать следующие задачи:

- задания номинального числа оборотов турбины;
- поддержания номинального числа оборотов вала турбины при плавном изменении нагрузки;
- поддержания числа оборотов вала турбины, соответствующего числу оборотов холостого хода, при отключении нагрузки;
- сигнализацию текущего состояния технологического оборудования;
- сигнализацию отклонений от нормы режимов работы оборудования;
- отображение текущих значений измеряемых технологических параметров;
- передачу функций управления к системе ПАЗ в тех случаях, когда система регулирования неисправна или скорость турбины на критическом уровне.
- Сбор информации об аварийных ситуациях в ходе работы;

Система должна обеспечивать реализацию функций автоматизированного информационного обеспечения по параметрам

технологических процессов и состоянию технологического оборудования, в составе:

- механизм управления турбиной;
- шар-баллон;
- система автоматического регулирования;

Осуществлять следующие функции в ходе технологического процесса:

- Регистрации событий.
- Регистрации историй процессов (действий операторов на аварийные сообщения).
- Управления и контроля (регистрацию и архивацию основных технологических параметров по каждому агрегату).
- Генерации отчетов.
- Отображения и сигнализации (визуализацию причин простоев и технологических параметров на рабочих местах операторов, дежурных и всяких там лиц).
- Информационного взаимодействия со смежными системами.

1.2 Режимы функционирования

Система должна работать непрерывно. Система не должна требовать для работы непрерывного присутствия обслуживающего персонала и пользователей системы.

1.3 Требования к системе

1.3.1 Требования к системе в целом

Разрабатываемая АСУ ТП должна соответствовать требованиям ГОСТ 24.104-85 «Автоматизированная система управления. Общие требования», с учетом ниже изложенного в данном разделе.

1.3.2 Требования к техническому обеспечению

Технические средства АСУ ТП должны удовлетворять требованию информационной совместимости. Для этого технические средства должны иметь стандартные информационные интерфейсы, т.е. стандартные параметры сигналов входа/выхода, и поддерживать стандартные протоколы приема/передачи цифровых данных.

Все электрические и электронные средства систем автоматизации, размещаемые во взрывоопасных или пожароопасных зонах технологических объектов, должны применяться только во взрывозащищенном исполнении и иметь уровень взрывозащиты, отвечающий требованиям, предъявляемым ПУЭ, а коммутационные подключения к ним следует выполнять через барьеры искрозащиты, имеющие соответствующее свидетельство о взрывозащищенности.

Контроллеры должны иметь модульную архитектуру, позволяющую свободную компоновку каналов ввода/вывода. При необходимости ввода сигналов с датчиков, находящихся во взрывоопасной среде, допускается использовать как модули с искробезопасными входными цепями, так и внешние барьеры искробезопасности, размещаемые в отдельном конструктиве [1].

Должна быть предусмотрена возможность расширения АСУ ТП путем подключения дополнительных контроллеров, модулей ввода-вывода, нормирующих преобразователей, барьеров искрозащиты и других аппаратных компонентов в объеме до 20% (30% по дискретным каналам ввода-вывода) от использованных. Во всех шкафах и панелях, шасси

контроллеров необходимо предусматривать не менее 15% свободно места для размещения дополнительного оборудования. С учетом последующего расширения необходимо отведение 20% свободного пространства относительно многожильных кабелей, распределительных коробок и т.д.

1.3.3 Требования к метрологическому обеспечению

Использование средств измерений и вычислительной техники должно обеспечивать поддержание заданных режимов работы оборудования.

Значение основной приведенной погрешности преобразования измерительного канала для датчиков температуры должно быть $\pm 0,3 \%$ от диапазона измерения.

Основная приведенная погрешность установления аналогового выходного сигнала должна быть не более 0,5 % в рабочем диапазоне температур.

1.3.4 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение АС включает в себя:

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

Набор функций конфигурирования в общем случае должен включать в себя:

- создание и ведение базы данных конфигурации (БДК) по входным/выходным сигналам;
- конфигурирование алгоритмов управления, регулирования и защиты с использованием функциональных блоков;
- создание мнемосхем 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).

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.).

1.3.5 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС средствами единого математического аппарата.

1.3.6 Требования к информационному обеспечению

По результатам проектирования должны быть представлены:

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

В состав информационного обеспечения должны входить:

- унифицированная система электронных документов, выраженная в виде набора форм статистической отчетности.

2. Основная часть

2.1 Описание технологического процесса электрогенерации

Схема работы турбоагрегата.

Свежий пар из котла 1 и пароперегревателя 2 подается в турбину 3 и, при расширении пара совершается работа, направленная на вращение ротора электрического генератора 5, который находится на одном валу с турбиной. На выходе из турбины пар поступает в конденсатор 4, где охлаждается и конденсируется. Далее конденсат с помощью конденсатного насоса 6 проходит через подогреватель низкого давления 7 и поступает в деаэратор 8. Из деаэратора 8 питательным насосом 9 вода подается через подогреватель высокого давления 10 в котел 1, таким образом получается замкнутый контур (рисунок 1).

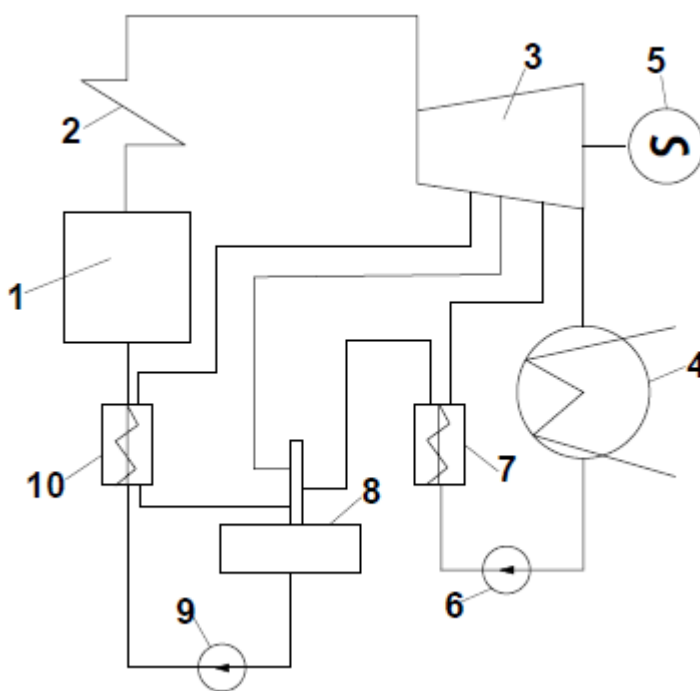


Рисунок 1 – Схема работы турбоагрегата

Основной принцип действия паровой турбины (рисунок 2): потенциальная энергия пара при его расширении в соплах 1 преобразуется в кинетическую энергию движущегося с большой скоростью пара. Струя пара направляется на изогнутые лопатки 2, закрепленные по окружности диска

или барабана 4, насаженного на вал 3. Воздействие струй пара на лопатки приводит вал во вращение.

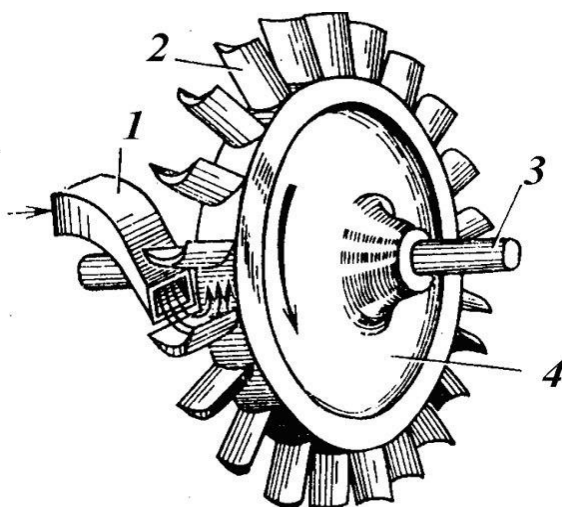


Рисунок 2 – Простейшая турбинная установка

2.2 Функциональная схемы регулирования скорости вращения

Существуют следующие задачи, связанные с регулированием частоты вращения турбин:

- первая задача – это создание автоматизированной системы регулирования частоты вращения ротора турбины;
- вторая – обеспечение данной системой такого сброса полной нагрузки, чтобы повышение частоты вращения было ограниченным, и не приводило к гибели турбины, иными словами – удержание турбины на холостом ходу.

На рисунке 3 представлена система регулирования скорости вращения турбины. Работает она следующим образом: регулирующий клапан 15 управляет подачей пара в турбину 16, перемещение данного клапана осуществляет сервомотор 14, который представляет собой цилиндр с перемещающимся внутри поршнем. При подаче рабочей жидкости под давлением в полость над поршнем и сообщении полости под поршнем с областью пониженного давления (сливом) поршень перемещается вниз и закрывает регулирующий клапан. При подаче рабочей жидкости под поршень регулирующий клапан открывается. Золотник 11 необходим для

подачи рабочей жидкости в сервомотор, на золотник сверху действует усилие пружины, а снизу - давление рабочей жидкости. В установившемся режиме работы турбины кромки золотника 11 располагаются в напротив окон в буксе золотника, поэтому клапан неподвижен, так как рабочая жидкость, поступающая в полость между управляющими окнами золотника, не может проходить в сервомотор. Движение сервомотора происходит только при смещении золотника; тогда в одну из полостей сервомотора поступает жидкость под давлением, а другая полость сообщается через золотник с областью низкого давления. Таким образом, можно выделить важное преимущество рассматриваемой системы: для перемещения золотника 11 не требуется большой перестановочной силы, при этом в сервомотор можно подавать жидкость под высоким давлением, что позволяет получить большое перестановочное усилие на клапане при малых размерах сервомотора. Важным элементом системы регулирования является золотник обратной связи 12, обеспечивающий устойчивость ее работы. При своем движении поршень сервомотора 14 не только перемещает клапан, но и воздействует на давление под золотником 11, возвращая его к прежнему значению и останавливая движение поршня сервомотора 14 (поэтому золотник обратной связи часто называют выключателем). Регулятор частоты вращения 9 помещен непосредственно на валу турбины 16 и выполнен в виде упругой ленты, деформация которой вызывает перемещение отбойной пластины 8, которая изменяет расход жидкости через сопло 17 в буксе 3. Положение буксы определяется разностью давлений рабочей жидкости в камерах 6 и 7.

Рассмотрим пример, когда частота вращения возрастает. В этом случае отбойная пластина 8 регулятора частоты вращения сдвинется вправо, слив из сопла 17 увеличится и давление в камере 7 снизится. Таким образом, букса сдвинется вправо тем самым увеличит площадь для прохода рабочей жидкости через окна 5 и 4 на слив. Это приведет к падению давления в импульсной линии 10 и опусканию отсечного золотника 11. Рабочая жидкость начнет поступать в верхнюю полость сервомотора, и

регулирующий клапан 15 закрывается. При этом важно, что золотник 12 обратной связи, перемещающийся вместе с поршнем сервомотора, будет прикрывать окна 13, компенсируя открытие окон 5 и восстанавливая давление в импульсной линии под золотником 11. В результате золотник 11 займет снова среднее положение, а клапан 15 - новое положение, обеспечивая поддержание частоты вращения [2].

Золотник 2, перемещаемый с помощью электродвигателя, образует механизма управления турбиной (МУТ). Поскольку, закрывая окна 4 золотником 2, можно изменить давление под золотником 11, что вызовет его перемещение и поступление рабочей жидкости в сервомотор 14. Поршень сервомотора поднимется и увеличит её мощность. Открытие окон 13 восстановит давление в импульсное давление под золотником 11 и вернет его в среднее положение. При уменьшении частоты вращения все процессы происходят в обратном порядке.

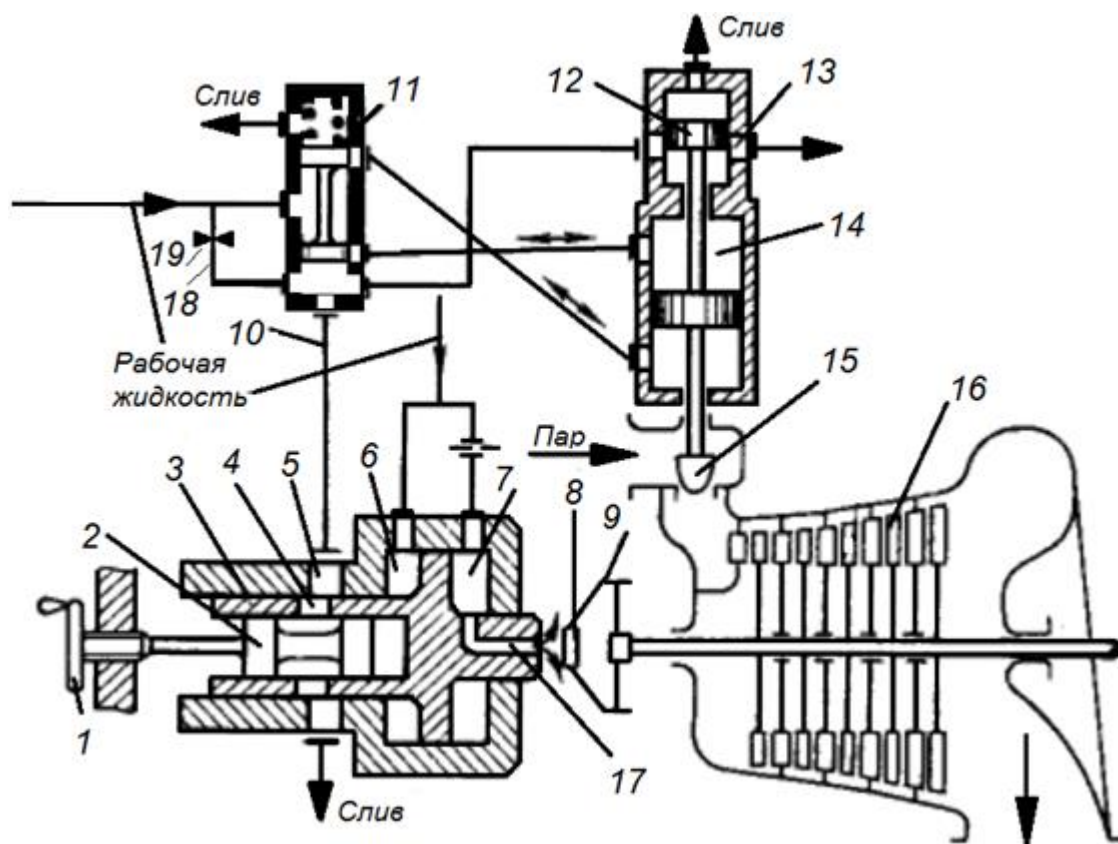


Рисунок 3 – Гидравлическая САУ

Данная САР имеет все необходимое для выполнения первой задачи по регулированию скорости вращения турбины, оператор с помощью МУТ задает необходимое число оборотов турбины, и система в автоматическом режиме поддерживает заданное число оборотов. Однако, для выполнения второй задачи: удержания турбины на оборотах холостого хода при сбросе нагрузки этого недостаточно. Система должна мгновенно реагировать на отключение генератора от сети и управлять регулируемыми клапанами так, чтобы обеспечить необходимую частоту, для предотвращения разгона турбины. Система, представленная на рисунке 4, возможно, справится с этой задачей, но за более продолжительный промежуток времени. В течении, которого обороты турбины могут значительно превысить номинальное число оборотов. Для избежание этого в систему вводят дополнительные механизмы (рисунок 4). При отключении генератора от сети, возникает электрический сигнал, который активирует подачу рабочей жидкости под давлением из шара-баллона в полость золотника 11, при этом в линии 18, которая поддерживает давление под поршнем золотника 11 закрывается с помощью задвижки 19. Таким образом под разностью давлений золотник 11 опустится вниз и поршень сервомотора 14 опустит регулирующий клапан для достижения необходимого числа оборотов, после чего подача рабочей жидкости из шара-баллона прекращается, линии 18 открывается, давление в золотнике выравнивается и регулировочный клапан остается на месте. Таким образом, задача удержания турбины на холостом ходу выполняется с достаточным быстродействием.

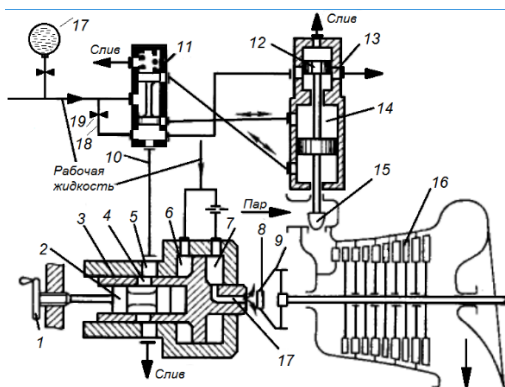


Рисунок 4 – Модернизированная гидравлическая САР

2.3 Разработка структурной схемы автоматизации

Функционально структура автоматизированной системы построена на многоуровневом иерархическом принципе. В соответствии с принятой архитектурой функции, распределяются по уровням управления следующим образом.

Нижний уровень

На нижнем уровне выполняется:

- контроль параметров технологического процесса с заданной точностью и периодичностью;
- преобразование измеренных параметров технологического процесса в унифицированные электрические сигналы;
- диагностика датчиков и измерительных преобразователей;
- контроль состояния исполнительных механизмов и сигнализаторов технологических параметров;
- интерфейс с аппаратурой управления исполнительными механизмами.

Средний уровень

На среднем уровне выполняется:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о состоянии оборудования и параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование параметров технологического процесса;
- исполнение команд с верхнего уровня;
- обмен информацией с верхним уровнем;
- тестирование элементов автоматики нижнего уровня.

Верхний уровень

На верхнем уровне выполняется:

- сбор данных с контроллеров среднего уровня;
- 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.
- формирование и передача на нижний уровень управляющих воздействий по поддержанию заданных технологических режимов;
- диагностика работы технологического оборудования, технических и программных средств системы управления.

Верхний уровень включает в себя:

- Сетевые коммутаторы размещенные в шкафу ШУ и столе АРМ ВС. Коммутаторы образуют диспетчерскую шину сети. К коммутаторам подключаются контроллеры нижнего уровня. От каждого коммутатора идут две линии, резервирующие друг друга.
- OPS – станция оператора. Станция оператора предназначена для оперативного контроля и управления технологическим процессом, просмотра журналов сообщений и графиков технологических параметров. Загрузка станции при включении питания осуществляется с сервера резервирования (BU). После загрузки станция работает автономно.
- АРМ вспомогательных средств – АРМ ВС. Включает в свой состав рабочую станцию АРМ ГЩУ, КВМ-удлинитель, сетевые коммутаторы. Используется для размещения переносной инженерной станции (ПИС).
- АРМ главный щит управления – АРМ ГЩУ, реализован в виде, рабочей станции, размещаемой в АРМ ВС, и одного монитора, клавиатуры, "мышь", размещаемых удаленно и соединяемых с рабочей станцией через КВМ-удлинитель (видео, клавиатура и "мышь") по оптическому кабелю.
- АРМ котло-турбинного цеха, включает в те же компоненты, что и АРМ ГЩУ.
- АРМ 1 инженера АСУТП – АРМ ИС1. Включает в свой состав два монитора, клавиатуру, "мышь" и звуковые колонки.
- Переносная инженерная станция – ПИС. Выполнена в виде ноутбука.

Трехуровневая структура АС приведена в альбоме схем (ФЮРА.425280.001.ЭС.02).

2.4 Разработка функциональной схемы автоматизации

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:

- 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 вариант функциональной схемы автоматизации по ГОСТ 21.404-85 «Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

Всю функциональную схему автоматизации можно разделить на локальные объекты, которые включают в себя различные элементы и выполняют определённые функции:

1) МУТ (механизм управления турбиной).

Данный механизм осуществляет задание номинального числа оборотов турбины, посредством перемещения золотника, включает в себя следующие элементы:

- Асинхронный двигатель – перемещает вентиль который соединен с золотником;
- Частотный преобразователь – осуществляет управление двигателем в течении того времени, которое обеспечит необходимое изменение давления в импульсной линии для задания необходимого числа оборотов;

2) Шар-баллон.

Данный механизм открывает доступ рабочей жидкости под большим давлением в полость сервомотора, который прикрывает регулирующие клапаны и удерживает турбину на холостом ходу.

Осуществляет автоматическое управление:

- Задвижкой на подачу рабочей жидкости в полость золотника.
- Задвижкой на прекращение доступа рабочей жидкости в импульсную линию.

Осуществляет поддержание необходимого давления в шаре-баллоне.

Все вышеописанные элементы, а также элементы, которые не являются частью какого-либо объекта показаны ниже в виде обозначений.

На функциональной схеме приведены следующие обозначения:

- 1)  Прибор представляющий собой частотный преобразователь, необходимый для управления АД, установлен по месту.
- 2)  Пускатель исполнительных механизмов.

- 3)  Прибор для измерения абсолютного давления с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 4)  Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная по месту.
- 5)  Прибор для измерения силы тока, с дистанционной передачей показаний, также для включения исполнительного механизма. Установлен по месту.
- 6)  Прибор для наблюдения за положением клапана, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 7)  Прибор для сигнализации аварийного значения скорости вращения вала, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 8)  Прибор для измерения скорости вращения вала и включения исполнительных механизмов, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
- 9)  Прибор для измерения уровня в маслобаке, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.

Все датчики, их количество и выполняемые ими функции, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Датчики полевого уровня

Поз. обозначение	Наименование	Количество
SY100	Частотный преобразователь для задания времени работы и направления вращения АД.	1
H101, H105, H106,	Устройство ручного пуска.	5

H107, H109		
PT102, PT103, PT104	Манометр: измеряемое давление 4кПа до 2,5Мпа (абсолютное).	3
ET108	Амперметр: измеряемая сила тока от 0 до 2000А.	1
PT110	Манометр: измеряемое давление 1кПа до 16Мпа (абсолютное).	8
GT111	Датчик положения регулирующих клапанов.	8
LT112	Уровнемер: измерения уровня масла от 0 до 6000мм.	1
STA113	Спидометр: измерение и управление исполнительными механизмами при достижении скорости холостого хода вала турбины, а также сигнализация при достижении значения скорости аварийного уровня.	1

Помимо функциональной схемы автоматизации по ГОСТ 21.408-2013, была разработана схема согласно американскому стандарту ANSI /ISA5.1-2009. Основное отличие данной схемы в том, что все взаимосвязи между элементами показаны не в подвале, а на самой функциональной схеме. Функциональная схема автоматизации по ANSI приведена в альбом схем (ФЮРА.420609. 9).

2.5 Схема информационных потоков

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

- нижний уровень (уровень сбора и обработки),
- средний уровень (уровень текущего хранения),
- верхний уровень (уровень архивного 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 выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным 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.

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

AAA может принимать следующие значения:

- PRS – давление;
- LDS – нагрузка;
- PST – положение;
- CRT – ток;
- LVL – уровень;
- SPD – скорость;

BBB – код технологического объекта, может принимать следующие значения:

- BKS – бункер;
- IMP – импульсная линия;
- VLV10 – задвижка №10;
- VLV9 – задвижка №9;
- VLV6 – задвижка №6;
- VLV7 – задвижка №7;
- SPH – шар-баллон;
- TNK – маслобак;
- CVL – регулирующий клапан;
- SHT – вал турбины;

– GNT – генератор;

Кодировка всех сигналов в SCADA-системе представлена в таблице №2.

Таблица №2 – Кодировка сигналов

Кодировка	Расшифровка кодировки
PRS_BKS	Давление в камерах буксы
PRS_IMP	Давление в импульсной линии
PRS_SPH	Давление в шаре-баллоне
CRT_GNT	Ток в цепи
PRS_CVL	Давление перед регулировочными клапанами
PST_CVL	Положение регулировочных клапанов
SPD_SHT	Скорость вращения вала турбины
LVL_TNK	Уровень в маслобаке

Верхний уровень представлен базой данных АСУ ТП. Информация для специалистов структурируется наборами экранных форм АРМ. На мониторе АРМ оператора отображаются различные информационные и управляющие элементы. На АРМ диспетчера автоматически формируются различные виды отчетов.

Схема информационных потоков приведена в альбом схем (ФЮРА.420609. 04).

2.6 Выбор средств реализации

Выбор средств реализации проекта АС – это анализ различных вариантов, выбор компонентов АС. Программно-технические средства автоматизации представляют собой: измерительные, исполнительные устройства, а также контроллерное оборудование. Измерительные устройства функционируют на полевом уровне и необходимы для сбора информации о технологическом процессе. Исполнительные устройства воздействуют на объект посредством преобразования электрической энергии в механическую.

Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

2.6.1 Выбор программируемого логического контроллера

В ходе анализа и выбора оборудования, были рассмотрены 2 вида ПЛК: Siemens SIMATIC S7-300, MetsoACN-RT.

В таблице 3 представлены технические характеристики двух вышеупомянутых ПЛК.

Таблица 3 – Характеристики ПЛК

Технические характеристики	MetsoACN-RT	SIMATIC S7-300
Процессор	Intel Industrial Celeron 2 GHZ	313C
Память (RAM)	256 Мбайт	64 Кбайт
Время цикла	От 10 мс	От 0.15 мс
Количество каналов ввода-вывода	256	256
Типы интерфейсов	RS 485, RS 232, Ethernet, Profibus	RS 485, Profibus, Ethernet, MPI, Modbus
Напряжение питания	24 В	24 В
Потребляемая мощность	3 Вт	3,5 Вт
Диапазон рабочих температур	0..+70 °C	-40..+70 °C
Степень защиты	IP20	IP65

Оба контроллера имеют схожие технические характеристики, однако у контроллера фирмы Metso значительно больше объем оперативной памяти, а контроллер Siemens выигрывает в показателе времени цикла. Таким образом, в ходе сравнительного анализа двух ПЛК был выбран контроллер Metso ACN-RT.

Центральным ядром структуры ПТК АСУТП является проектно-компоновемый базовый программно-технический комплекс ПТК "Апогей" на базе технических средств комплексной автоматизации MetsoDNA CR (Метсо Автоматизация).

Задачи управления выполняются функциональными блоками в metsoACN PCS. Контроллер PCS metsoACN RT выполнен в 19-дюймовом корпусе 2U. Модель metsoACN RT – самая мощная модель контроллера в линейке контроллеров системы metsoDNA CR [4].

Внешний вид ПЛК Metso ACN RT представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – ПЛК Metso ACN RT

2.6.2 Выбор датчиков давления

В процессе выбора оборудования для фиксирования давления в буксе и импульсной линии были рассмотрены следующие устройства: преобразователь давления AIR-10SH, Метран 150. Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики датчиков давления

	АИР-10SH	Метран 150
Пределы измерения	4 кПа...2,5 Мпа	20 кПа...6 Мпа
Погрешность	$\pm 0,1 \%$	$\pm 0,075 \%$
Средний срок службы	12 лет	50 лет

Выходной сигнал	4...20 мА/HART	4...20 мА/HART
Конфигурирование	HART	HART
Глубина перенастройки диапазона	1:40	1:100
Пылевлагозащита	IP65	IP65
ЭМС	IV-A	IV-A
Индикация	Светодиодный 4- х разрядный индикатор в корпусе АГ-15	ЖКИ
Температура окружающей среды	-40...+70 °C	-40...+80 °C

Как видно из сравнительного анализа, датчик давления Метран 150 выигрывает по таким важным показателям как срок службы и погрешность измерения, также стоит отметить, что оба датчика выполнены в малогабаритном и взрывобезопасном исполнении, поскольку рабочей средой в данных объектах является масло, также данные датчики устойчивы к вибрациям, это следует учитывать при выборе оборудования для турбоагрегатов, так как при работе турбины возникают вибрации, которые приводят к значительным погрешностям измерения или выходу из строя датчиков

Микропроцессорный датчик давления Метран 150 с HART протоколом предназначается для непрерывных преобразований значений абсолютного давления, жидких и газообразных, в унифицированный выходной токовый сигнал 4 - 20 мА и в цифровой сигнал на базе HART-протокола [5].

Внешний вид датчика представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Датчик давления Метран 150ТА.

2.6.3 Выбор датчика положения

В процессе выбора оборудования для отображения текущего положения регулирующего клапаны были рассмотрены следующие устройства: датчик положения типа 4748, ПКП1И.

Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Характеристики датчиков положения

	4748	ПКП1И
Напряжение питания	24 В	220В
Диапазон срабатывания	$\leq 0,1 \%$	$\leq 0,1 \%$
Выходной сигнал	4...20 мА	4...20 мА
Влияние питающего напряжения	$\leq 0,1 \%$	-
Влияние ВЧ-помех	$\leq 1 \%$	-
Класс защиты	IP65	IP54
Допустимая окружающая температура	-20...+70 °C	1...+50 °C

В качестве датчика положения в проекте используется датчик положения типа 4748, который предназначен для преобразования величины хода (положения) клапана в соответствующий электрический сигнал в диапазоне 4...20 мА. Если этот выходной сигнал передавать на индикатор, то появляется возможность контроля текущей величины рабочего хода. Датчик положения устанавливается на регулирующие клапаны [6]. Выбор обусловлен тем, что ПКП1И представляет собой прибор не только для контроля положения задвижки, но и для управления электроприводом, однако данный функционал не является необходим в этом случае.

Внешний вид датчика представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Датчик положения типа 4748

2.6.4 Выбор датчика скорости вращения

В процессе выбора оборудования для отображения текущего положения регулирующего клапаны были рассмотрены следующие устройства: многофункциональный датчик M18 и FUA 9192.

Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристики датчиков скорости вращения

	M18	FUA 9192
Напряжение питания	10...30 В	8.5В
Потребляемый ток	30 мА	20 мА
Излучатель, длинна волны	Светодиод	Светодиод
Регулировка чувствительности	Потенциометр	Потенциометр
Выход	NPN или PNP	NPN
Выходной ток	150 мА	-
Время срабатывания	1 мс	1 мс
Частота переключения	50 Гц	0.1 Гц
Степень защиты	IP67	IP67
Материал линз	Пластмасса PMMA	-
Диапазон рабочих температур	-25...+55 °C	-25...+45 °C

В целом, приборы имеют схожие характеристики, однако, частота переключений у FUA 9192 слишком низкая, что недопустимо при регулировании частоты вращения вала.

Таким образом, в качестве датчика скорости вращения вала был выбран многофункциональный датчик M18 серии S5 [7].

Способ фиксирования частоты вращения вала с помощью данного датчика основан на бесконтактном оптическом принципе действия: световой луч направляется на вал турбины, где закреплено отражающее устройство. Отраженный луч попадает на фотоприемник. Фотоприемник выдает последовательность импульсов, которые поступают на излучающий светодиод и на выходной разъем.

Основные преимущества данного датчика:

- прочный и ударостойкий корпус;
- индикатор стабильной работы;
- бесконтактный принцип действия;

Внешний вид датчика представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Датчик скорости вращения M18

2.6.5 Выбор датчика уровня

В процессе выбора оборудования для отображения текущего положения регулирующего клапаны были рассмотрены следующие устройства: буйковый уровнемер UQD, магнитный уровнемер жидкости UQZ.

Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристики датчиков уровня

	UQD	UQZ
Напряжение питания	24 В	24 В
Выходной сигнал	4-20 мА/HART	4-20 мА/HART
Класс точности	1.5 %	± 10 мм
Индикация	ЖКИ	-
Локальное конфигурирование	Есть	-
Температура окружающей среды	-30...+70 °C	-40...+80 °C
Диаметр поплавка	230мм	-
Номинальное давление	6.3 МПа	2.5 МПа
Степень защиты	IP65	IP65

Оба датчика имеют схожие технические характеристики, однако в проекте для измерения текущего уровня жидкости в маслобаке, используется малогабаритный буйковый уровнемер UQD, поскольку его можно использовать в условиях ограниченного пространства, которым является система масло снабжения и регулирования, также данный датчик можно подстраивать под габариты маслобака [8].

Такие датчики состоят из поплавка, балансировочного рычага и грузов. Поплавок свободно движется вверх и вниз соответственно изменению уровня. В соответствии с положением поплавка приводятся в движение шатун, связанный с ним, и главная ось. Датчик углового перемещения связан с осью посредством пары шестерен, таким образом он отмеряет возникающее перемещение и преобразовывает его в унифицированный электрический сигнал.

Внешний вид датчика представлен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Буйковый уровнемер

2.6.6 Выбор измерителя тока

В процессе выбора оборудования для отображения текущего положения регулирующего клапаны были рассмотрены следующие устройства: амперметр переменного тока Omix D2, ЩП120П.

Сравнительные характеристики датчиков представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики датчиков тока

	Omix	ЩП120П
Класс точности	0.5 %	0.5 %
Диапазон измерения	0...5 А – при прямом включении; 0...10 кА – с трансформатором тока	0..9999 А
Питание	~ 220 В ± 10%, 50...60 Гц.	~ 220 В ± 10%, 50...60 Гц.
Габаритные размеры	D2: 86x36x66	96 x 48 x 148
Температура окружающей среды	-5...+50 °C	-5...+50 °C

В ходе сравнительного анализа, качестве амперметра был выбран цифровой амперметр переменного тока Omix D2, поскольку имеет меньшие габариты, при схожих технических характеристиках [9].

Цифровые амперметры Omix используются для измерения силы переменного тока, который протекает через замкнутый контур прибора. Максимальное значение непосредственно измеряемого тока не должно превышать 5 А. Возможно использование прибора вместе с трансформатором тока Х/5 А.

Внешний вид датчика представлен на рисунке 11.



Рисунок 11 – Амперметр переменного тока

2.6.7 Выбор задвижек

В качестве исполнительных устройств для объектов системы удержания турбины на холостом ходу были выбраны задвижки шиберные с электроприводом и ручным управлением DN 150 (рисунок 12), поскольку рабочее давление в трубах, позволяет использовать данный тип задвижек, в том время как клиновые задвижки используются в трубопроводах, где давление более 2 МПа.

Шиберная задвижка — трубопроводная арматура. Шиберная задвижка отличается от обычной задвижки исполнением запорного элемента. В шиберной задвижке используется металлический клин или металлическая пластина, способная разрезать включения в жидкости, протекающей внутри тела задвижки [10].

Можно выделить следующие преимущества данного типа задвижек:

- компактная конструкция;
- легко монтируемая на трубопроводе и простая в эксплуатации;

- ремонтпригодность;
- легкая замена всех деталей задвижки;



Рисунок 12 – Внешний вид шиберной задвижки

Основные технологические и эксплуатационные характеристики:

- температура рабочей среды: от +5 до +120°C;
- присоединение к трубопроводу: межфланцевое, с ответными фланцами под приварку;
- привод: ручной, электрический;
- материал основных деталей и узлов: корпус — углеродистая сталь, нож — сталь 40X13.

2.6.8 Выбор исполнительного механизма для золотника МУТ

Для приведения в движение золотника МУТ в проекте был выбран прямоходный исполнительный механизм МЭП-2,5/24-400 (44 МЭП).

Исполнительные механизмы электрические прямоходные МЭП предназначены для обеспечения поступательного перемещения элементов машин, механизмов, конструкций [11].

В состав исполнительных механизмов прямоходных МЭП входят следующие элементы:

- Трехфазный асинхронный электродвигатель;
- Винтовая передача;

- Редуктор;
- Узел ручного привода;
- Блок концевых выключателей;
- Датчик положения с унифицированным токовым выходом;

Стоит отметить, что для управления трехфазным асинхронным двигателем в проекте используется частотный преобразователь Bonfiglioli Vectron, функция которого заключается в своевременном включении и отключении двигателя, для задания номинального числа оборотов в системе. Для этого ЧП вращает двигатель в направлении, которое обеспечит изменение давления в импульсной линии и как следствие изменение числа оборотов турбины, когда необходимая скорость будет достигнута двигатель отключается и система начинает функционировать в установившемся режиме. Внешний вид механизма показан на рисунке 13.



Рисунок 13 – Прямоходный исполнительный механизм МЭП-2,5/24-400

Технические характеристики МЭП показаны в таблице 9.

Таблица 9 - Характеристики МЭП

Усилие	1,6 кН
Скорость	24 мм/с
Рабочий ход	200
Тип концевых выключателей	ГВ (Б-1)
Датчик положения	Есть
Масса	7-9 кг
Тип редуктора	Зубчато-ременная передача

2.7 Разработка схемы соединения внешних проводок

В проекте разработана схема внешних проводок для всей системы. На схеме показаны проводки следующих датчиков: датчик давления, датчик скорости, датчик уровня, датчик положения клапанов, датчик тока. В данных приборах сигнал преобразуется в унифицированный токовый сигнал 4-20 мА.

Для прокладки кабеля от датчиков до клеммной коробки (КСК) используется кабель КВВГ 4х10 длиной 10м. Для прокладки кабеля от КСК до щита КИПиА используется кабель КВВГ 10х10 длиной 20м. КВВГ это контрольный кабель с токопроводящей медной жилой, с ПВХ изоляцией, в ПВХ оболочке.

Схема соединения внешних проводок приведена в альбоме схем (ФЮРА.420609. 03).

2.8 Разработка экранных форм

Для управления технологическим процессом, а также контролем за параметрами этого процесса на АРМ была разработана экранная форма системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины.

Экранная форма приведена в альбоме схем (ФЮРА.420609. 05).

Форму условно можно разделить на следующие части:

- объекты турбогенератора;
- объекты системы регулирования;
- блок настройки регулирования;
- блок трендов, отчет и аварийных сообщений;

В генераторной цепи отображается текущее состояние генератора (включен, выключен, защита), мощность генератора и значение тока статора генератора.

Конструкция турбоагрегата предусматривает по 4 паровпускных органа для цилиндров высокого и среднего давления. Паровпускные органы представляют собой клапаны, на экранной форме предусмотрен контроль давления перед каждым клапаном, а также текущий процент открытия клапана

(рисунок 14). Стоит отметить, что управление всеми паровпускными органами совершает один сервомотор, поэтому на форме все клапаны соединены между собой пунктирной линией, которая идет к сервомотору системы регулирования.

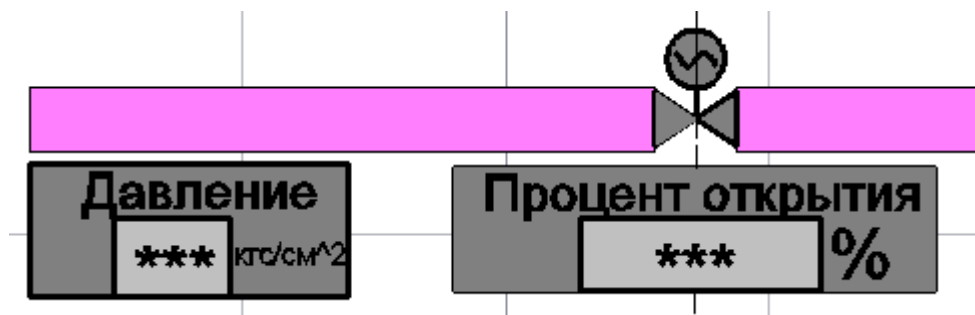


Рисунок 14 – Контроль регулирующего клапана

Впуск пара в турбоагрегат показан в виде стрелочки для каждого клапана (рисунок 15). Стоит отметить что данная экранная форма не показывает весь процесс подвода пара к турбине: стопорные клапаны, ГПЗ, а также блок промежуточного перегрева пара, поскольку данные пункты имеют лишь косвенное отношение к системе регулирования скорости вращения.



Рисунок 15 – Впуск пара в турбоагрегат

Далее идет контроль параметров непосредственно системы регулирования. В данной части мнемосхемы можно наблюдать состояние МУТ (в работе, останов). Букса и регулятор скорости показаны в виде единого блока, рядом с которым отображается текущее значение скорости вращения вала, а

также давление в камерах буксы. Между буксой и золотником управления располагается импульсная линия, у данного объекта осуществляется контроль давления.

Далее следует объект шар-баллон, у которого контролируется давление внутри его полости. Также на мнемосхеме отображены задвижки для управления данной частью технологического процесса:

- задвижка на подкачку рабочей жидкости;
- задвижка на слив рабочей жидкости;
- задвижка на пуск рабочей жидкости в полость золотника;
- задвижка на для уменьшения давления в импульсной линии;

Экранная форме позволяет наблюдать следующие состояния задвижки:

- задвижка открыта
- задвижка закрыта;
- задвижка открывается;
- задвижка закрывается;

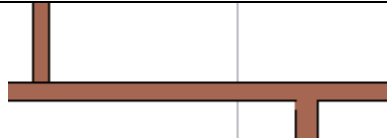
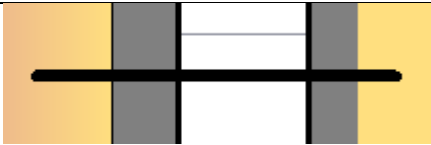


Рисунок 16 – Контроль состояний задвижки

Соответствие цветовой гаммы и технологического параметра показан в таблице 10.

Таблица 10 – Распределение цветов

Пар цилиндра высокого и среднего давления.				

Рабочая жидкость системы регулирования.	
Связь объектов системы регулирования.	
Связь объектов турбоагрегата.	

Также на мнемосхеме предусмотрен блок настройки регулирования. В данной части формы можно задать номинальные значения числа оборотов турбины и номинальное значение давления в шаре-баллоне. В данном блоке отображается текущее значение технологического параметра в такой же стилистике, как и все остальные параметры на экранной форме, а именно отображение наименования параметра (1), окно значения (2) и единицы измерения (3) данного параметра (рисунок 17).

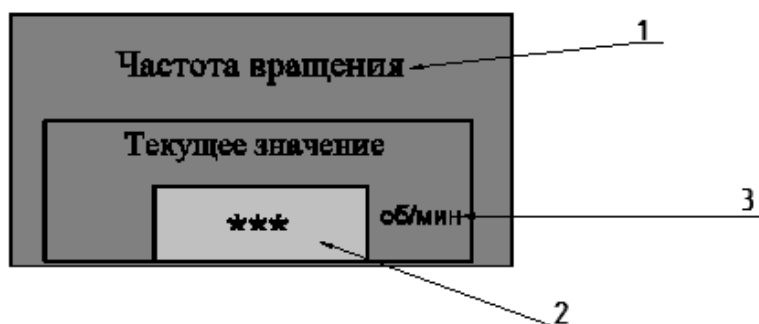


Рисунок 17 – Контроль технологического параметра

Также в данном блоке предусмотрены кнопки для ручного задания значения технологического (ввод с клавиатуры, увеличение с помощью знака "+", уменьшение с помощью знака "-") (рисунок 18).

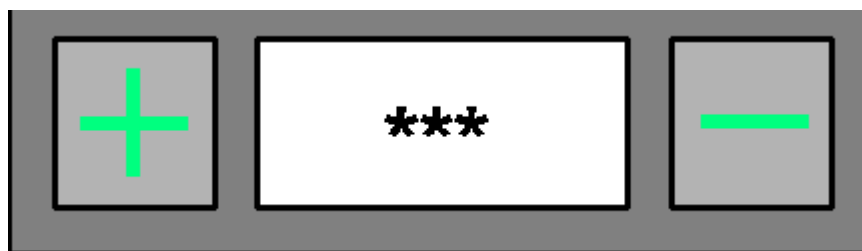


Рисунок 18 – Изменение значения параметра

Цветовые соответствия для отображения технологического параметра показаны в таблице 11.

Таблица 11 – Соответствие цветов и значения параметров

	Значение параметра находится в пределах норм
	Нарушение допустимых норм
	Нарушение предельных норм

Для генератора, МУТ и задвижек активное состояние выделяется зеленым цветом, неактивное – серым (рисунок 19).

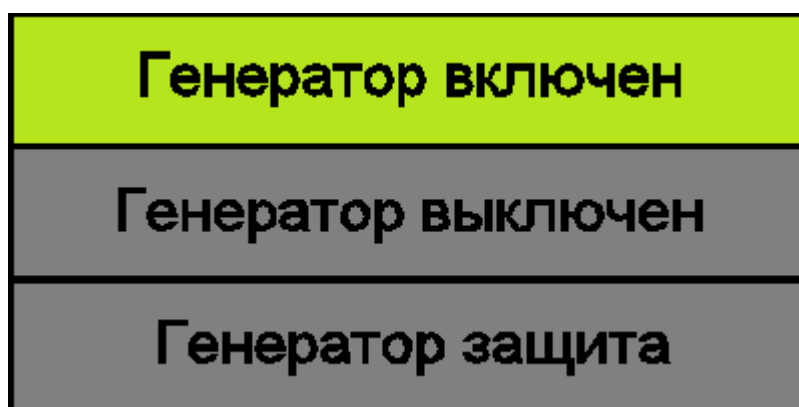
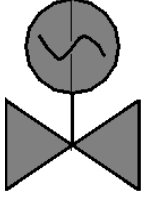
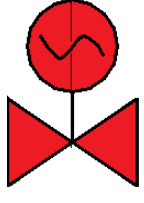


Рисунок 19 – Индикация активного состояния

Для задвижек соответствие цветов и состояний показаны в таблице 12.

Таблица 12 – Цвета для задвижек

	Задвижка открыта
	Задвижка закрыта
	Промежуточное состояние (открывается или закрывается)
	Авария

2.9 Разработка дерева экранных форм

Дерево экранных отображает те экранные формы, с которыми взаимодействует главная форма при функционировании.

Схема дерева экранных форма приведена в альбоме схем (ФЮРА.420609. 06).

На схеме главной экранной формы, рассмотренной в предыдущем разделе, без внимания остался блок, который связывает главную форму со всеми остальными (рисунок 19).

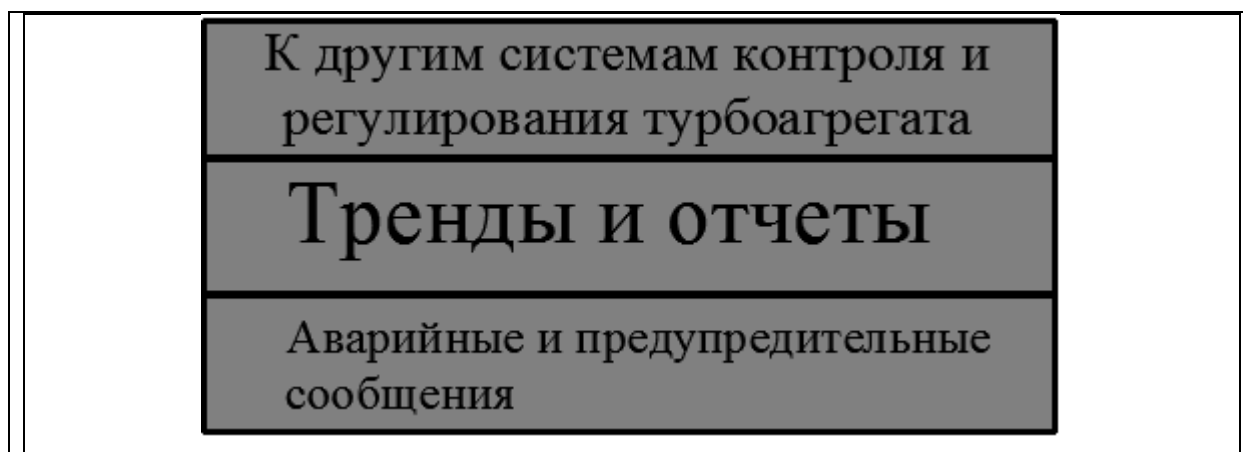


Рисунок 20 – Ссылки на другие экранные формы

Таким образом, непосредственно, с главной экранной формы мы можем обратиться, к таким системам контроля турбоагрегата, как система маслоснабжения и система защит турбоагрегата, а также можем получить информацию об аварийных и предупредительных сообщениях, получить тренды и отчеты.

2.10 Разработка алгоритмов управления

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

- алгоритмы пуска (запуска)/ останова технологического оборудования;
- ПИД-алгоритмы автоматического регулирования технологическими параметрами технологического оборудования;
- алгоритмы управления сбором измерительных сигналов (алгоритмы в виде универсальных логически завершенных программных блоков, помещаемых в ППЗУ контроллеров);
- алгоритмы автоматической защиты;
- алгоритмы централизованного управления АС.

В блок-схемах алгоритмических модулей используются элементы согласно ГОСТ 19.701-90.

2.10.1 Разработка алгоритма пуска системы вывода турбины на обороты холостого хода

Данный алгоритм выполняет функции вывода турбоагрегата на обороты, соответствующие оборотам холостого хода в случае сброса нагрузки, с целью предотвращения разгона и дальнейшего разрушения турбины.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Контроллер сравнивает текущее значение тока в генераторной цепи с нулевым значением, если данное значение равно нулю, то есть нагрузка сброшена, а генераторный ключ разомкнут, то переходим к следующему шагу, если нет, то система функционирует в штатном режиме.

2. Для запуска системы вывода турбины на обороты холостого хода, необходимо, чтобы в шаре-баллоне поддерживалось, давление которое сможет с достаточным быстродействием привести в движение поршень сервомотора. Поэтому перед запуском необходимо убедиться в том, что давление в шаре-баллоне соответствует норме. Если соответствует переходим к шагу 7. Если нет, к шагу 3.
3. Давление в шаре-баллоне может не соответствовать норме в двух случаях: когда оно больше и когда меньше. Когда давление больше, это является аварийной ситуацией, но в данном случае это можно использовать с пользой, большое давление обеспечит приведение в движение поршня сервомотора, однако, в данном случае необходимо следить, чтобы поршень не закрылся больше необходимого значения (переходим к шагу 7). Если же давление меньше нормы, то переходим к шагу 4.
4. На данном шаге необходимо довести давление в шаре-баллоне до необходимого, открытием задвижки, отвечающей за подкачку рабочей жидкости. Переходим к следующему шагу.
5. Сравниваем текущее значение давления в шаре-баллоне с нормой, в случае соответствия переходим к шагу 7. Если нет, переходим к шагу 6.
6. Если не получилось довести давление до необходимого, это говорит о том, что система не может функционировать, в данном случае выводится сообщение об аварии, а дальнейшее управление принимает система ПАЗ.
7. На данном этапе необходимо понизить давление в импульсной линии, с целью вывода управляющего золотника из равновесия и поступления рабочей жидкости в полость сервомотора. Для этого перекрывается задвижка 10, тем самым обеспечивается поступление всей рабочей жидкости среднюю полость золотника.
8. Затем проверяется упало ли давление в импульсной линии, это можно отследить на мнемосхеме. Если давление не падает, значит в системе

неполадки и управлением принимает система ПАЗ. Если давление упало, переходим к шагу 9.

9. На данной шаге необходимо открыть задвижку. Отвечающую за подачу рабочей жидкости в полость золотника, а далее сервомотора.

Схема данного алгоритма приведена в альбоме схем (ФЮРА.420609. 07).

2.10.2 Разработка алгоритма останова системы вывода турбины на обороты холостого хода

Данный алгоритм выполняет функции останова работы системы вывода турбины на обороты холостого хода с целью предотвращения полного закрытия регулирующих клапанов и полного останова турбины.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

1. Контроллер сравнивает текущее значение скорости оборотов со значением соответствующим оборотам холостого хода. Если данное соответствие не достигнуто, то система продолжает работать. Если соответствует, переходим к шагу 2.
2. Открываем задвижку, которая перекрывала доступ рабочей жидкости в импульсную линию с целью восстановления давления и прекращения доступа рабочей жидкости в полость сервомотора.
3. Проверяем восстановилось ли давление в импульсной линии.
4. Не зависимо от предыдущего шага, закрываем задвижку, обеспечивающую подачу рабочей жидкости от шара-баллона в полость управляющего золотника.
5. Далее необходимо убедиться в том, что золотник находится в равновесии, если этого не происходит, несмотря на то что, все предыдущие операции были успешно выполнены, то необходимо вывести сообщение об аварии.
6. После того как золотник перейдет в положение равновесия, поршень сервомотора также перестанет двигаться, что обеспечит установившийся режим работы турбогенератора уже на новых оборотах.

Схема данного алгоритма приведена в альбоме схем (ФЮРА.420609. 08).

2.11 Моделирование системы регулирования скорости

вращения вала паровой турбины в Matlab

Моделирование работы вращения системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины несет в себе цель получения наглядного представления о том, каким образом свойства турбоагрегата и его составных частей влияют на процессы управления частотой переменного тока в сети, а также выявления возможных путей улучшения качества работы системы регулирования [13].

Моделирование будет выполняться в математическом пакете Matlab.

Общий вид функциональной схемы системы автоматического регулирования частоты вращения показан на рисунке 21.

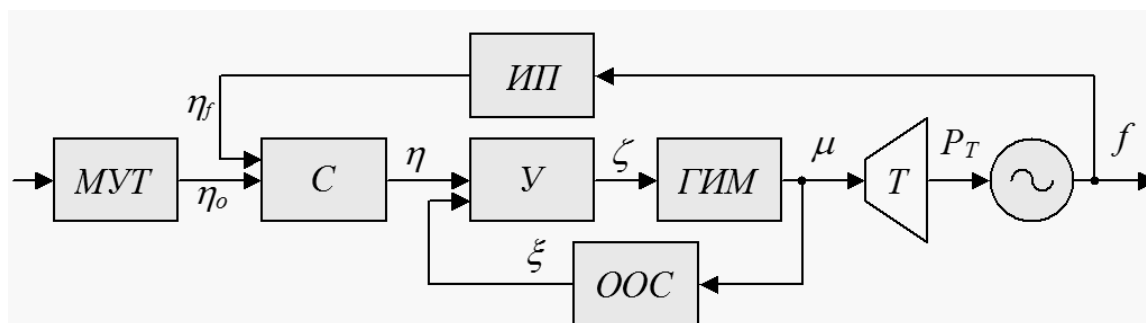


Рисунок 21 – Функциональная схема регулирования частоты

В данном схеме:

- ИИП – измерительный преобразователь, представляет собой датчик скорости вращения ЛМЗ;
- МУТ – механизм управления турбиной;
- С – сумматор;
- У – усилитель (в данном случае золотниковый);
- ГИМ – гидравлический исполнительный механизм, в данной случае сервомотор;
- ООС – местная отрицательная обратная связь;
- Т – паровая турбина;

Важной частью всей системы регулирования являются понятия статизм и нечувствительность регулятора, данные параметры в большей или меньшей

степени влияют на выходные значения и поэтому будут рассмотрены при моделировании.

Статизм – коэффициент, определяющий зависимость изменения активной мощности генерирующего оборудования под воздействием регулятора частоты вращения турбины (регулятора мощности) от изменения частоты. В реальных паровых турбинах эта характеристика обозначается σ и имеет диапазон значений от 4 до 5 %.

Нечувствительность – задаваемая величина отклонения частоты от номинального значения, при котором не требуется первичное регулирование. При заданном значении частоты минимальное значение «мертвой полосы» первичного регулирования равно зоне нечувствительности первичного регулирования. Чаще всего значение нечувствительности паровой турбин составляет до 0,05 Гц.

Перейдем к рассмотрению передаточных функций блок системы регулирования.

Первое звено, которое нас интересует – это гидравлический сервопривод. Постоянная времени сервомотора T_c равна отношению скорости перемещения его поршня в относительных единицах к величине открытия золотника. Таким образом, получаем $W_c = \frac{1}{T_c s}$.

Далее рассмотрим передаточную функцию самой паровой турбины. Данное звено представляет характеризует процесс преобразования мощности потока пара в мощность на валу турбины. Инерционность данного звена определяется паровым объемом, заключенным между регулируемыми клапанами и первым рядом сопел турбины, и характеризуется постоянной времени T_n . Статический коэффициент передачи турбины равен единице, так как за единичное принимается открытие, соответствующее единичному расходу пара и единичной мощности турбины. Постоянная времени определяется из следующего уравнения (1)

$$T_n = \frac{\gamma_0 V}{D_0} \frac{P_v^{(1-k)/k}}{k}, \quad (1)$$

где V – объем парового пространства; γ_0, D_0 – расход пара и его плотность в номинальном режиме; P_v – относительное давление пара в объеме в данном режиме; k – показатель политропы;

Численно величина T_n обычно равна $0.2 - 0.4$ с.

Затем идет разделение пара: часть пара направляется в блок промежуточного перегрева, а часть остается в турбине. $T_{пп}$ – эквивалентная постоянная времени промперегрева пара составляет от 2 до 10 с.

Передаточная функция генератора выводится на основании уравнения движения концентрированной энергосистемы (2).

$$T_J \frac{d\Delta f(t)}{dt} = \Delta P, \quad (2)$$

где T_J – инерционная постоянная энергосистемы; Δf – относительное отклонение частоты; ΔP – разница между отклонениями исходной мощности турбины и мощности после воздействия системы регулирования.

Заменяя оператор дифференцирования на оператор преобразования Лапласа, получаем передаточную функцию (3):

$$W(s) = \frac{1}{T_J s + D}, \quad (3)$$

где D – это коэффициент нагрузки.

T_J – составляет от 5 до 8 с для агрегатов мощностью от 200 до 800 МВт.

Возмущения в системе (изменения нагрузки) будут имитироваться с помощью блока «Random Number» (рисунок 22).

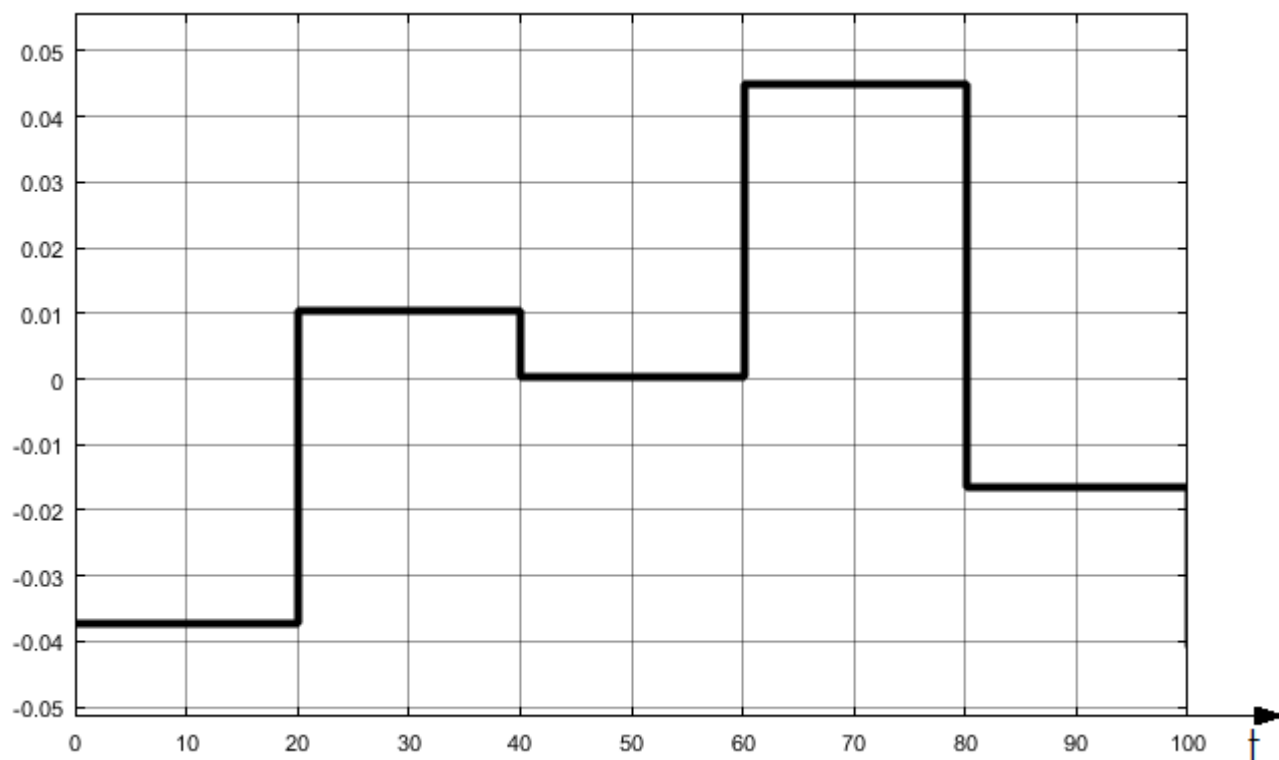


Рисунок 22 – Возмущения в системе

В итоге, имеем все необходимые данные для составления операторно-структурной схемы в Matlab (рисунок 23).

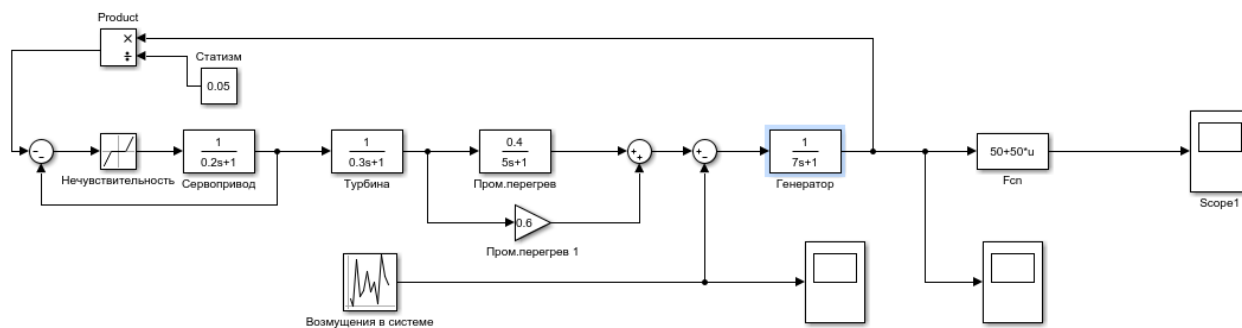


Рисунок 23 – Операторно-структурная схема системы регулирования

Согласно СТО «СО ЕЭС» время первичного регулирования должно составлять 15 с, в течение данного времени значения частоты могут кратковременно изменяться до $\pm 0.8 \text{ Гц}$, однако конечные отклонения от номинальное частоты не должны превышать $\pm 0.2 \text{ Гц}$. Переходные процессы показаны на рисунке 24.

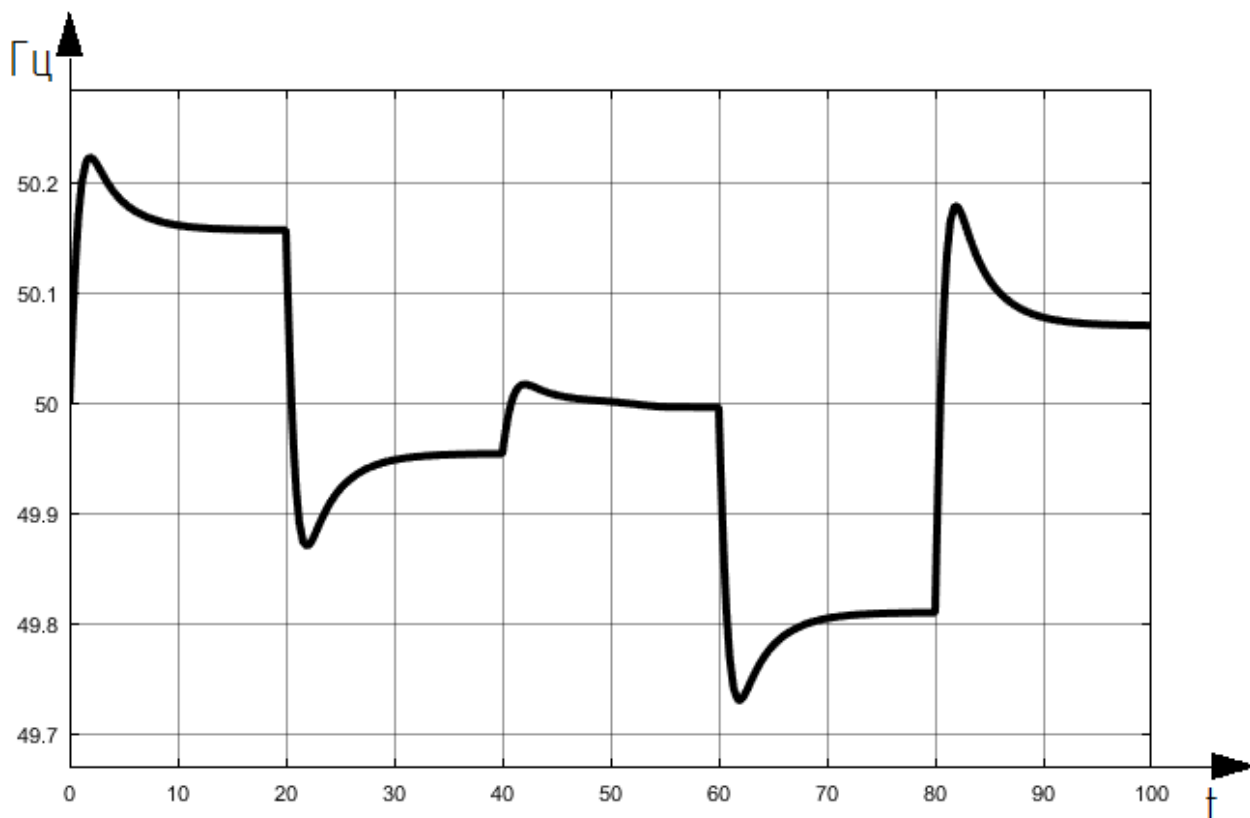


Рисунок 24 – Переходные процессы в системе

На рисунке 24 мы видим, как система реагирует на случайные возмущения: при уменьшении нагрузки, частота увеличивается до значения 50.3 Гц, а затем выходит на установившееся значение 50.17 Гц, что соответствует нормам; в следующий момент времени нагрузка случайно увеличивается, тем самым вызвав, падение частоты до 49.88 Гц, затем значение частоты выходит на установившееся значение 49.95 Гц. Аналогичные процессы происходят при дальнейших возмущениях в системе.

Таким образом, моделирование доказывает, что данная система регулирования скорости вращения работает, показатели качества переходного процесса соответствуют нормам, при появлении возмущений система выравнивает выходное значение.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Т31	Чимрову Антону Вячеславовичу

Институт	ИК	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

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

1. Показатели оценки качества разработки. 2. Показатели оценки коммерческого потенциала разработки. 3. Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы проекта.	– Надежность, низкая цена, безопасность и т.д.; – Конкурентоспособность, срок выхода на рынок, перспективность рынка, послепродажное обслуживание, и т.д.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка качества разработки и ее перспективности на рынке с помощью технологии QuaD.	– Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации; – по результатам оценки качества и перспективности разработка имеет оценку выше среднего ($P_{ср}=80,05$) и выгодной для инвестиций;
2. Исследование внешней и внутренней среды проекта с помощью SWOT-анализа	– SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта; – для упрощения процедуры проведения SWOT-анализ проводят в табличной форме.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	12.11.2016г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В. В.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Чимров А. В.		

3. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Научные исследования, проведенные в ходе выполнения ВКР, направлены на эксплуатацию турбогенераторов ГРЭС, так как для исследований были выбраны турбогенераторы именно с этих предприятий.

Данное исследование актуально для различных электростанций (ТЭС, ГЭС, ГРЭС), так как на всех этих предприятиях используются турбогенераторы, а значит есть необходимость в контроле скорости вращения вала и частоты тока в сети. После разработки автоматизированной системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины, необходимо провести оценку ресурсоэффективности и ресурсосбережения, для этих целей выполним раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Конечными потребителями являются сотрудники котлотурбинного цеха и цеха АСУТП ГО ГРЭС.

3.2 Анализ конкурентных технических решений

Большинство паровых турбогенераторов, используемых в современной электроэнергетике производились в СССР и имели в своей комплектации автоматизированную систему регулирования скорости вращения вала, технологии, используемые в те времена, доказали свою пригодность и надежность. Турбостроение в СССР имело цель стандартизации и унифицированного производства паровых турбин, самым крупным и известным заводом по производству турбин был Ленинградский металлический завод, в последствии к нему добавились Харьковский, Кировский и другие заводы. Таким образом, можно говорить о том, что по большей части системы регулирования скорости вращения вала паровых турбин являются стандартизированными и рассматривать конкурентные решения в целом для

системы не имеет смысла. Однако, относительную свободу можно получить при выборе способа выведения и удержания турбины на оборотах холостого хода при сбросе нагрузки. В ходе исследования мною была предложена своя система реализующая данный функционал под названием система «Шар-баллон», существуют системы с использованием такого устройства, как дифференциатор и электрогидравлический преобразователь, именно их мы рассмотрим в виде конкурентных решений.

Дифференциатор – устройство для повышения быстродействия срабатывания системы регулирования. Представляет собой ещё один блок золотниковых усилителей. Из преимуществ можно выделить срабатывание при низком перестановочном давлении и низкая цена реализации. Основные недостатки – возможность ложных срабатываний и гидравлического удара.

Электрогидравлический преобразователь – устройство для повышения быстродействия срабатывания системы регулирования. Преимущества: нет трущихся пар, во-вторых, мембраны, на которые подвешены клапаны, полностью разгружены и в них сделаны отверстия и, в-третьих, шток также практически полностью разгружен от усилий, всё это приводит к увеличению срока службы и высокому быстродействию. Из недостатков можно выделить высокую цену по сравнению с другими решениями.

Шар-баллон – устройство для повышения быстродействия срабатывания системы регулирования. Преимущества: нет трущихся пар как у дифференциатора, быстродействие зависит только от давления в шаре и инерционности подводящих трубок. Недостатки – дополнительный расход масла и возможность гидравлического удара.

Проведем анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 2.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации	0,10	4	4	4	0,4	0,4	0,4
2. Время срабатывания	0,20	4	4	5	0,8	0,8	1
3. Безопасность	0,10	4	4	3	0,4	0,4	0,3
4. Ремонтопригодность	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,4
5. Надежность	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
6. Энергопотребление	0,07	5	5	3	0,35	0,35	0,21
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Перспективность рынка	0,075	4	3	4	0,3	0,225	0,3
2. Цена	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
3. Послепродажное обслуживание	0,075	4	3	4	0,3	0,225	0,3
Итого	1	Суммарная оценка			4,22	3,77	4,11

Б_ф – разработанная система «Шар-баллон»; Б_{к1} – Дифференциатор; Б_{к2} – Электрогидравлический преобразователь.

Анализ конкурентных технических решений рассчитаем по формуле 4:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Преимущество перед конкурентами: система имеет достаточное быстродействие при цене ниже, чем у конкурентов и незначительное энергопотребление.

Продукты конкурентов где-то выигрывают в быстродействии, но проигрывают в цене или безопасности.

3.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. По своему содержанию данный инструмент близок к методике оценки конкурентных технических решений. Технология может использоваться при проведении различных маркетинговых исследований, существенным образом снижая их трудоемкость и повышая точность и достоверность результатов.

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Удобство в эксплуатации	0,10	70	100	0,70	0,07
Время срабатывания	0,20	90	100	0,90	0,18
Безопасность	0,10	85	100	0,85	0,085
Ремонтопригодность	0,08	80	100	0,80	0,064
Надежность	0,15	90	100	0,90	0,135
Энергопотребление	0,07	70	100	0,70	0,049
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Перспективность рынка	0,075	60	100	0,60	0,045
Цена	0,15	80	100	0,80	0,12
Послепродажное обслуживание	0,075	70	100	0,70	0,0525
Итого	1			6,95	0,8005

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$P_{ср} = \sum P_i \cdot 100$, где $P_{ср}$ – средневзвешенное значение показателей качества и перспективности научной разработки; P_i – средневзвешенное значение показателя. Значение $P_{ср}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{ср}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то

перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp} = \sum P_i \cdot 100 = 0,8005 \cdot 100 = 80,05$$

Вывод:

По результатам оценки качества и перспективности разработка имеет перспективную оценку ($P_{cp} = 80,05$).

3.4 SWOT-анализ

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

Составляем результирующую матрицу SWOT.

Таблица 15 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Цена. С2. Время срабатывания. С3. Надежность.	Слабые стороны: Сл1. Время срабатывания ниже, чем у ЭГП. Сл2. Дополнительный расход масла. Сл3. Сложности при пусконаладке.
Возможности: В1. Старение большинства систем регулирования на турбинах. В2. Договоры с крупными турбинными заводами России.	В1С1С3 – новые заказы за при капитальном ремонте или ремонте отдельной установки. В2С1С3 – за счет работы с крупными заводами можно повысить надежность оборудования, путем использования более качественных материалов.	В2Сл3 – сложности при пусконаладке можно исключить использованием специального оборудования, которым располагают крупные заводы, или в случае проектирования турбины с самого начала, можно использовать систему регулирования, как базовую.
Угрозы: У1. Нет производственных доказательств надежности функционирования. У2. Нежелание государственных	У1С1С2С3 – пока нет доказательств надежности функционирования системы на реальных предприятиях не все	

энергетических компаний вводить инновации.	готовы их приобрести, как следствие это влияет на цену, так же мы получаем что, остальные плюсы доказаны моделированием и являются голословными для инвесторов в данном случае.	
--	---	--

3.5 Планирование научно-исследовательских работ

3.5.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа участников состоит из студента и руководителя. Для выполнения научного исследования сформирован ряд работ, назначены должности исполнителя для каждого этапа работы (таблица 16).

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1.	Выбор направления научного исследования	Студент
	2.	Составление и утверждение технического задания	Руководитель Студент
Анализ предметной области	3.	Календарное планирование работ по теме	Студент
	4.	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	5.	Анализ отобранного материала	Студент Руководитель
Разработка АСУ ТП	6.	Описание технологического процесса	Студент
	7.	Разработка функциональной схемы автоматизации	Студент
	8.	Разработка структурной схемы автоматизации	Студент
	9.	Разработка схемы информационных потоков	Студент
	10.	Подбор датчиков и ПЛК	Студент
	11.	Разработка схемы соединения внешних проводок	Студент

	12.	Разработка экранных форм	Студент
	13.	Разработка алгоритмов управления системы	Студент
	14.	Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Студент
	15.	Написание раздела «социальной ответственности»	Студент
	16.	Проверка работы с руководителем	Студент Руководитель
Оформление отчета	17.	Составление пояснительной записки	Студент
	18.	Подготовка презентации дипломного проекта	Студент

3.5.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

Для расчета ожидаемого значения продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула 5:

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

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Из расчета ожидаемой трудоемкости работ, определим продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (формула 6).

$$T_{p_i} = \frac{t_{ож_i}}{Ч_i}, \quad (6)$$

где T_{p_i} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

Для построения диаграммы Ганта, переведем длительность каждого из этапов работ в календарные дни (формула 7).

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле 8:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

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

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

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

Коэффициент календарности: $K_{\text{кал}} = 365 / (365 - 119) = 1,48$.

Расчеты по трудоемкости выполнения работ приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ						Исполни тели		Длитель ность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	$t_{\min}$, чел-дни		$t_{\max}$, чел- дни		$t_{ожг}$, чел-дни					
	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Студент	Преподаватель	Одновременное выполнение работ	Одновременное выполнение работ
Выбор направления научного исследования	7	0	12	0	9	0			12	17,76

Составление и утверждение технического задания	2	3	7	5	4	3,8			3,9	5,772
Календарное планирование работ по теме	1	0	4	0	2,2	0			2,2	3,256
Подбор и изучение материалов по теме	15	0	20	0	17	0			20	29,6
Анализ отобранного материала	5	3	19	6	10,6	4,2			7,4	10,952
Описание технологического процесса	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Разработка функциональной схемы автоматизации	6	0	12	0	8,4	0			8,4	12,432
Разработка структурной схемы автоматизации	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка схемы информационных потоков	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Подбор датчиков и ПЛК	5	0	10	0	7	0			10	12,432
Разработка схемы соединения внешней проводки	3	0	6	0	4,2	0			4,2	6,216
Разработка экранных форм	8	0	16	0	11,2	0			11,2	16,576
Разработка алгоритма управления	4	0	11	0	6,8	0			6,8	10,064

системы										
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	3	0	8	0	5	0			5	7,4
Написание раздела «социальной ответственности»	5	0	11	0	7,4	0			7,4	10,952
Проверка работы с руководителем	6	5	12	9	8,4	6,2			7,3	10,804
Составление пояснительной записки	12	0	16	0	13,6	0			13,6	20,128
Подготовка презентации дипломного проекта	2	0	4	0	2,8	0			2,8	4,144
Итого	91	11	182	20	127,4	14,6			132	195,36

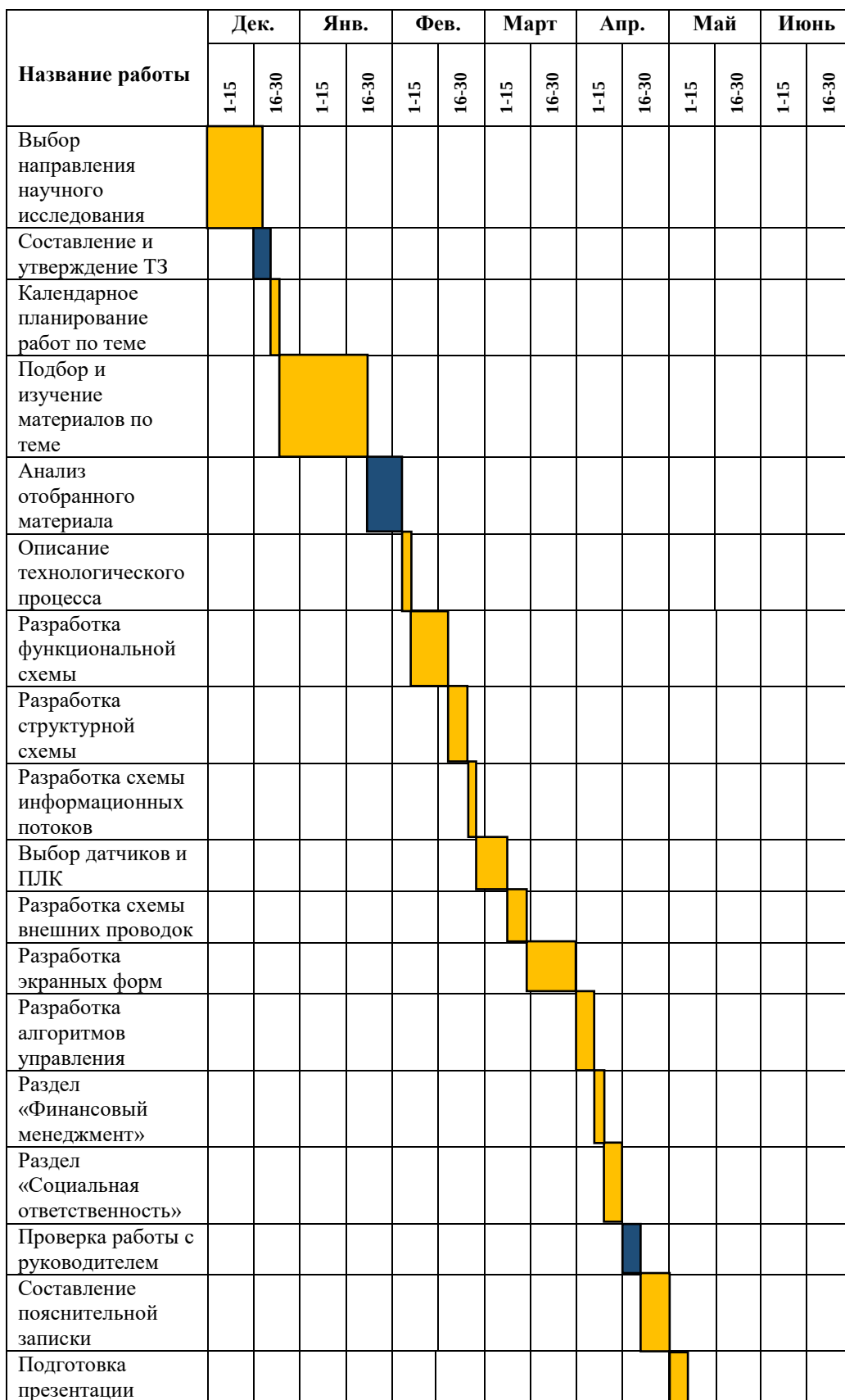
3.5.3 Разработка графика проведения научного исследования

По данным из таблицы 17 «Временные показатели проведения научного исследования» создадим диаграмму Ганта, которая строилась при максимальном количестве дней при каждом процессе. Данная диаграмма представлена в таблице 18.

Синий цвет – совместная работа студента и преподавателя.

Желтый – индивидуальная работа студента.

Таблица 18 – Диаграмма Ганта



3.6 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Бюджет научно-технического исследования должен быть основан на достоверном отображении всех видов расходов, связанных выполнением проекта. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных работ;
- заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).

3.6.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для вычисления материальных затрат воспользуемся следующей формулой 9:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (9)$$

где m – количество видов материальных ресурсов;

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Для разработки данного научного проекта необходимы следующие материальные ресурсы: ноутбук, канцелярские товары, печатная бумага (таблица 13).

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Кол-во	Цена (руб.)
Ноутбук	Шт.	1	30000
Канцелярские товары	Шт.	1	500

Печатанная бумага	Пачка	1	300
Итого (руб.)	30800		

3.6.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату (формула 10):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (10)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 11:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (11)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

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

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

при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

при отпуске в 72 раб. дней $М = 9,6$.

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 20).

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	119	119
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	72
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	198	174

Месячный должностной оклад работника (формула 12):

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (12)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$T_{\text{р.раб.}}$ дн.	$Z_{\text{осн.}}$ руб.
Руководитель	27484	1,3	57166,72	3233	15	48495
Студент	1692	1,3	2200	131	196	25676

3.6.3 Дополнительная заработная плата

Дополнительная заработная плата включает заработную плату за не отработанное рабочее время, но гарантированную действующим законодательством.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле 13:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (13)$$

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

$k_{\text{доп}}$ равен 0,12. Результаты по расчетам дополнительной заработной платы сведены в таблицу 21.

Таблица 21 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	Основная зарплата (руб.)	Коэффициент дополнительной заработной платы ($k_{\text{доп}}$)	Дополнительная зарплата (руб.)
Руководитель	48495	0,12	5819,5
Студент	25676	0,12	3081,12
Итого:			8900,62

3.6.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 14:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (14)$$

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

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2017 году пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	48495	5819,5
Студент	25676	3081,12
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30%	
Итого		
Руководитель	16294,35	
Студент	8627,136	

3.6.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 23.

Таблица 23 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	
	Руководитель	Студент
1. Материальные затраты НТИ	0	30800
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	48495	25676

3.	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	5819,5	3081,12
4.	Отчисления во внебюджетные фонды	16294,35	8627,136
Бюджет затрат НТИ		70608,85	68184,26

3.6.6 Определение ресурсной, финансовой и экономической эффективности исследования

Финансовые ресурсы, затраченные на данное исследование, составляют порядка 138793 рублей, что говорит об эффективности данного устройства и его быстрой окупаемости при выходе на рынок. Благодаря быстрому сроку окупаемости проекта, возможно устранение угроз (описанных в SWOT-анализе) за счёт использования новой и дорогостоящей базы комплектующих, поставляемой российскими производителями в более короткие сроки, чем зарубежные, а также за счёт найма высококвалифицированного персонала, быстро и качественно выполняющего свои обязанности. Таким образом, экономическая эффективность будет иметь высокий результат с наименьшими затратами. Реально проект находится на стадии выпуска технической документации и проведении окончательных расчетов и моделирования работы энергосистемы в целом. ВКР выполнялась на основании технической документации, предоставленной Интер РАО – Электрогенерация: Гусиноозёрская ГРЭС, и теоретически все проведенные исследования можно применить для объектов данной электростанции. Материальные затраты покрывались за счет исполнителя проекта, основная и дополнительная заработные платы предоставлялись ТПУ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ТЗ1	Чимров Антон Вячеславович

Институт	Кибернетики	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет искусственный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ. Факторы производственной среды: освещение, уровень шума, микроклимат, электромагнитное излучение, монотонный режим работы. - Опасные факторы среды: электрический ток. - Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы. - Чрезвычайные ситуации: пожар
--	---

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	Так как вся работа персонала заключена в работе с ПЭВМ, то и вредные факторы возникают из-за ПЭВМ: - Электромагнитное и ионизирующее излучения отрицательно влияют на иммунную, нервную, эндокринную системы. Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03: Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м. Плотность магнитного потока в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 250 нТл, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 нТл. - Шум негативно влияет на психофизиологическое состояние. Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96: При нахождении на рабочем месте в процессе трудовой деятельности на ПЭВМ уровень звукового давления не должен превышать 65 дБА. Электробезопасность осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 12.1.019 – 2009.
---	---

электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	
2. Экологическая безопасность: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Влияние на экологическую безопасность небольшое. Предметами воздействия на окружающую среду могут выступить лишь бытовые отходы (части электронных устройств и т.д.)
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.	Наиболее типичная ЧС для объекта исследования – пожар. Для предотвращения и предупреждения ЧС должны быть установлены устройства сигнализации, датчики загазованности и дыма. В процессе эксплуатации объекта персонал обязан соблюдать технику безопасности. При возникновении ЧС персонал обязан следовать плану эвакуации, а также вызвать пожарных.
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.	Право на условия труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены. Использование оборудования и мебели согласно антропометрическим факторам.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Пустовойтова М. И.	Кандидат химических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т31	Чимров А.В.		

4. Социальная ответственность

В этом разделе рассматриваются особенности организации рабочего места оператора, осуществляющего работу по эксплуатации автоматизированной системы регулирования скорости вращения вала паровой турбины.

В процессе трудовой деятельности на оператора за компьютером, могут оказывать воздействие различного рода производственные факторы, например, шум на рабочем месте, микроклимат, электромагнитное излучение, отсутствие или недостаток естественного освещения, а также недостаточная освещенность рабочей области. Для их предупреждения и сохранения здоровья работника предусматривается ряд мер по обеспечению безопасности трудовой деятельности [13].

В данном разделе выпускной квалификационной работы дается характеристика рабочему месту и рабочей зоны. Проанализированы факторы трудового процесса.

4.1 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при работе оператора за компьютером. Данные факторы приведены ниже.

1. Уровень шума.
2. Электрический ток.
3. Уровень электромагнитных излучений.
4. Температура воздуха в рабочем помещении.
5. Уровень статического электричества.
6. Яркость света.
7. Отклонение показателей микроклимата в помещении.
8. Освещенность рабочего места.

4.2 Уровень шума на рабочем месте

При выполнении работ, специалист может оказаться в зоне повышенного уровня шума, источником которого является оборудование, находящееся в рабочем помещении: персональные компьютеры, устройства печати и поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция), а также паровые котлы и турбины, которые находятся в самом цеху, но производят высокий уровень шума [14].

Работа, выполняемая оператором за компьютером, оценивается как работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа, и, следовательно, согласно санитарным нормам СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» уровень звука в рабочем помещении не должен превышать 80 дБА.

В качестве мер по снижению шума применяют:

- подавление шума в источниках;
- звукоизоляция и звукопоглощение;
- увеличение расстояния от источника шума;
- проверка технического состояния и ремонт системного блока и принтера;
- рациональный режим труда и отдыха.

4.3 Электрический ток.

Помещение, где расположены персональные вычислительные машины, относится к помещениям без повышенной опасности . Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока и электрической дуги проявляются в виде электротравм и профессиональных заболеваний. К мероприятиям по предотвращению возможности поражения электрическим током следует отнести:

- при производстве монтажных работ необходимо использовать только исправный инструмент, аттестованный службой КИПиА;
- с целью защиты от поражения электрическим током, возникающим между корпусом приборов и инструментом при пробое сетевого напряжения на корпус, корпуса приборов и инструментов должны быть заземлены;
- при включенном сетевом напряжении работы на задней панели должны быть запрещены;
- все работы по устранению неисправностей должен производить квалифицированный персонал;
- постоянный контроль за состоянием электропроводки.

Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой

4.4 Уровень электромагнитных излучений

Рабочее место оператора подвержено влиянию электромагнитных полей (ЭМП). Источниками ЭМП является оборудование, в частности компьютеры (ЭВМ). Большая часть электромагнитного излучения, создаваемого ЭВМ, происходит от видеокабеля и системного блока. В составе современных персональных компьютеров практически все электромагнитное излучение идет

от системного блока [15]. Современные компьютеры выпускаются производителями со специальной металлической защитой внутри системного блока для уменьшения фона электромагнитного излучения. Электромагнитное поле обладает способностью биологического, специфического теплового воздействия на организм человека. При воздействии полей, имеющих напряженность выше предельно допустимого уровня, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечнососудистой систем, органов пищеварения и некоторых биологических показателей крови.

Степень воздействия электромагнитных излучений на организм человека зависит от диапазона частот, интенсивности воздействия соответствующего фактора, продолжительности облучения, характера излучения, режима облучения, размеров облучаемой поверхности тела и индивидуальных особенностей организма человека.

Критерием безопасности для человека, находящегося в электрическом поле промышленной частоты, принята напряжённость этого поля. Гигиенические нормы для персонала, который систематически находится в этой зоне, установлены ГОСТ 12.1.002-75.

В соответствии с СанПиН 2.2.4.1191-03 нормы допустимых уровней напряженности электрических полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T=50E-2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут. При напряженности не выше 5 кВ/м присутствие людей в рабочей зоне разрешается в течение 8 часов [16].

Использование современной офисной техники позволяет избежать повышенных электромагнитных и электрических полей.

Возможные способы защиты от ЭМП на путях распространения:

- применение поглотителей мощности;
- увеличение расстояния от источника излучения;
- уменьшение времени пребывания в поле и под воздействием излучения;
- подъем излучателей и диаграмм направленности излучения;
- блокировочные излучения;
- экранирование излучений [17].

4.5 Микроклимат воздуха рабочей зоны

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы организаций. Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения, выдержки приведены в таблицах 24 и 25. Выполняемая работа по уровню энергозатрат, относится к категории 1б.

Таблица 24. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548-96

	Период года	
	Холодный	Теплый
Температура воздуха, °С	21 – 23	23 – 25
Температура поверхностей, °С	20 – 24	22 – 26
Относительная влажность воздуха, %	60 – 40	60 – 40
Скорость движения	0,1	0,1

воздуха, м/с		
--------------	--	--

Таблица 25. Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548-96

Период года	Холодный	Теплый
Температура воздуха, °С:		
- диапазон ниже оптимальных величин	19.0-20.9	20.0-21.9
- диапазон выше оптимальных величин	23.1-24.0	24.1-28.0
Температура поверхностей, °С	18.0-25.0	19.0-29.0
Относительная влажность воздуха, %	15-75	15-75
Скорость движения воздуха, м/с:		
- для диапазона ниже оптимальных величин, не более	0,1	0,1
- для диапазона выше оптимальных величин, не более	0.2	0.3

В данном случае температура воздуха и температура поверхностей составляют 22 °С и 21 °С при относительной влажности 45 % в холодный период года; 24 °С и 23 °С при относительной влажности воздуха 50 % в теплый период года, что соответствует нормам [18].

4.6 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды сводится к устранению отходов бытового мусора и отходам жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих.

Одним из самых распространенных источников ртутного загрязнения являются вышедшие из эксплуатации люминесцентные лампы. Каждая такая лампа, кроме стекла и алюминия, содержит около 60 мг ртути. Поэтому

отслужившие свой срок люминесцентные лампы, а также другие приборы, содержащие ртуть, представляют собой опасный источник токсичных веществ.

Утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например, тротуарной плитки.

Под хранением отходов понимается временное размещение их в специально отведённых для этого местах или объектах до их утилизации. Отработанные люминесцентные лампы, согласно Классификатору отходов ДК 005-96, утвержденному приказом Госстандарта № 89 от 29.02.96 г., относятся к отходам, которые сортируются и собираются отдельно, поэтому утилизация люминесцентных ламп и их хранение должны отвечать определенные требованиям.

4.7 Электробезопасность

В помещении, где происходит выполнение работы, находится 2 ЭВМ мощностью по 350 Вт с напряжением питания 220 В. В целом, помещение сухое, непыльное, с нормальной температурой воздуха и поэтому относится к классу помещений без повышенной опасности: переключатели, кнопки и разъемы, клавиатура изолированы, пол покрыт электроизоляционным покрытием. Корпус ЭВМ изготовлен из металлического листа, обладает высокой механической прочностью и высокими экранирующими свойствами, покрыт токонепроводящими полимерными пластмассами. Компьютер подключен к заземляющему контуру [19].

Электрические изделия по способу защиты человека от поражения электрическим током подразделяются на пять классов: 0, 01, 1, 2, 3.

ЭВМ можно отнести к классу 01, то есть, к изделиям, имеющим рабочую изоляцию, элемент для заземления и провод без заземляющей жилы для присоединения к источнику питания. При начале работы с ЭВМ

необходимо проверить герметичность корпуса, не открыты ли токоведущие части. Убедиться в подключении заземляющего проводника к общей шине заземления, проверить его целостность. Если заземляющий проводник отключен, подключать его можно только при отключении машины от питающей сети. Для повышения безопасности работать можно с использованием резиновых ковриков.

Важное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок, проведение ремонтных, монтажных и профилактических работ.

4.8 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для операторной является пожар. Данная ЧС может произойти в случае замыкания электропроводки оборудования, обрыву проводов, не соблюдению мер пожаробезопасности и т.д. Основные организационные и технические требования по пожарной безопасности при эксплуатации технологического оборудования электростанций и подстанций изложены в ППБ 139-97.

Основными требованиями являются:

- каждый работающий на энергетическом предприятии обязан четко знать и соблюдать установленные правила и инструкции пожарной безопасности, выполнять все противопожарные мероприятия на своем рабочем месте, в других помещениях и сооружениях предприятия
- цеховые инструкции должны периодически пересматриваться на основании анализа противопожарного состояния объекта, соответствующих приказов и указаний министерства, а также при смене руководителя, но не реже 1 раза в 3 года;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы или в других местах цеха, предприятия, использовании не по прямому назначению пожарного оборудования каждый работник предприятия обязан немедленно

указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность, или руководителю предприятия.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

- пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Помещение и этаж оборудованы следующими средствами оповещения:

- световая индикация в коридорах этажа;
- звуковая индикация (громкоговоритель);
- пассивные датчики задымленности.

Для того чтобы избежать возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение инструктажа работников о пожаробезопасности;
- проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре два раза в год (в летний и зимний период).

В случае возникновения таких ЧС как пожар, необходимо предпринять меры по эвакуации персонала из здания в соответствии с планом эвакуации. При отсутствии прямых угроз здоровью и жизни произвести попытку тушения возникшего возгорания огнетушителем. В случае потери контроля над пожаром, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС. В случае если система не сработала по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов [20].

4.9 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места. Высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (630-1020) мм, при отсутствии конкретных условий высота рабочей поверхности стола должна составлять 725 мм.

Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПК, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте, равной 725 мм.

Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм [21].

Конструкция рабочего 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 углам наклона вперед до 15 град, и назад до 5 град;
- 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 ± 30 градусов;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах (260 400) мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250мм 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.

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

При работе за компьютером, необходимо проводить влажную уборку помещения ежедневно. Влажную уборку помещения следует проводить ежедневно. Недопустима запыленность воздуха, пола, рабочей поверхности стола и техники. Помещение должно быть оборудовано системами вентиляции, кондиционирования и отопления. Эргономические требования к рабочему месту показаны на рисунке 25.

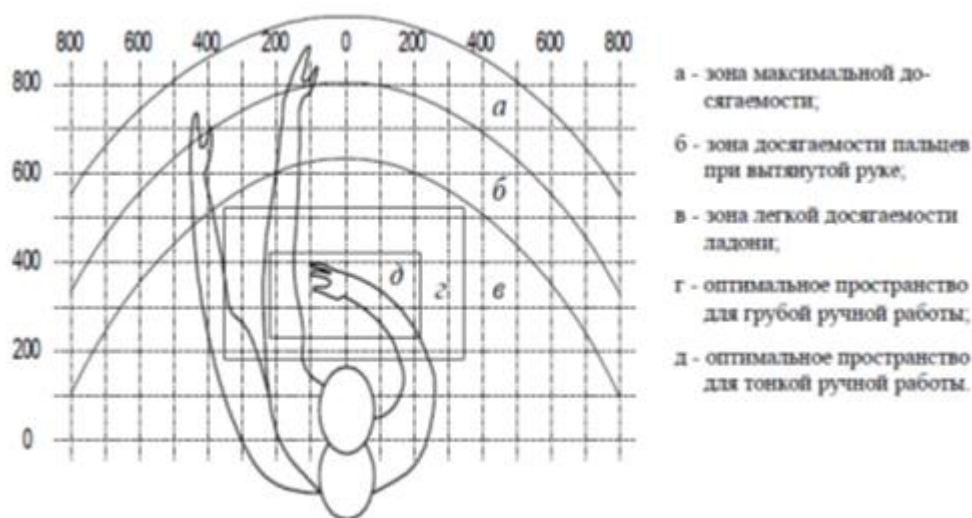


Рисунок 25 – Эргономические требования

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости согласно:

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

Заключение

В результате выполненной работы была разработана автоматизированная система регулирования скорости вращения вала паровой турбины, в частности, были разработаны функциональная схема автоматизации и структурная схема автоматизации, кроме того часть функциональной схемы, а именно система выведения турбины на обороты холостого хода, была модернизирована. Данные схемы позволили определить состав необходимого оборудования и количество каналов передачи данных и сигналов. Также был произведен выбор контроллерного оборудования, датчиков и различных исполнительных механизмов.

Была разработана схема внешних проводок, позволяющая проследить путь сигнала от датчиков полевого уровня к оборудованию на щите КИПиА. Для управления отдельными системами технологического процесса были разработаны алгоритмы управления, в частности алгоритмы пуска и останова.

Также было реализовано математическое моделирование работы системы автоматического регулирования скорости вращения вала паровой турбины в пакете MATLAB.

Были разработаны экранные формы и дерево экранных форм для управления технологическим процессом с АРМ и контролем различных параметров.

Таким образом, спроектированная САР скорости вращения вала паровой турбины удовлетворяет требованиям к системе автоматизации, имеет высокую гибкость, позволяющую изменять и модернизировать разработанную САР в соответствии с возрастающими в течение всего срока эксплуатации требованиями.

Список используемых источников

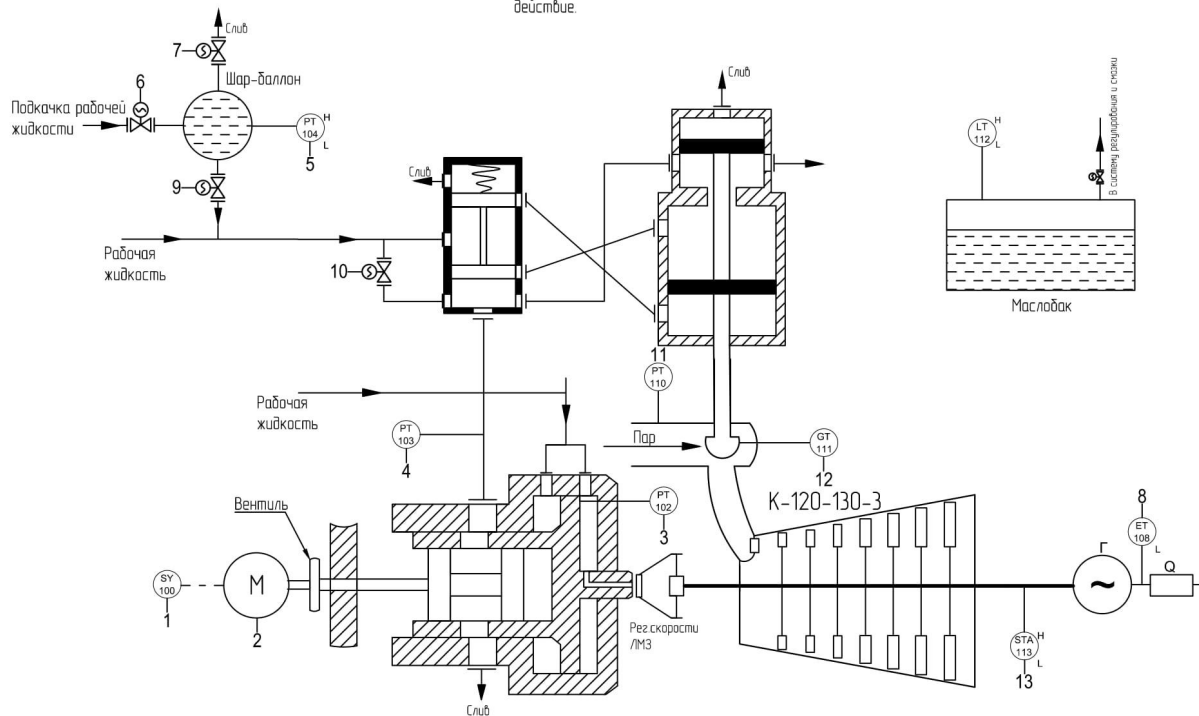
1. ГОСТ 24.104-85. Автоматизированная система управления. Общие требования. - Москва: Изд-во стандартов, 1985. 16 с.
2. Лосев. С. М. Паровые турбины и конденсационные устройства. Москва: Изд-во «Энергия», 1964. 376 с.
3. Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. – Томск 2009. – 134 с.
4. ПЛК METSO ACN-RT. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.scribd.com/document/252736955/Metso-ACN-CS-pdf>
5. Метран 150ТА датчик давления микропроцессорный с HART протоколом. [Электронный ресурс]. URL: www2.emersonprocess.com/ru-RU/news/pr/PublishingImages/Metranatom.pdf Датчик положения тип 4748. [Электронный ресурс]. URL: https://www.samson.de/pdf_in/e83630ru.pdf
6. M18 Многофункциональные датчики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sensorlink.ru/pdf/Datasensor_S5_rus.pdf
7. Буйковый уровнемер серии UQD. [Электронный ресурс]. URL: http://rusautomation.ru/datchiki_urovnnya/uqd
8. Амперметры и вольтметры переменного тока. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sovpribor.ru/images/stories/XPassport/Omix_Aand_V.pdf
9. Задвижки стальные, шибберные, ножевые чугунные задвижки. [Электронный ресурс]. URL: <http://pkf-sinergia.ru/truboprovodnaya-i-zapornaya-armatura/zadvizhki>
10. Механизмы электрические прямоходные ХМЭП. [Электронный ресурс]. URL: <http://td-prom.ru/produktsiya/prochaya-produktsiya/92-mekhanizmy-elektricheskie-pryamokhodnye-khmer.html>
11. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. - Москва: Изд-во стандартов, 1990. 21 с.
12. Стернинсон. Л. Д. Переходные процессы при регулировании частоты и мощности в энергосистемах. Москва: Изд-во «Энергия», 1975. 212 с.

13. Безопасность жизнедеятельности. Учебник. Под ред. Э.А. Арустамова / 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во «Дашков и К°», 2006. — 476 с.
14. Назаренко, Ольга Брониславовна. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко, Ю. А. Амелькович; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 3-е изд., перераб. и доп. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — 177 с
15. СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»
16. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
17. Журнал «Нормативные акты по охране труда» №1 – 2005. «Инструкция по организации работ, охране труда и экологической безопасности при работе на ПЭВМ (ПК)»
18. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
19. ГОСТ Р 12.1.019-2009 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
20. ППБ 139-87 Правила пожарной безопасности для энергетических предприятий
21. 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования»

Список публикаций

1. Инноватика 2015. «ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ». Сборник трудов конференции: http://tic.tsu.ru/www/uploads/smartsection/459_Сборник_Инноватика-2015.pdf
2. «Организация и управление предприятиями ТЭК, НГК, сферы ИКТ.» Сборник трудов конференции: http://earchive.tpu.ru/bitstream/11683/15458/1/conference_tpu-2015-C40-V2-086.pdf
3. МСИТ ТПУ 2016. ЭЛЕКТРОННЫЙ РОЛИКОВЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ДЛИНЫ. Сборник трудов конференции: [http://portal.tpu.ru:7777/f_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik_2016/Sbornik_MSIT_2016_\(Tom2\).pdf](http://portal.tpu.ru:7777/f_ic/files/science/activities/msit/msit2016/Sbornik_2016/Sbornik_MSIT_2016_(Tom2).pdf)
4. Journal of Physics: Conference Series. Comparative analyses of different variants of standard ground for automatic control systems of technical processes of oil and gas production. URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/803/1/012052>

1. При значении давления больше значения аварийного уровня или при значении скорости выше значения аварийного уровня срабатывает система ПАЗ (в данной схеме не рассматривается).
2. Для правильной работы системы регулирования скорости вращения турбины, необходима поддерживать достаточный уровень рабочей жидкости в маслобаке, это обеспечивается за счет того, что жидкость циркулирует по замкнутому контуру, однако период использования шара-баллона подразумевает дополнительный расход масла для поддержания в нем необходимого давления, поэтому, уровень масла должен поддерживаться с запасом.
3. Датчик скорости ST передает текущее значение скорости в контроллер, данное значение сравнивается с необходимым значением и при достижении данного значения, система "шар-баллон" прекращает свое действие.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	МЧТ	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.	2 шт.
	Время работы и направление вращения двиг. сек.	Состояние обмотки	Давление в камерах буфуса, Па	Давление в циркуляционной линии, Па	Давление в шаре- баллоне, Па	Состояние забойки на подкачку	Состояние забойки на слив	Ток в цепи, А	Состояние забойки подкачки в электронике	Состояние забойки на вращение в электронике	Давление перед регуляторами, Па	Положение регуляторов	Уровень масла в баке, м	Скорость вращения вала, об/мин
По месту	SY 100	H	NSA 101	PT 102	PT 103	PT 104	H	NSA 105	H	NSA 106	H	NSA 107	H	NSA 108
Щит блока				PC 104			EC 108				PC 110		LC 112	STA 113
Измерение														
Сигнализация состояния														
Аварийная сигнализация														
Управление														

Согласовано

Изм. № инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Чирков			
Пров.	Громаков			
Г. контр.				
Н. контр.				
Чтв.				

ФЮРА.420609.01

Функциональная схема
автоматизации

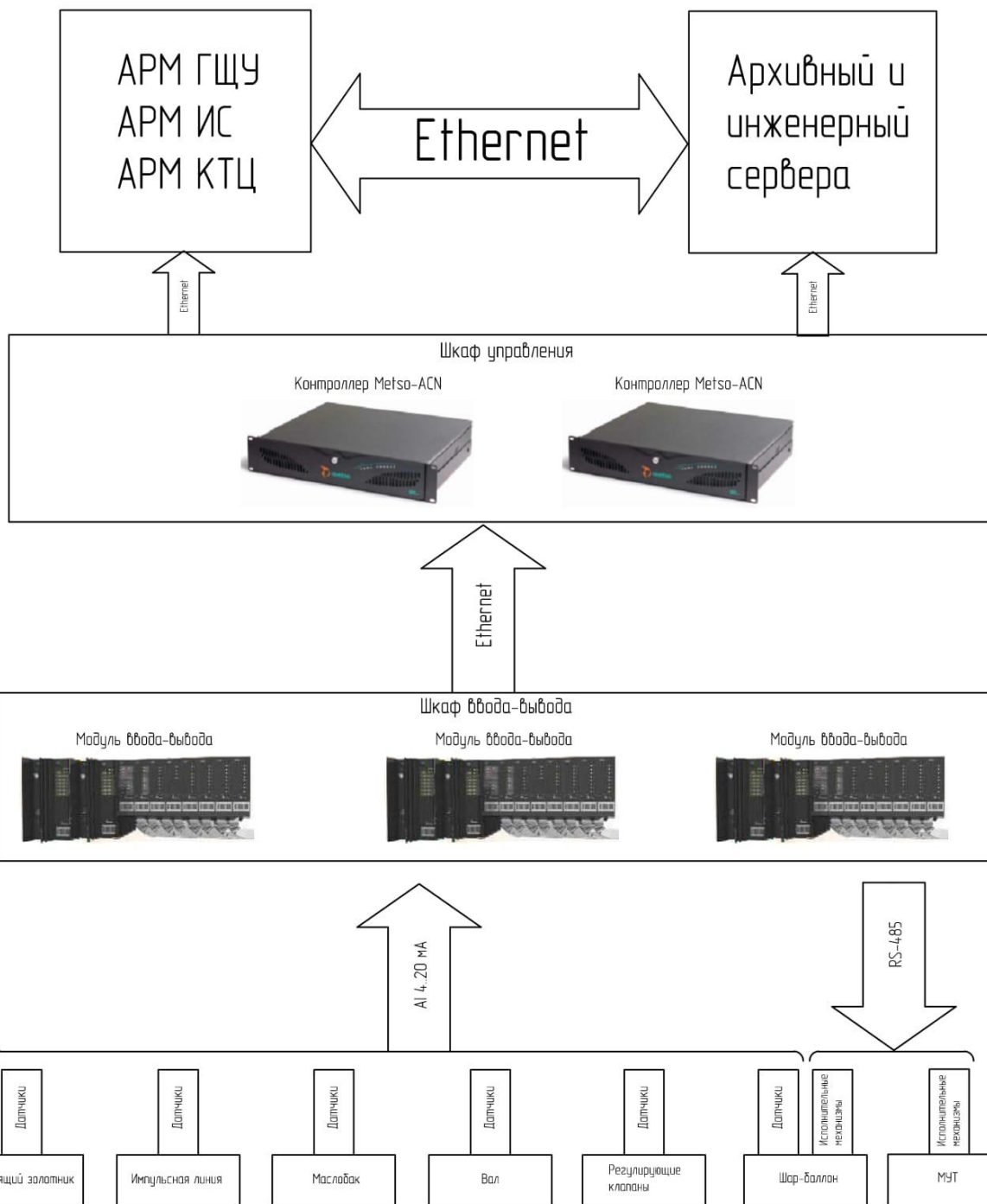
Лит.	Масса	Масштаб
у		

Лист Листов

НИ ТПУ СУМ
группа 8Т31

Формат

ФЮРА.420609.04



Согласовано

Инв. № подл.	Взам. инв. №			
	Подп. и дата			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
	Разраб.	Чимров		
	Пров.	Громаков		
	Т.контр.			
	Н. контр.			
	Утв.			

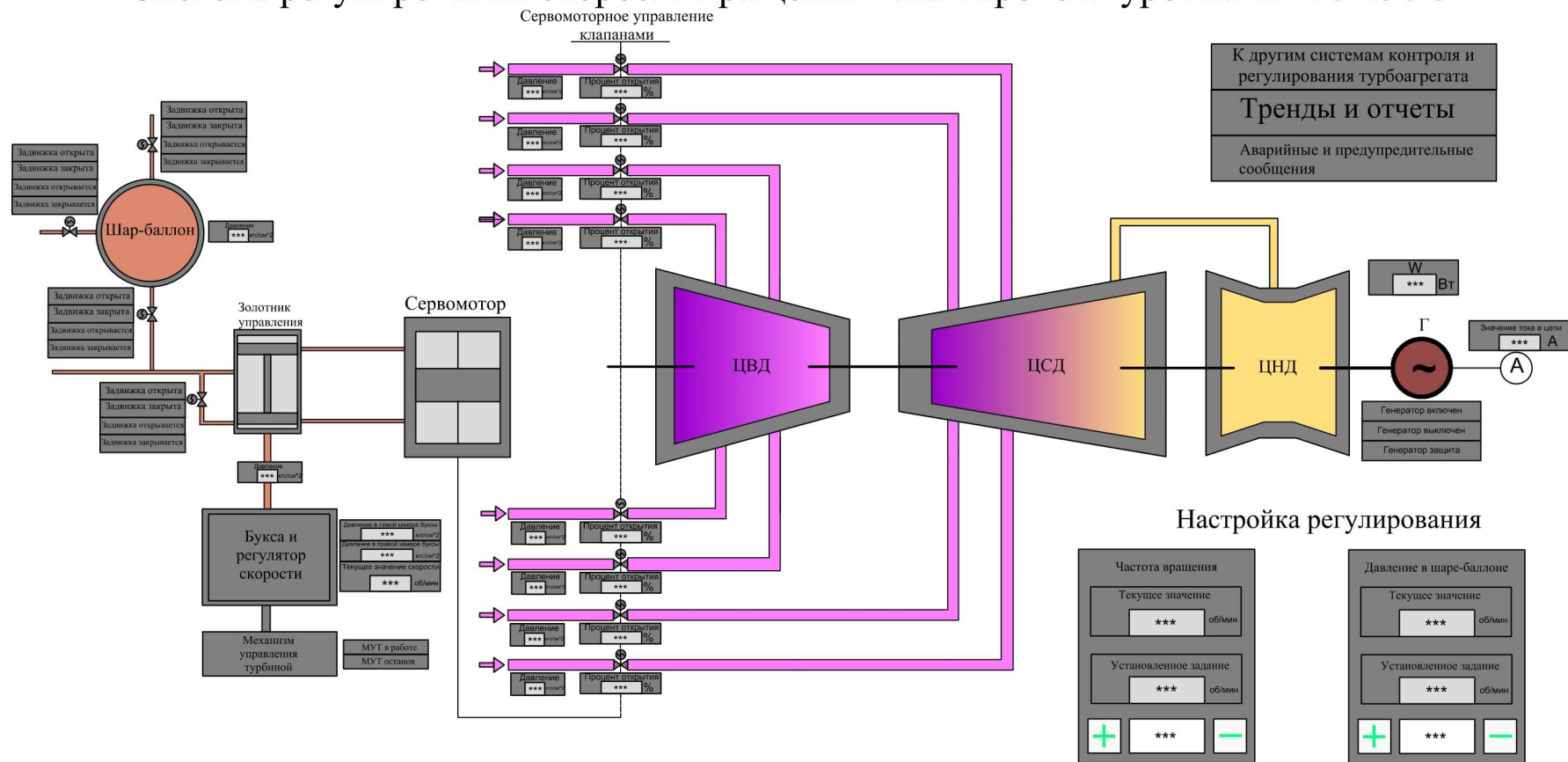
ФЮРА.420609.04

Схема информационных потоков

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист		Листов
НИ ТПУ СУМ группа 8Т31		

Формат

Система регулирования скорости вращения вала паровой турбины К-210-130-3



Согласовано

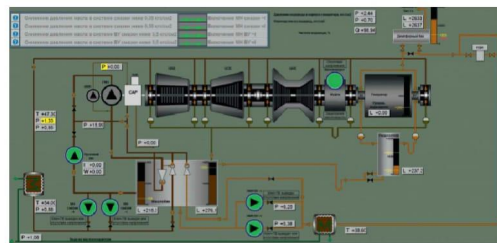
Изм. № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №

ФЮРА.420609.05					Лист			Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у				
Разраб.	Чимров								
Пров.	Громаков								
Т.контр.					Лист			Листов	
Н. контр.								НИ ТПУ СУМ	
Утв.								группа 8Т31	

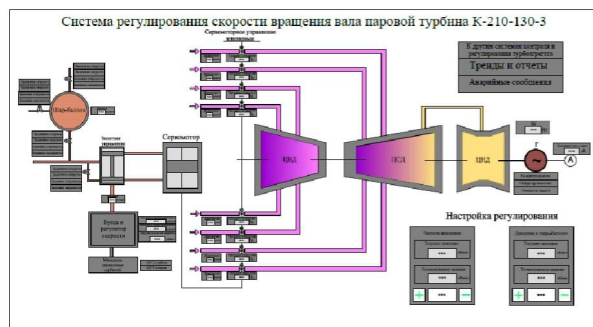
Формат

05.04.2017 17:06:18	Предупредительное сообщение 6
05.04.2017 17:06:17	Аварийное сообщение 5
05.04.2017 17:06:16	Предупредительное сообщение 5
05.04.2017 17:06:15	Обычное сообщение 5
05.04.2017 17:06:14	Аварийное сообщение 4
05.04.2017 17:06:13	Обычное сообщение 4
05.04.2017 17:06:12	Предупредительное сообщение 4
05.04.2017 17:06:11	Предупредительное сообщение 3

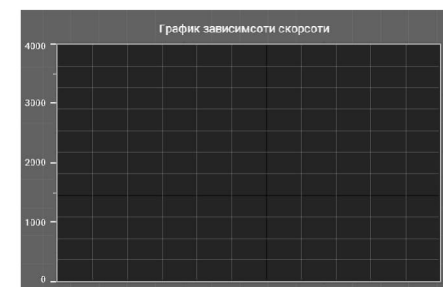
Аварийные и
предупредительные
сообщения



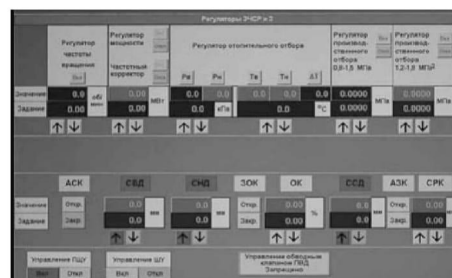
Система
маслоснабжения



Система регулирования скорости

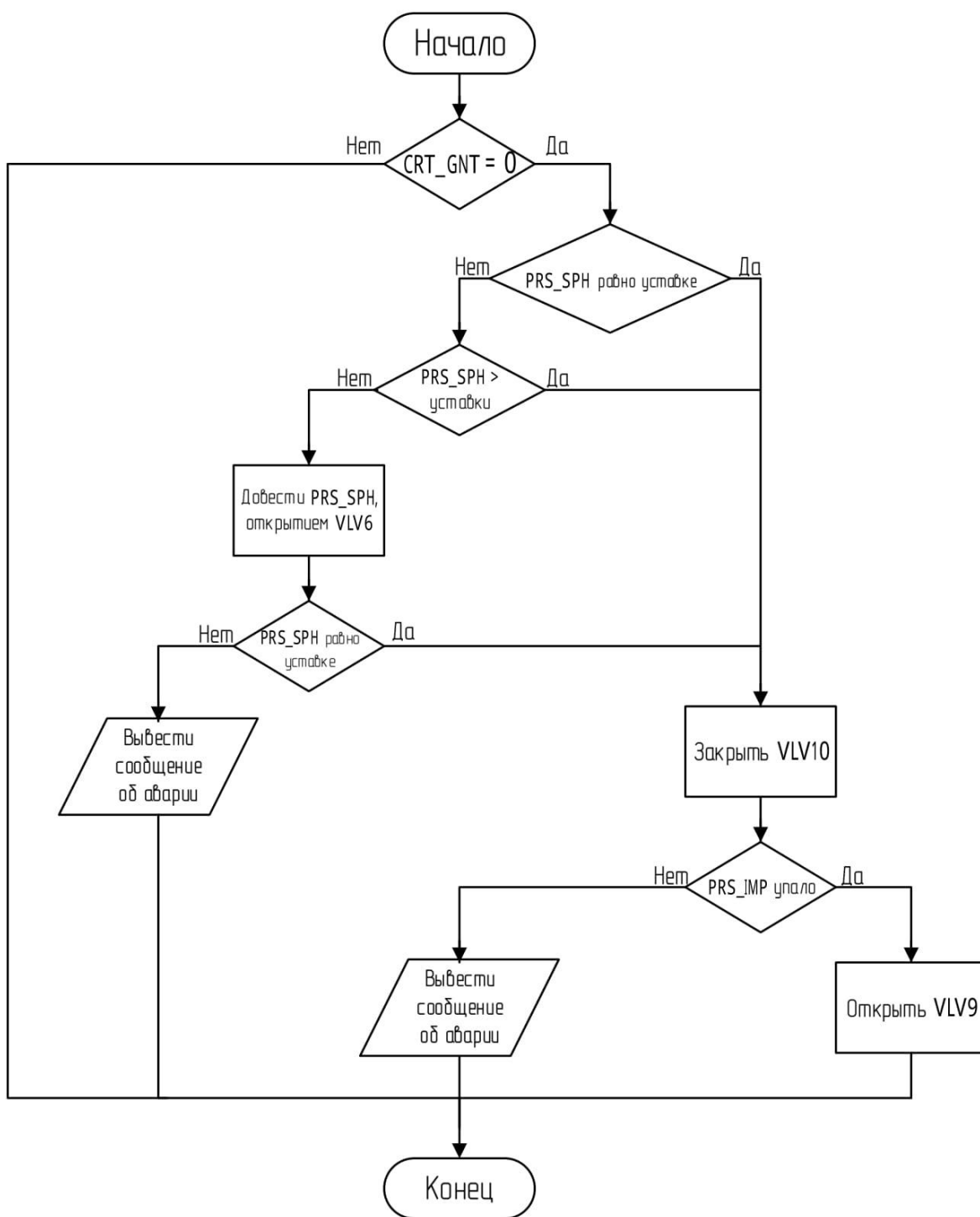


Тренды и отчеты



*Система защиты
турбоагрегата*

						ФЮРА.420609.06					
						Дерево экранных форм			Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у						
Разраб.		Чимров									
Пров.		Громаков									
Т. контр.						Лист		Листов			
Н. контр.						НИ ТПУ СУМ группа 8Т31					
Утв.											



ФЮРА.420609.07

Алгоритм пуска системы
выведения турбины на
обороты холостого хода

Лит.	Масса	Масштаб
у		1:1
Лист		Листов

НИ ТПУ СУМ
Группа 8Т31

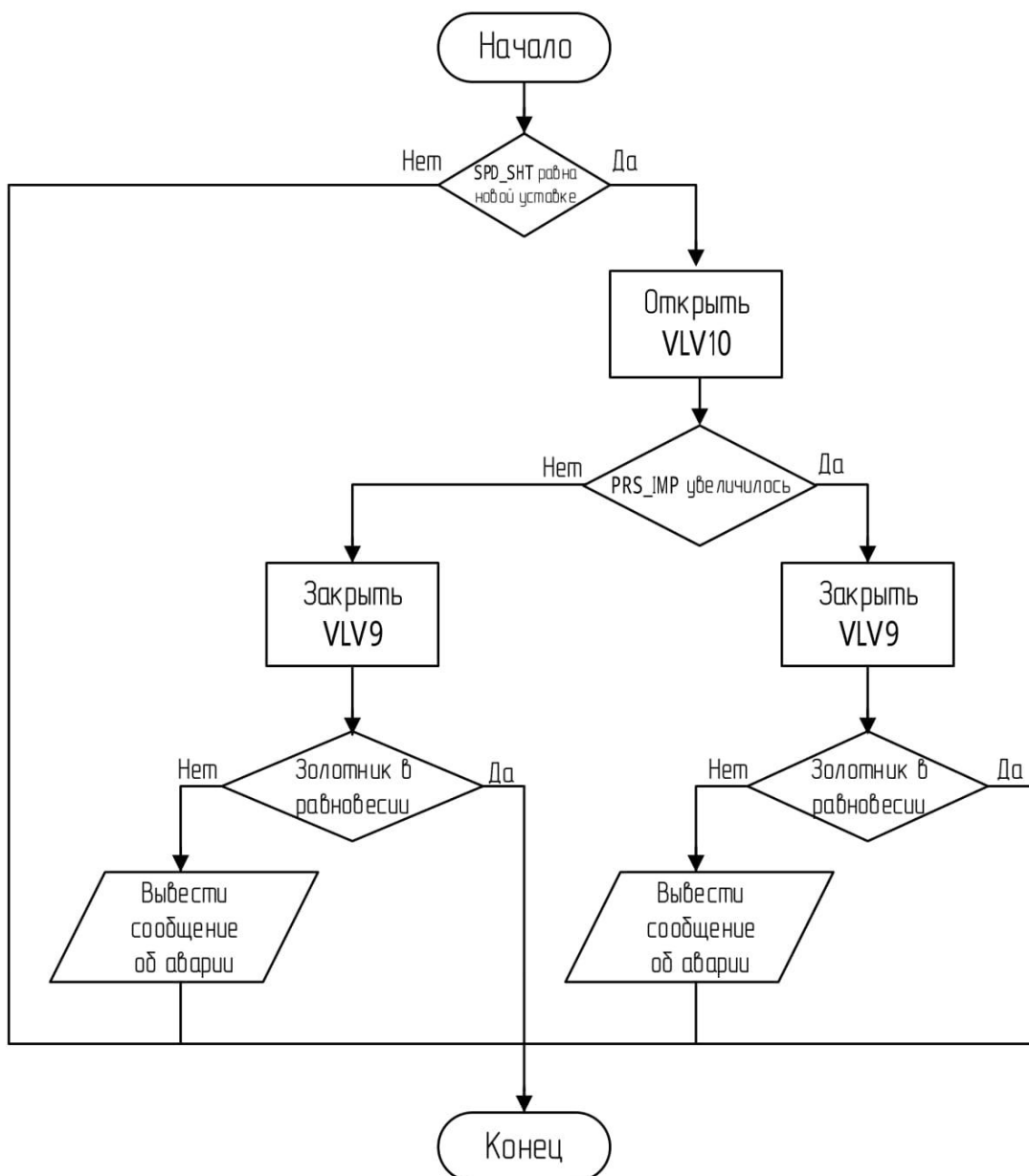
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Чимров				
Проверил	Громаков				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

ФЮРА.420609.08



ФЮРА.420609.08

Алгоритм останова
системы вывода
турбины на обороты
холостого хода

Лит. Масса Масштаб

у 1:1

Лист Листов

НИ ТПУ СУМ
Группа 8Т31

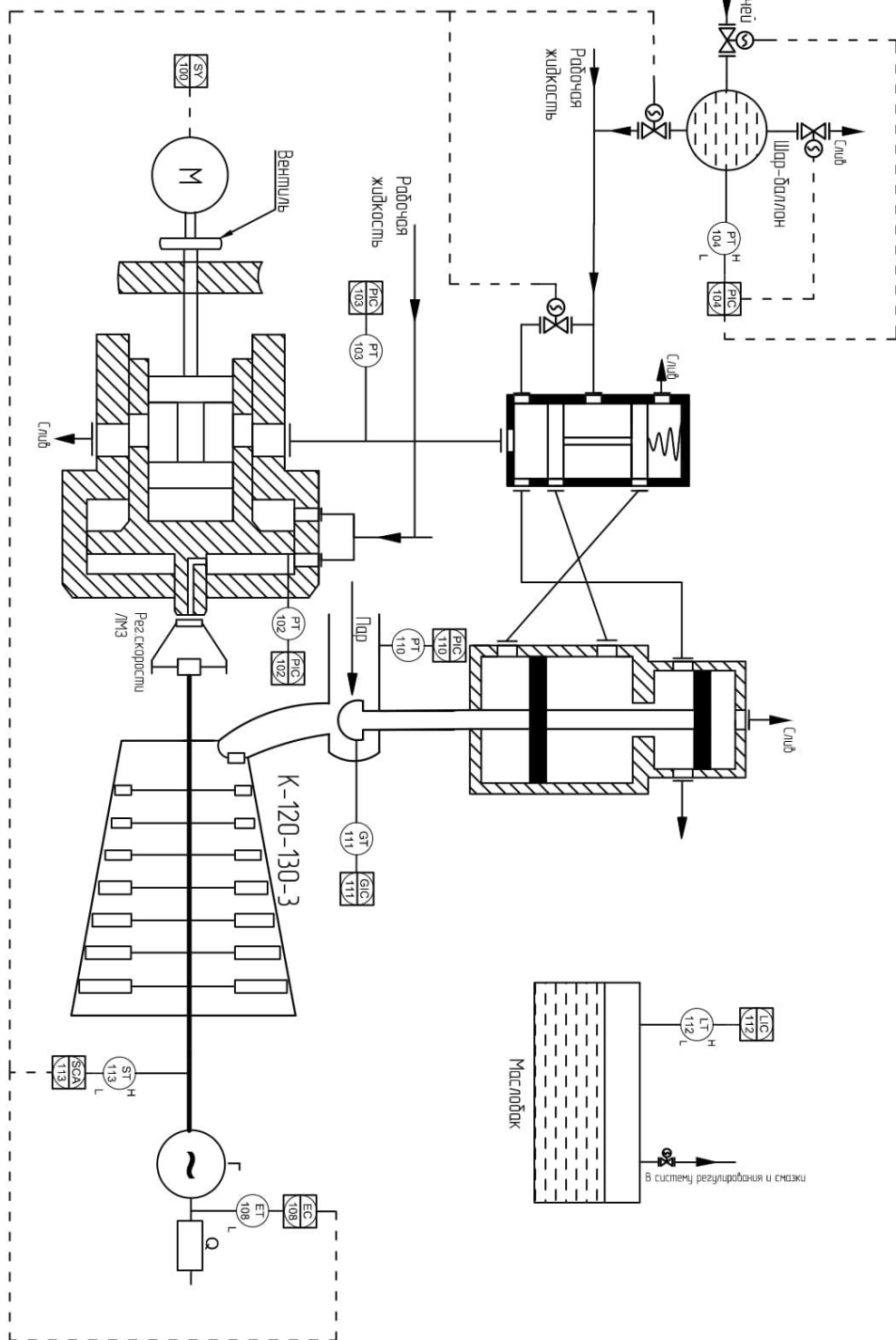
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разработал	Чимров				
Проверил	Громаков				
Т. контр.					
Нач. отд.					
Н. контр.					
Утв.					

ФЮРА.420609.01



Согласовано

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

ФЮРА.420609.9

Функциональная схема
автоматизации по ANSI

Лит.	Масса	Масштаб
у		
Лист	Листов	

НИ ТПУ СУМ
группа 8Т31

Формат