

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»  
Институт химии и энергетики

---

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки)

---

Техническое и информационное обеспечение интеллектуальных систем  
электроснабжения  
(направленность (профиль))

---

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему: Автоматизация системы сбора технологической информации  
для оперативного диспетчерского персонала ТЭЦ ВАЗа

Студент

И.А. Малик

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

д.т.н., доцент, А.А. Кувшинов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ технологического объекта управления и требования к разрабатываемой автоматической системе управления технологическими параметрами циркуляционных насосных станций.....	7
1.1 Анализ технологического объекта управления .....	7
1.2 Требования к составу технологических функций .....	10
1.3 Требования к общесистемным функциям .....	11
1.4 Требования к информационным функциям .....	16
1.5 Требования к управляющим функциям .....	23
1.6 Выводы.....	23
2 Основные технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами.....	24
2.1 Требуемые работы для внедрения.....	24
2.2 Назначение и условия применения автоматизированных рабочих мест оперативного персонала .....	27
2.3 Технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами .....	29
2.4 Комплекс технических средств и его размещение на объекте.....	35
2.5 Режимы функционирования системы .....	36
2.6 Контроль и управление технологическим оборудованием .....	38
2.7 Электропитание .....	39
2.8 Стандартизация и унификация .....	40
2.9 Виды обеспечения программно-технического комплекса.....	40
2.10 Аналоговые датчики и измерительные преобразователи .....	45
2.11 Формирование управляющих команд.....	48
2.12 Технические средства оперативного и неоперативного контроля и управления.....	49
2.13 Технические средства передачи информации.....	49
2.14 Численность, квалификация и функции обслуживающего персонала....	50

2.15 Безопасность и надежность.....	51
2.16 Эргономика и техническая эстетика .....	54
2.17 Защита от влияния внешних воздействий .....	55
2.18 Выводы.....	56
3 Расчет технико-экономических показателей при внедрении автоматической системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2 .....	59
3.1 Приборы теплотехнического контроля ЦНС-1.....	59
3.2 Оборудование автоматизированной системы управления ЦНС-1 .....	62
3.3 Оборудования волоконно-оптической линии связи ЦНС-1 .....	63
3.4 Оборудование системы пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-1.....	64
3.5 Приборы теплотехнического контроля ЦНС-2.....	65
3.6 Оборудование автоматизированной системы управления ЦНС-2 .....	68
3.7 Оборудования волоконно-оптической линии связи ЦНС-2 .....	69
3.8 Оборудование системы пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-2.....	69
3.9 Пусконаладочные и строительно-монтажные работы по автоматизации ЦНС-1 и ЦНС-2 .....	71
3.10 Вывод.....	71
Заключение .....	72
Список используемых источников.....	76

## **Введение**

### **Актуальность настоящего исследования:**

В настоящее время на ЦНС-1 и ЦНС-2 организована круглосуточная работа персонала, который осуществляет управление в ручном режиме. Автоматизация системы позволит отказаться от постоянного присутствия персонала и перевести управление на автоматизированное рабочее место.

### **Объект исследования:**

Циркуляционные насосные станции ТЭЦ ВАЗа.

### **Предмет исследования:**

Автоматизация системы управления ЦНС-1 и ЦНС-2

### **Цель исследования:**

Отказ от постоянного присутствия персонала и перевод управления технологическими процессами и контроля над параметрами работы оборудования циркуляционных насосных станций на автоматизированное рабочее место группового щита управления.

### **Гипотеза исследования:**

Создание современных систем управления и регулирования на основе серийно выпускаемых микропроцессорных средств цифровой техники, обеспечивающих:

- 1) эффективное автоматизированное управление технологическими процессами в естественном, промежуточном и аварийном режимах работы оборудования;
- 2) повышение надежности механического и электрического оборудования;
- 3) предоставление оперативному персоналу достоверной и своевременной информации о прохождении технологического процесса, состоянии механического и электрооборудования и элементов управления, представленных в наиболее читаемой форме;

- 4) предоставление оперативному персоналу технологической информации (собранной за несколько лет) для анализа событий, оптимизации параметров события и планирования операций и повышения качества работ;
- 5) снижение численности аварийных ситуаций в результате неверных процессов деятельности персонала;
- 6) уменьшение риска вероятности возникновения аварийных ситуаций;
- 7) снижение психологического и физического уровня нагрузки на персонал;
- 8) повышение качества рациональной организации труда обслуживающего персонала;
- 9) усиление экономической эффективности работы тепломеханического и электротехнического оборудования, уменьшение издержек на обслуживание и ремонт.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- 1) анализ технологического объекта управления и требования к разрабатываемой автоматизированной системе управления технологическими параметрами циркуляционных насосных станций;
- 2) основные технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами;
- 3) расчет технико-экономических показателей при внедрении автоматизированной системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2.

**Методы исследования:**

Изучение и анализ научно-технической литературы Российских и зарубежных ученых, а так же их нормативные документы и исследования. Так же использовались ГОСТы, ПУЭ и методики технико-экономического обоснования.

**Научная новизна исследования:**

Автоматизированная система управления циркуляционными насосными станциями ТЭЦ ВАЗа предназначена для обеспечения дистанционного управления оборудованием циркуляционных насосных станций, а также системы видеонаблюдения за оборудованием насосных станций и территории градирен и системы пожарной сигнализации в помещениях насосных станций для контроля наличия пожароопасных ситуаций и своевременного оповещения операторов технологов.

**Практическая значимость исследования** заключается в создании автоматизированной системы управления циркуляционными насосными станциями ТЭЦ ВАЗа.

**Личное участие автора** в организации и проведения исследования состоит в том, что выбор темы и анализ материала выполнен совместно с научным руководителем. Все основные результаты получены автором лично.

**Апробация** и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- Студенческие Дни науки в ТГУ»: научно-практическая конференция (Тольятти, 1–30 апреля 2019 года);

- V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов (Тольятти, 12–13 ноября 2019 года).

**На защиту выносятся:**

1) анализ технологического объекта управления и требования к разрабатываемой автоматизированной системе управления технологическими параметрами циркуляционных насосных станций;

2) основные технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами;

3) расчет технико-экономических показателей при внедрении автоматизированной системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2.

# **1 Анализ технологического объекта управления и требования к разрабатываемой автоматической системе управления технологическими параметрами циркуляционных насосных станций**

## **1.1 Анализ технологического объекта управления**

ТЭЦ Волжского Автозавода расположена по адресу Самарская область, г. Тольятти, ул. Вокзальная, 100. «Тепловая электростанция обеспечивает электроэнергией, отоплением и горячей водой Волжский автомобильный завод, Автозаводский район города Тольятти и коммунальную зону. На полную мощность, на ТЭЦ работают 11 турбоагрегатов, 14 паровых энергетических котлов, 14 пиковых водогрейных котлов»[10]. На рисунке 1 изображена ТЭЦ ВАЗа.



Рисунок 1 – ТЭЦ ВАЗа

Основные характеристики ТЭЦ сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Основные характеристики ТЭЦ

Вид энергии	Вырабатываемая мощность
Электрическая	1172 МВт
Тепловая	3903 Гкал/ч

В качестве основного топлива на ТЭЦ ВАЗа используется природный газ. В качестве резервного топлива используется мазут.

В зоне влияния объекта, особо охраняемые территории (зоологические заказники, объекты историко-культурного наследия) отсутствуют.

Климатические характеристики региона сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Климатические характеристики региона

Характеристика	Единица измерения
Средняя температура зимы	-10,6°C
Средняя температура лета	+20,9°C
Абсолютный максимум летом	+40,5°C
Абсолютный минимум зимой	-43,4°C
Среднегодовая температура	+5,1°C
Количество солнечных дней в году	285 дней
Среднее количество осадков	492 мм в год

Насосные станции предназначены для снабжения охлажденной водой технологического оборудования ТЭЦ и охлаждения конденсаторов турбоагрегатов. Электродвигатели насосов типа ВАН173/46-12У3. Двигатель асинхронный, трехфазный с короткозамкнутой обмоткой ротора вертикального исполнения. Наружный диаметр сердечника статора составляет 173 см, а длина сердечника статора 46 см. Число полюсов 12.

На рисунке 2 изображен электродвигатель типа ВАН173/46-12У3.



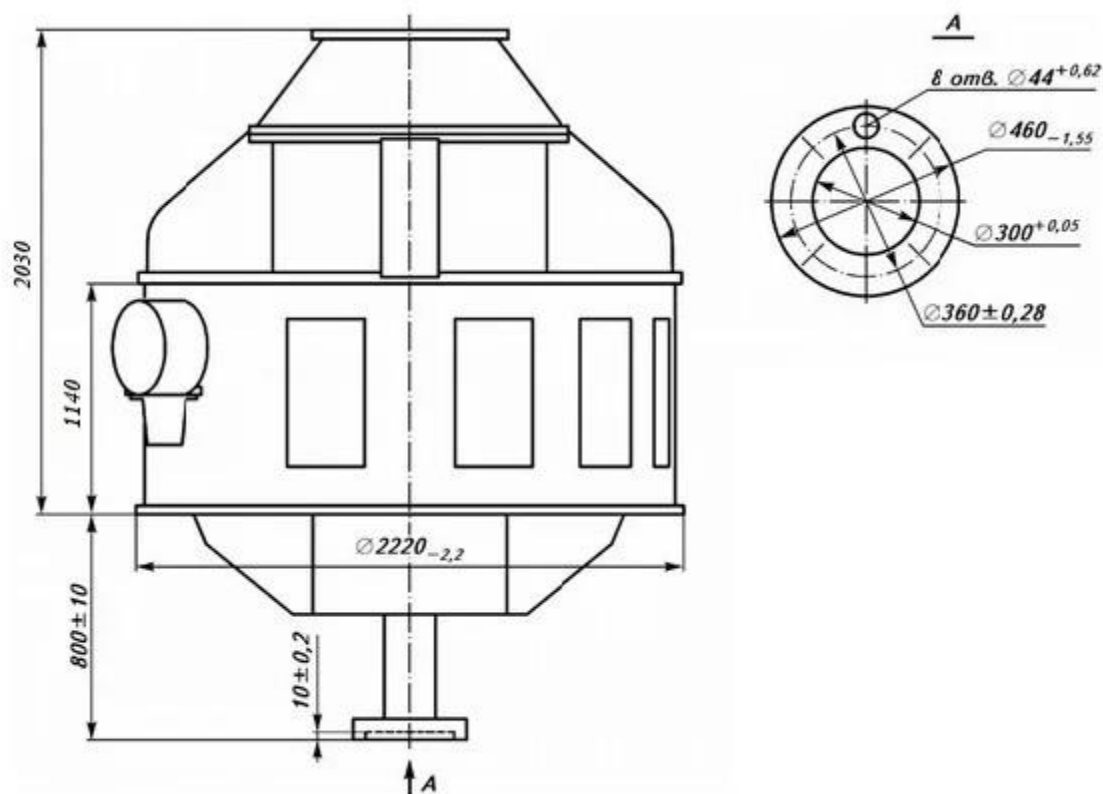


Рисунок 2 – Электродвигатель ВАН173/46-12У3

Технические данные электродвигателя ВАН173/46-12У3 сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Технические данные двигателя ВАН173/46-12У3

Номинальное напряжение	Номинальный ток	Коэффициент полезного действия	Коэффициент мощности (cos φ)
6 кВ	194 А	94,5 %	0,84

В настоящее время на ЦНС-1 и ЦНС-2 организована круглосуточная работа персонала, который осуществляет управление технологическими процессами и контроль над параметрами работы оборудования ЦНС-1 и ЦНС-2 в ручном режиме. Основной целью автоматизации системы является отказ от постоянного присутствия персонала и перевод управления технологическими процессами и контроля над параметрами работы

оборудования циркуляционных насосных станций на автоматизированное рабочее место группового щита управления. Для этих целей разрабатывается система автоматизации, обеспечивающая дистанционное управление оборудованием циркуляционных насосных станций, а также системы видеонаблюдения за оборудованием насосных станций и территории градирен и системы пожарной сигнализации в помещениях насосных станций для контроля наличия пожароопасных ситуаций и своевременного оповещения операторов технологов.

## **1.2 Требования к составу технологических функций**

В составе автоматизированной системы управления технологическими процессами должны быть реализованы следующие технологические функции:

- 1) **Общесистемные функции:**
  - a. Сбор и исходная обработка информации от аналоговых и дискретных источников;
  - b. проверка достоверности входной информации;
  - c. Сохранность информации при авариях;
  - d. Защита информации от несанкционированного доступа;
  - e. обеспечение связи с внешними потребителями (по отношению к системе автоматизации циркуляционных насосных станций) сведений станционного уровня по цифровым линиям связи;
  - f. автоматический контроль функционирования компонентов программно-технического комплекса системы автоматизации циркуляционных насосных станций.
- 2) **Информационные функции:**
  - a. технологическая предупредительная и аварийная сигнализация;

- b. отображение информации на автоматизированном рабочем месте;
- c. регистрация информации.

3) Управляющие функции:

- a. дистанционное управление арматурой и механизмами собственных нужд;
- b. выполнение программы отключения технологического оборудования при работе технологических защит.

Все технологические функции служат для облегчения труда человека и выполнения технологических процессов или отдельных операций.

### **1.3 Требования к общесистемным функциям**

1. Требования к функции «Сбор и исходная обработка информации от аналоговых и дискретных источников».

Система автоматизации циркуляционных насосных станций должна обеспечивать прием стандартизируемых дискретных и аналоговых сигналов, а так же прием информации:

- a. от определенных традиционных аналоговых датчиков технологических параметров;
- b. от дискретных датчиков;
- c. от локальных сторонних систем, использующих стандартные протоколы передачи данных Ethernet.

В процессе первичной обработки дискретных сигналов:

- a. фиксируется устройство, инициировавшее сигнал;
- b. устраняется влияние "дребезга", возникающего как при замыкании, так и при размыкании контактов;
- c. для дублированных каналов производится проверка на достоверность путем сравнения положений замыкающих и

размыкающих блок-контактов коммутационных аппаратов (при наличии такой возможности на имеющейся аппаратуре);

d. фиксируется отказ датчика, модуля ввода-вывода, отсутствие питания модуля и другие неисправности, приводящие к недостоверным значениям аналоговых и дискретных сигналов.

Система автоматизации циркуляционных насосных станций должна обеспечивать следующие циклы опроса и первичной обработки входной информации от внешних источников:

a. до 1 секунды для большинства сигналов от аналоговых и дискретных датчиков параметров технологического процесса;

b. до 20 секунд для сигналов от аналоговых датчиков температуры или аналитических измерений для информации, поступающей в соответствии со стандартным протоколом Ethernet для передачи данных из локальных систем других поставщиков;

c. отметку времени, которая соответствует времени, в которое информация была получена.

2. Требования к функции «Проверка достоверности входной информации».

В рамках функции должны быть решены следующие задачи:

a. аппаратная диагностика функциональности входных каналов;

b. программная диагностика отдаленных источников информации.

Программная диагностика одноканальных источников аналоговой информации должна проводиться:

a. для преобразователей температуры - путем анализа входного сигнала на допустимые минимальные и максимальные значения.

b. для преобразователей с равномерным выходным сигналом (до 5 мА) - анализом входного сигнала на предмет допустимых минимальных и максимальных значений.

c. для преобразователей с равномерным выходным сигналом (до 20 мА) - анализом входного сигнала на предмет допустимых минимальных и максимальных значений. Минимальное значение сигнала датчика должно быть установлено на -2,5% от шкалы прибора.

d. для цифровой индикации положения регулирующей арматуры следует применять «процедуру оценки допустимой скорости изменения значения сигнала датчика».

Если значение сигнала превышает допустимые пределы или происходит аппаратный сбой устройства связи с объектом, тогда должен сформироваться отказ измерительного канала, и цвет отображения измеренных значений должен быть изменен на пурпурный.

После отображения отказа измерения должно быть сгенерировано сообщение для оператора-технолога и дежурного инженера автоматизированной системы управления, которое содержит идентификатор параметра, название параметра и события, а также время генерации события.

### 3. Требования к функции «Сохранность информации при авариях»

Должна обеспечиваться при наличии хотя бы одного из источников питания (основного или резервного), а также резервного питания для каждого аппаратного блока.

«В случае потери электропитания от одного источника и последующего его восстановления не должны выдаваться ложные команды или ложная информация»[15].

Должна быть обеспечена сохранность и автоматическое восстановление информации, если устройство выходит из строя.

Информация об аварийных ситуациях с программно-техническим комплексом автоматически отображается на дисплеях автоматизированных рабочих мест, а также регистрируется и хранится в системном архиве.

4. Требования к функции «Защита информации от несанкционированного доступа».

Основное и прикладное программное обеспечение должно отвечать следующим требованиям:

- a. имеет несколько уровней доступа к информации;
- b. каждому уровню доступа соответствует список лиц, которым разрешена работа с относящейся к данному уровню информацией;
- c. вход в систему разрешен только после ввода персонального пароля пользователя;
- d. система контроля доступа имеет возможность динамически изменять списки лиц и их прав;
- e. при внесении изменений в базу данных фиксируется время доступа и имя пользователя, кто внес изменения;
- f. программное обеспечение поставляется в виде файлов в машинном коде;
- g. программное обеспечение инструментальной системы включает программу защиты от компьютерных вирусов;
- h. любое изменение информации выполняется только после подтверждения запроса с контролем достоверности вводимой информации;
- i. доступ к незащищенным портам ввода информации ограничен программным и аппаратным обеспечением.

5. Требования к функции «обеспечение связи с внешними потребителями (по отношению к системе автоматизации циркуляционных насосных станций) сведений станционного уровня по цифровым линиям связи».

Обмен информацией между компонентами программно-технического комплекса должен осуществляться по цифровому каналу данных.

Основным средством связи для обмена информацией с потребителями информации на уровне станции является локальная сеть (LAN) на основе ТСР/IP со скоростью 100 Мбит/с. Для связи с удаленными объектами (ЦНС-1 и ЦНС-2) используется волоконно-оптическая связь.

Не допускается прямой доступ внешних потребителей к информации, генерируемой в программно-техническом комплексе для внутреннего использования.

Предназначенные для передачи внешним потребителям объемы информации, формируются программным обеспечением по требованию потребителей на предоставление информации.

Сетевое программное обеспечение предоставляет гарантированную доставку всех типов данных из источника в пункт назначения с подтверждением.

6. Требования к функции «автоматический контроль функционирования компонентов программно-технического комплекса системы автоматизации циркуляционных насосных станций».

Процесс загрузки стандартного программного обеспечения в компоненты программно-технического комплекса должен сопровождаться проверкой целостности загружаемой информации.

«Программное обеспечение функции должно обеспечивать безопасность настроек для программ, которые изменяются в процессе настройки. Фактические настройки должны автоматически загружаться в контроллеры, когда они перезапускаются автоматически. Обеспечивать контроль и сигнализацию о закрытом положении дверей шкафов программно-технического комплекса и контроль температуры воздуха в шкафах.»[35]

## 1.4 Требования к информационным функциям

1. Требования к функции «предупредительная и аварийная технологическая сигнализация».

Заслуживающим привлечения внимания оператора фактом, является нарушение параметром одной из регламентных границ (уставки).

Контроль над состоянием технологического параметра может производиться по четырем уставкам (регламентным границам):

- a. двум предупредительным – нижней и верхней;
- b. двум аварийным – нижней и верхней.

«Технологическая аварийная и предупредительная сигнализация должна быть реализована с применением принципа «темного табло», т.е. должны сигнализироваться только те события, появление которых правомерно по технологическим условиям работы оборудования. Для этой цели должен быть реализован автоматический ввод/вывод функции сигнализации по состоянию технологического оборудования и/или значениям параметров сред. В частности верхние или нижние уставки должны при необходимости отключаться для нерабочих (останов, пуск, стоянка) режимов агрегата или его отдельных узлов»[4].

Для устранения частого срабатывания при дребезге значения параметра вблизи регламентной границы предусмотрен гистерезис.

Технологическая сигнализация должна осуществляться цветовой сигнализацией и технологическими сообщениями.

Цветовая сигнализация. Предусмотрена следующая цветовая кодировка цифровых индикаторов параметров:

- a. при отсутствии нарушения уставок цифровой индикатор и фон под ним отображаются цветами, заданными в графическом редакторе при создании мнемосхемы;
- b. при нарушении технологическим параметром нижней или верхней предупредительной уставки (с учетом гистерезиса), его



цифровой индикатор на мнемосхеме отображается желтым цветом. Фон под цифрами отображается цветом, заданным в графическом редакторе при создании мнемосхемы;

с. при нарушении технологическим параметром нижней или верхней аварийной уставки (с учетом гистерезиса) его цифровой индикатор на мнемосхеме отображается белым цветом на красном фоне.

Технологические сообщения. При нарушениях параметром одной из регламентных границ (тип контроля – «Выход за уставку») или при совпадении текущего значения параметра с контрольным числом (тип контроля – «Смена значения») на дисплей рабочей станции должно выводиться окно технологических сообщений, в котором отображается:

- d. название агрегата;
- e. время сообщения;
- f. текст сообщения. (Информационные сообщения выводятся белым цветом на темно-зеленом фоне, предупредительные – черным цветом на желтом фоне и аварийные – белым цветом на красном фоне);
- g. кнопка поиска для быстрого перехода на аварийную мнемосхему. При нажатии на этот знак должен быть осуществлен переход к мнемосхеме, логически связанной с событием, вызвавшим появление сообщения.

В случае одновременного появления технологических сообщений их вывод должен осуществляться через буфер глубиной не менее 10 сообщений. При этом технологические сообщения в буфере должны располагаться в следующем порядке:

- a. на верху (т.е. наиболее быстро доступны для оператора) располагаются технологические сообщения уставок состояния, имеющих более высокий приоритет. Уставки состояния в зависимости от потенциальной опасности нарушения или аварии может быть задан (поле «Приоритет») приоритет от 0 до 9;

б. при одинаковом приоритете технологические сообщения располагаются в хронологическом порядке: внизу – наиболее поздние сообщения, наверху – наиболее свежие.

Технологические сообщения в окне располагаются как бы одно под другим. Для того, чтобы просмотреть все технологические сообщения оператор должен последовательно прощелкать Мышью каждое из них. Вывод технологических сообщений должен производиться на оба дисплея автоматизированного рабочего места. Их квитирование осуществляется нажатием Мышью на текст сообщения на любом из дисплеев. Время квитирования должно заноситься в Протокол нарушений.

Звуковая сигнализация. Вывод технологических предупредительных и аварийных сообщений должен сопровождаться звуковой сигнализацией.

Сигнализация по превышению (понижению) значения параметра входящего только в автоматизированную систему управления и неотображаемого на показывающих или регистрирующих приборах производится дополнительным зажиганием светового табло на панелях.

2. Требования к функции «отображение информации на автоматизированном рабочем месте».

Основной формой предоставления информации для оперативного контроля и управления оборудованием являются мнемосхемы. Мнемосхемы формируются на экране монитора путем совмещения статических и динамических элементов.

К статической информации относится неизменяемая фоновая часть мнемосхемы, включающая:

- а. изображения технологического оборудования трубопроводов;
- б. условные обозначения (контуры) механизмов, арматуры, регуляторов;
- с. точки измерения, текстовые надписи и размерности параметров.

К динамическим формам информации на мнемосхемах относятся:

а. цифровые индикаторы – показывают значения измеренных и рассчитанных параметров, а также степень раскрытия регулирующих органов, число значащих цифр и положение десятичной точки в цифровых индикаторах приводятся на мнемосхемах в соответствии с диапазоном и требуемой точностью измерения, которая должна соответствовать требованиям РД 34.11.321-96. Положение регулирующих органов индицируется числом от 0 до 100% полного хода.

Отклонения от параметров, выходящих за допустимые пределы, должны сигнализироваться путем изменения цвета цифрового дисплея этого параметра.

Недостоверность информации должна отображаться фиолетовым цветом;

б. многоцветные дискретные индикаторы – отображают состояние арматуры, механизмов, лампочек исполнительных механизмов и т.п. Они бывают стандартной (вентиль, треугольник, лампочка) или произвольной (фигуры, имеющие замкнутый контур) формы. Цвет формы - отображает текущее состояние (статус) контролируемого дискретного параметра или устройства (логического или физического);

с. дискретная линия – изменяет свой цвет в зависимости от значения целочисленного определяющего параметра. Применение - для динамического изменения выводимых на экран схем;

д. цветной текст – изменяет свой цвет или фон, на котором он выводится, в зависимости от значения целочисленного определяющего параметра;

е. текстовые индикаторы – выполняют ту же функцию, что и графические индикаторы, только отображение текущего состояния контролируемого дискретного параметра или устройства осуществляется за счет изменения содержания выводимой на экран надписи;

f. линейные индикаторы (гистограммы) – отображают текущее значение контролируемого параметра в виде столбика, длина которого прямо пропорциональна величине параметра;

г. графики – отображают динамику изменения одного или нескольких (до 6 шт.) параметров на оперативном интервале времени. Графики могут быть с оцифровкой и без оцифровки шкал осей ординат (значения параметров) и абсцисс (шкала времени). При вызове соответствующей мнемосхемы на графиках выводится предыстория процесса (глубиной до 30 минут) и далее графики движутся слева направо по оси времени. При достижении конца шкалы времени выполняется автоматическая перерисовка графика с соответствующим сдвигом шкалы времени и выводом предыстории процесса. Для графиков может быть задана предварительно заданная фиксированная (“жесткая”) шкала ординат или автоматически масштабируемая (“гибкая”) шкала, позволяющая обеспечить оптимальное разрешение.

Требования к быстродействию функций отображения оперативной информации указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Требования к быстродействию функций

функция	Максимальное время срабатывания, с
полная смена кадра на экранах видеодисплея	1,5
период обновления информации на экране видеодисплея	1
задержка с момента вызова информации на экран видеодисплея до начала вывода на экран	1

Помимо мнемосхем отображение информации должно осуществляться в информационных окнах, которые могут занимать лишь часть экрана дисплея.

3. Требования к функции «регистрация информации».

Функция должна обеспечивать следующие виды регистрации:

- a. регистрация значений всех технологических параметров, вводимых в систему;
- b. регистрация состояния автоматических регуляторов;
- c. регистрация событий функции «Предупредительная и аварийная сигнализация»;
- d. регистрация сообщений функции диагностики состояния программно-технического комплекса и периферийных устройств.

В процессе работы автоматизированной системы управления записывается на накопителях (жестких магнитных дисках) с возможностью последующего воспроизведения и документирования, следующая информация:

- a. Архивные тренды, которые содержат информацию о срезах всех аналоговых параметров за одни сутки. Глубина локального архива – 3 года. Информация, содержащаяся в архивных трендах, предоставляется в одноименном окне, которое является идентичным окну «Оперативные тренды», за исключением оси абсцисс (шкалы времени). Оператор может произвольным образом выбрать время начала и конца графиков (от нескольких десятков минут до 1 месяца).

- b. Аварийные тренды, которые должны формироваться в случае выхода любого защитного параметра за пределы аварийных уставок и должны содержать информацию о срезах всех аналоговых параметров за 1 час (полчаса до и после аварии). Длительность хранения аварийных трендов – 5 лет. Дискретность – 1 секунда. Информация, содержащаяся в архивных трендах, предоставляется в одноименном окне, которое является идентичным окну «Оперативные тренды», за исключением оси абсцисс (шкалы времени). Оператор может произвольным образом выбрать время начала и конца графиков «Протоколы», в которых фиксируется информация о событиях, произошедших на объекте в течение суток.

Каждая запись протокола содержит следующие данные:

- a. порядковый номер события на данном агрегате (за сутки);
- b. время возникновения события;
- c. номер и имя параметра связанного с событием;
- d. текстовая расшифровка события.

Глубина архива – 3года.

Должны быть предусмотрены следующие типы протоколов:

a. «Протокол нарушений», в который заносится информация о выходе параметра за аварийные уставки и возвращении параметра в норму, а также данные о квитировании оператором аварийных сообщений;

b. «Протокол общего оповещения», в который заносится информация об изменениях статуса, режима управления и отказах автоматических регуляторов;

c. «Протокол автоматизированной системы управления», в который заносится информация о включении или отключении и отказах технических средств автоматизированной системы управления, отказах датчиков, выходе из строя элементов системы электропитания и т.п.;

d. Суточные ведомости, содержащие 2-х часовые временные срезы значений заданных параметров, средние, минимальные и максимальные значения параметров за сутки, накопленные за сутки значения расходов;

e. Суточная ведомость содержит в табличной форме мгновенные значения заданных технологических параметров агрегата на временных срезах - 00:00, 02:00, ... , 20:00, 22:00. Кроме того, в суточную ведомость записываются:

- a. среднесуточное значение параметра;
- b. минимум параметра за сутки;
- c. максимум параметра за сутки.

Глубина архива – 31 сутки.

## **1.5 Требования к управляющим функциям**

### **1. Требования к функции «дистанционное управление арматурой»**

Программно-технический комплекс должен предоставлять возможность управлять электроприводом арматуры и пусковой аппаратурой механизмов собственных нужд. При этом должен осуществляться контроль над действиями оператора и выполнение автоматических блокировок.

### **2. Требования к функции «выполнение программы отключения технологического оборудования при работе технологических защит».**

Программно-технический комплекс должен своевременно отключать технологическое оборудование при срабатывании технологических защит.

## **1.6 Выводы**

В настоящее время на ЦНС-1 и ЦНС-2 организована круглосуточная работа персонала, который осуществляет управление технологическими процессами и контроль над параметрами работы оборудования ЦНС-1 и ЦНС-2 в ручном режиме. Основной целью автоматизации системы является отказ от постоянного присутствия персонала и перевод управления технологическими процессами и контроля над параметрами работы оборудования циркуляционных насосных станций на автоматизированное рабочее место группового щита управления. Для этих целей разрабатывается система автоматизации, обеспечивающая дистанционное управление оборудованием циркуляционных насосных станций, а также системы видеонаблюдения за оборудованием насосных станций и территории градирен и системы пожарной сигнализации в помещениях насосных станций для контроля наличия пожароопасных ситуаций и своевременного оповещения операторов технологов.

## **2 Основные технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами**

### **2.1 Требуемые работы для внедрения**

Создание автоматизированной информационно-измерительной системы предусматривает следующий объем работ:

1. Замена морально устаревшего оборудования циркуляционных насосных станций ЦНС-1 и ЦНС-2, действующего в настоящее время:

- a. регуляторов на подпитке добавочной воды ЦНС-2;
- b. силовых сборок управления дренажными насосами в ЦНС-2;
- c. силовых сборок управления запорно-регулирующей арматурой;
- d. датчиков контроля давления на напоре циркуляционных насосов;
- e. датчика расхода добавочной воды ЦНС-2;
- f. установка датчиков контроля уровня воды в градирнях, в аванкамерах насосных станций;
- g. внедрение автоматизированной системы управления технологическими процессами;
- h. внедрение систем видеонаблюдения и пожарной сигнализации.

2. Монтаж нового оборудования, датчиков и систем:

- a. смонтировать уровнемеры в градирнях с отображением значений уровня на показывающих приборах с сигнализацией по повышению уровня;
- b. смонтировать уровнемеры в аванкамерах циркуляционных насосов с отображением значений уровня на показывающих приборах с



предупредительной и аварийной сигнализацией при повышении и понижении уровня;

с. показания температурного контроля и контроль вибрации циркуляционных насосов ЦН 1-6 и ЦН 7-10, давление на напоре циркуляционных насосов, значения уровней в чашах градирен и аванкамер вывести на автоматизированных рабочих местах ЦНС-1,2, расположенных на групповых щитах управления 1 и 2 соответственно;

d. с автоматизированных рабочих мест выполнить управление задвижками Ц-5,6 на градирнях, затворов на напоре циркуляционных насосов и управление регуляторами добавочной воды на ЦНС-1 и задвижками регулирования уровня Д-8,9 на ЦНС-2;

e. на автоматизированные рабочие места вывести показания с видеокамер, расположенных в машзалах ЦНС-1,2 и территории около градирен;

f. смонтировать пожарную сигнализацию с выходом на автоматизированные рабочие места ЦНС-1,2;

g. выполнить управление автоматикой и показания уровня дренажных вод в подвалах ЦНС-1,2;

h. выполнить монтаж волоконно-оптической линии связи от зданий ЦНС-1,2 до групповых щитов управления 1 и 3 соответственно с подключением к локальной сети ТЭЦ. Смонтировать шкафы сбора данных, контроллерное и серверное оборудование;

i. выполнить проектные строительные-монтажные и пуско-наладочные работы.

3. Внедрение технологических защит ЦНС-1 и ЦНС-2:

a. понижение давления на напоре циркуляционных насосов ЦН1-10. Защита предназначена для защиты насосных агрегатов от аварий и обеспечения требуемого давления в напорной, вызванных недопустимым понижением давления в напорной линии. При достижении давления значения  $0,7 \text{ кгс/см}^2$  производится

автоматический ввод резервного насоса. Значение предупредительной сигнализации равно  $0,8 \text{ кгс/см}^2$ . В зависимости от расхода воды в работе находятся два или три насоса при этом в резерве всегда находится один насос;

в. закрыт затвор на напоре циркуляционных насосов ЦН1-10. Блокировка предназначена для защиты оборудования от аварий;

с. понижение уровня в камерах всасывания циркуляционных насосов ЦН1-10. Защита предназначена для защиты насосных агрегатов от аварий, вызванных недопустимым понижением уровня в аванкамере насоса. При достижении уровня 2300 мм производится останов насоса. Значение предупредительной сигнализации равно 1800 мм;

д. повышение уровня в дренажном приемке ЦНС-2. Защита предназначена для защиты оборудования ЦНС-2 от подтопления, вызванного недопустимым повышением уровня в дренажном приемке ЦНС-2. При достижении уровня 100 мм ниже настила включается дренажный насос №1. Второй дренажный насос находится в резерве;

е. Понижение уровня в дренажном приемке ЦНС-2. Защита предназначена для защиты оборудования ЦНС-2 от аварий, вызванных недопустимым понижением уровня в дренажном приемке ЦНС-2. При достижении уровня 1100 мм производится отключение дренажного насоса;

ф. Повышение уровня в градирне. Защита предназначена для предотвращения затопления оборудования градирни при превышении уровня в градирне. При превышении уровня производится закрытие соответствующей задвижки на сливе циркуляционной воды.

## 2.2 Назначение и условия применения автоматизированных рабочих мест оперативного персонала

Автоматизированные рабочие места оперативного персонала предназначены для автоматизированного приема, архивации и отображения технологических параметров ТЭЦ ВАЗа. Пример автоматизированного рабочего места изображен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Пример автоматизированного рабочего места

Для выполнения контроля технологического процесса на автоматизированном рабочем месте автоматизированы следующие функции:

1. прием текущих значений всех собираемых технологических параметров от программируемых логических контролеров;
2. отображение принятых текущих значений параметров на мнемосхемах, в виде временных графиков (трендов) и таблиц;
3. формирование предупредительной и аварийной сигнализации в случае выхода измеряемых параметров за пределы уставок, а также в виде сообщений с описанием события;

4. отображение результатов самодиагностики системы;
5. архивирование принятых от программируемых логических контролеров значений параметров с возможностью их просмотра;
6. фильтрация поступающих сообщений в соответствии с выполненными настройками пользователя;
7. разграничение прав пользователей в соответствии с назначенным уровнем доступа.

Автоматизированное рабочее место может применяться при выполнении следующих условий:

1. программируемые логические контролеры и автоматизированные рабочие места находятся в рабочем состоянии;
2. нет нарушений в каналах связи, по которым осуществляется передача информации от программируемых логических контролеров до автоматизированных рабочих мест;
3. наличие необходимого уровня знаний и навыков эксплуатационного персонала для работы на автоматизированном рабочем месте;
4. соблюдение условий эксплуатации автоматизированного рабочего места;
5. соблюдение правил работы с программным обеспечением автоматизированного рабочего места;
6. уровень аппаратной оснащенности соответствует системным требованиям программного обеспечения автоматизированного рабочего места;
7. на автоматизированном рабочем месте установлено программное обеспечение.

Автоматизированное рабочее место предназначено для организации автоматизированного приема, передачи, отображения и архивации параметров ТЭЦ ВАЗа от циркуляционных насосных станций.

## **2.3 Технические решения разрабатываемой автоматизированной системы управления технологическими процессами**

Автоматизированная система управления технологическими процессами циркуляционных насосных станций представляет собой многоступенчатую комплексную человеко-машинную систему, функционирующую в режиме реального времени, включающая оперативный технологический и обслуживающий персонал, а также ряд программного и аппаратного обеспечения.

Функционирование автоматизированной системы управления технологическими процессами осуществляется:

1. в автоматизированном режиме, комплекс программных средств по управлению объектами автоматизации выполняется совместно с оперативным персоналом и программно-техническими комплексами;
2. в автоматическом режиме, комплекс программных средств по управлению объектами автоматизации выполняется программно-техническими комплексами, не затрагивая работу оперативного персонала;
3. в ручном режиме, комплекс действий по управлению объектами автоматизации выполняется работа оперативного персонала и не затрагивает программно-технический комплекс.

Система автоматизации циркуляционных насосных станций представляет собой механизм, включающий в себя три иерархических уровня:

1. В первый (нижний) уровень входят устройства измерения технологического параметра аналогового и дискретного типа, функциональный элемент системы автоматического управления, для контроля потоков в трубопроводных конструкциях с помощью специализированной запорно-регулирующей арматуры, сборки распределительного токового задвижного оборудования и т.д., а также датчики и извещатели системы пожарной сигнализации.

2. Во второй (средний) уровень системы автоматизации циркуляционных насосных станций входят:

а. шкафы управления насосных станций (ШУ ЦНС-1 и ШУ ЦНС-2) с установленными микропроцессорными программируемыми контроллерами REGUL-R200. Габаритные размеры контроллера REGUL-R200 изображены на рисунке 4;

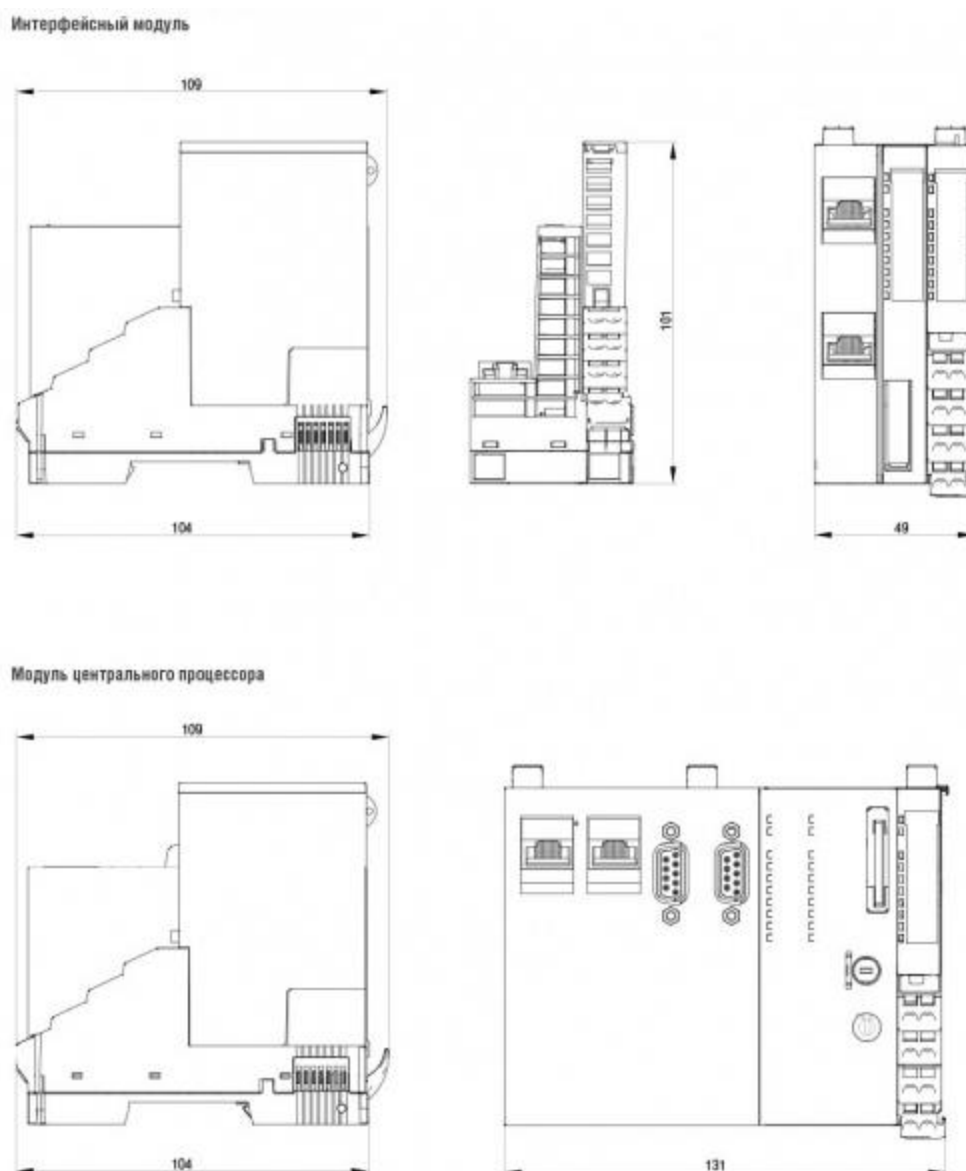


Рисунок 4 – Габаритные размеры контроллера REGUL-R200

в. центральный шкаф управления (ШУ ЦНС) с установленным резервированным микропроцессорным программируемым контроллером REGUL-R600. Габаритные размеры контроллера REGUL-R600 изображены на рисунке 5;

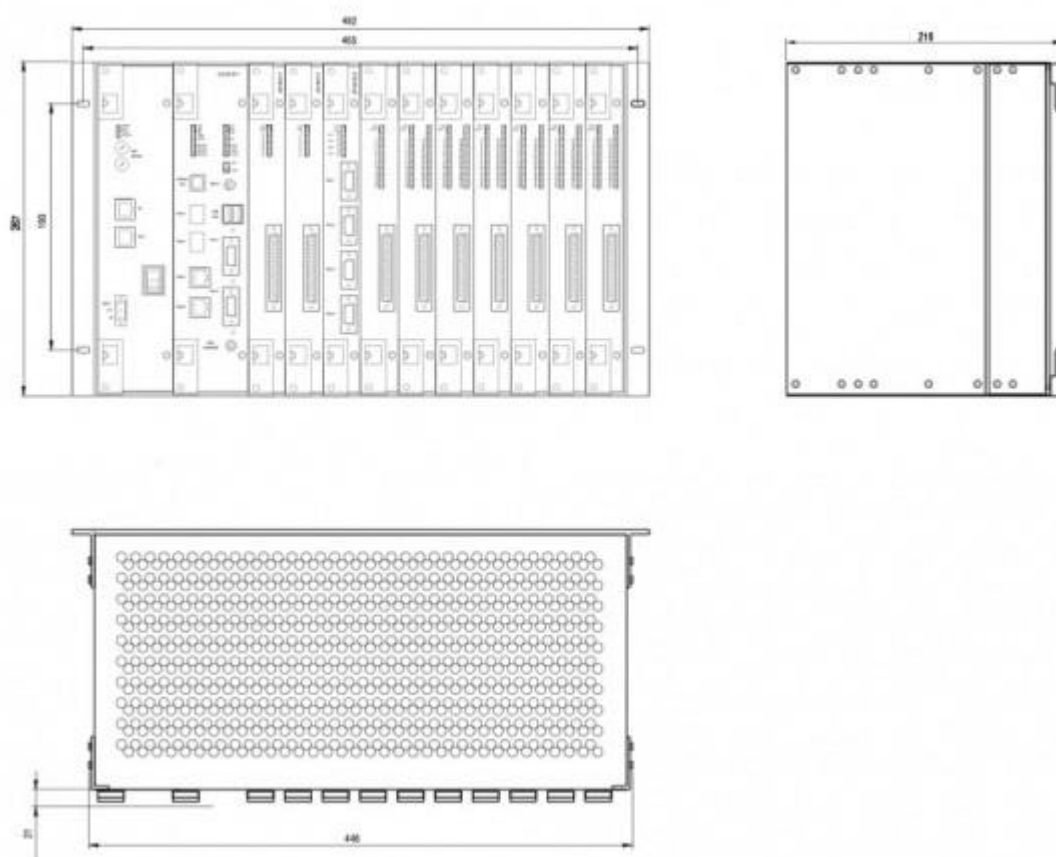


Рисунок 5 – Габаритные размеры контроллера REGUL-R600

с. пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М и прибор приемно-контрольный охранно-пожарный "Сигнал-20М" ЗАО НВП "Болид". Пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М и прибор приемно-контрольный охранно-пожарный "Сигнал-20М" изображены на рисунках 6 и 7 соответственно;



Рисунок 6 – Пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М



Рисунок 7 – Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный  
"Сигнал-20М"



d. видеокamеры сетевые типа VCI ЗАО НВП "Болид". Пример такой камеры изображен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Видеокamera сетевая типа VCI ЗАО НВП "Болид"

3. В третий (верхний) уровень системы автоматизации циркуляционных насосных станций входят:

a. два автоматизированных рабочих места оператора циркуляционных насосных станций на базе персональных компьютеров;

b. автоматизированное рабочее место систем видеонаблюдения и пожарной сигнализации;

c. устройства и линии связи, для передачи информацией в цифровом виде. Сетевое и коммуникационное оборудование размещаются в шкафу сетевого оборудования. Автоматизированное рабочее место размещаются на щите управления.

Шкафы управления реализуют следующие функции:

a. дистанционное управление;

- b. информационный сбор контролируемых сигналов;
- c. технологические защиты и блокировки.

В контроллерах в реальном масштабе времени выполняется сбор, обработка информации от датчиков, выдаются управляющие воздействия, в соответствии с заложенными алгоритмами. Также контроллеры обмениваются информацией между собой и с устройствами верхнего уровня. Для обмена информацией между контроллерами и верхним уровнем установлено соответствующее оборудование.

Для повышения надежности в системе применено резервирование оборудования и линии связи (в составе 100 % резервирования) для обмена информацией в цифровом виде.

Для бесперебойной работы все оборудование программно-технического комплекса запитано от источников бесперебойного питания.

Контроллерный уровень программно-технического комплекса образует резервированный контроллер серии REGUL R600, а также подсистемы ввода-вывода ЦНС-1 и ЦНС-2, построенные на базе контроллеров REGUL R200. Технические характеристики контроллеров REGUL R200 и REGUL R600 сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Технические характеристики контроллеров REGUL R200 и REGUL R600

Характеристика	REGUL R200	REGUL R600
минимальное время цикла прикладной программы	1 мс	1 мс
время переключения с основного контроллера	-	5 мс
точность синхронизации времени	1 мс	50 мкс
среднее время безотказной работы модуля контроллера	более 150 000 часов	более 150 000 часов
диапазон входного напряжения питания	18...36 VDC	85...264VAC/120...370VDC, 18...36 VDC
Диапазон рабочих температур	от -40 до +60°C	от -40 до +60°C

Системы пожарной сигнализации и видеонаблюдения строятся на базе оборудования ЗАО "НВП "Болид".

В Автоматизированной системе управления технологическими процессами циркуляционных насосных станций выделена следующая иерархия управления:

1. основное место управления оборудованием, групповой щит управления 1 и 2 соответственно – места размещения автоматизированного рабочего места оператора и возможность подключения удаленного рабочего места через корпоративную сеть. Каждое автоматизированное рабочее место оператора представляет собой рабочее место, на котором возможно управление оборудованием всего комплекса автоматизированной системы управления технологическими процессами циркуляционных насосных станций;

2. резервное место управления оборудованием – органы местного управления запорно-регулирующей арматурой, расположенные на дверях сборок распределительного токового задвижного оборудования;

3. Автоматизированные рабочие места систем видеонаблюдения и охранно-пожарной сигнализации размещается в комнате допусков котлотурбинного цеха.

#### **2.4 Комплекс технических средств и его размещение на объекте**

Структура программно-технического комплекса (функциональная) состоит из нескольких взаимосвязанных подсистем, которые классифицируются в соответствии с выполняемыми функциями:

1. подсистема первичной обработки и сбора технологических параметров, а так же состояния периферийных устройств;

2. подсистема отображения графического состояния технологического и полевого оборудования;

3. подсистема аварийной (либо предупредительной) сигнализации отклонений технологических параметров, а так же состояния задач;

4. подсистема регистрации значений технологических параметров и событий в системе;
5. подсистема обеспечения связи с внешними (по отношению к системе автоматизации циркуляционных насосных станций) потребителями информации;
6. подсистема логического управления технологическим оборудованием (технологические блокировки);
7. подсистема технологической защиты;
8. подсистема дистанционного управления арматурой;
9. подсистема аварийного дистанционного останова технологического оборудования.

Шкафы «ШУ ЦНС-1», «ШУ ЦНС-2» устанавливаются в помещениях насосных станций.

Шкафы «ШУ ЦНС», сетевого оборудования располагаются в комнате допусков котлотурбинного цеха.

Автоматизированные рабочие места циркуляционных насосных станций будут размещены на групповых щитах 1 и 2 соответственно, в месте постоянного пребывания технологического персонала ТЭЦ, автоматизированное рабочее место систем видеонаблюдения и пожарной сигнализации – в комнате допусков котлотурбинного цеха.

Контрольные датчики контрольно-измерительных приборов располагаются на технологическом оборудовании котельной установки.

## **2.5 Режимы функционирования системы**

Система автоматизации ЦНС обеспечивает следующие функции:

1. дистанционное и автоматическое управление двигателями циркуляционных насосов и запорных или регулирующих клапанов насосных станций;
2. останов оборудования;

### 3. аварийный останов.

Предполагаются следующие режимы работы:

#### 1. нормальные (рабочие);

В нормальном функционировании комплекс технических средств выполняет функции, которые отвечают следующим требованиям:

а. поддержание заданных алгоритмов работы оборудования циркуляционных насосных станций;

б. поддержание заданных значений параметров.

#### 2. переходные;

Переходные режимы - это режимы плановых пусков и остановов оборудования.

#### 3. предаварийные;

Предаварийные режимы – это режимы, связанные с отключением в аварийном режиме циркуляционных насосов, катастрофическим событием в энергосистеме, нарушениями стабильности технологического процесса, ошибками в работе, повреждением устройства, не позволяющими оставить его в работе и прочее.

При возникновении предаварийных режимов следует удерживать параметры в пределах аварийных ограничений для того, чтобы предотвратить развитие аварий.

#### 4. аварийные;

Аварийные режимы – это режимы, связанные с разрушением или недопустимым отклонением параметров технологического оборудования.

При таких режимах оборудование должно быть аварийно отключено для обеспечения безопасности и минимального ущерба.

#### 5. специальные.

Специальные режимы – это режимы, связанные с проведением испытаний и других целей, не связанных с основной функцией ЦНС.

При проведении специальных режимов соблюдаются требования безопасности и сохранения целостности оборудования.

## **2.6 Контроль и управление технологическим оборудованием**

На циркуляционных насосных станциях реализованы следующие виды контроля и управления:

1. основной контроль и управление с групповых щитов управления;
2. резервное управление – с ключей, расположенных на сборках распределительного токового подвижного оборудования "по месту" и панелей управления циркуляционными насосами на групповых щитах управления;
3. аварийный останов оборудования средствами системы автоматизации циркуляционных насосных станций;
4. при помощи динамиков автоматизированных рабочих мест предусматривается звуковое оповещение состояния циркуляционных насосных станций. При предупредительной сигнализации формируется звуковой сигнал заданной длительности (без квитирования), при аварийной сигнализации – сигнал постоянной длительности до момента квитирования.

Основным звеном управления циркуляционных насосных станций является оператор-технолог, рабочим местом которого является оперативный контур управления турбогенератора в помещении группового щита управления.

Основным средством представления информации являются мониторы операторских станций автоматизированных рабочих мест.

Вся предупредительная технологическая и аварийная сигнализация формируется программными средствами:

1. световыми сообщениями на экранах мониторов всех рабочих станций;
2. звуковыми сообщениями.

## 2.7 Электропитание

Основным источником электропитания системы является однофазная сеть переменного тока от двух независимых вводов.

Резервным источником питания является стационарная сеть постоянного тока, от двух независимых вводов.

Электропитание «ШУ ЦНС-1» и «ШУ ЦНС-2» организовано от одного ввода.

При пропадании питания источники бесперебойного питания обеспечивают работу аппаратуры программно-технического комплекса в течение 30 минут. В программно-техническом комплексе выполнена сигнализация о пропадании и появления напряжения на вводах, о неисправном состоянии источника бесперебойного питания и блоков питания программно-технического комплекса.

Характеристики основной сети электропитания сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Характеристики основной сети электропитания

характеристика	Единица измерения
номинальное напряжение	220 В
частота	50 Гц
пределы изменений номинального напряжения сети	от -30 до +15 В
отклонение частоты от номинальной	от -5 до +5 %
коэффициент не синусоидальности	5 %

Организация электропитания запорно-регулирующей аппаратуры предусматривается от двух независимых вводов, с организацией автоматического ввода резерва в существующих сборках распределительного токового подвижного оборудования (во вводном шкафу).

## **2.8 Стандартизация и унификация**

Система автоматизации программно-технического комплекса циркуляционных насосных станций соответствует действующим стандартам, нормам, правилам и нормативно-техническим документам.

«В конструкции компонентов программно-технического комплекса сводится к минимуму номенклатура применяемых блоков, модулей. Используется минимально возможное количество номиналов питающих напряжений»[22].

Шкафы, рамы и блоки унифицированы.

Все контроллеры имеют общую операционную систему и единый пакет программного обеспечения (Epsilon LD, в соответствии со стандартом ИЕС 61131-3), настраиваемые в соответствии с конфигурацией.

В инструментальной системе используются универсальные операционные системы и технологические языки высокого уровня программирования:

1. на уровне АРМ – Windows 7;
2. на уровне SCADA – WinCC OA (Siemens).

Архивирование данных (включая оперативные) доступны после дальнейшего преобразования, для обработки и анализа информации системы управления (базы данных, электронные таблицы и т. д.) с возможностью их использования (как исходные данные) для других приложений.

Формы представления информации максимально приближены к проектным изображениям технологических схем и их элементов.

## **2.9 Виды обеспечения программно-технического комплекса**

1. Математическое обеспечение.

Математическое обеспечение программно-технического комплекса системы автоматизации циркуляционных насосных станций строится по



блочно-модульному принципу на основе применения типовых функциональных модулей.

Программы автоматических регуляторов разрабатываются с применением функциональных модулей (П, ПИ, ПИД) законы регулирования, путем импульсного воздействия на регулирующие устройства постоянной скорости.

Алгоритмы, в общем случае, содержат:

- a. описание и постановку задач;
- b. алгоритмы реализации задач (включая перечни входной информации и выходных сигналов, алгоритмы контроля и обработки входной информации, формирования выходных сигналов);
- c. требования к точности выполнения алгоритма задачи;
- d. организацию постановки на решение и снятия с решения каждой задачи (автоматически по достижению заданных условий, по командам персонала и т.п.);
- e. требования к временным характеристикам отдельных задач;
- f. требования к переходным (динамическим) характеристикам;
- g. реакцию алгоритма на отклонения технологического процесса от норм, требования по сигнализации, отображению и регистрации параметров при таких отклонениях.

При разработке алгоритмов широко используются принципы унификации и типизации.

## 2. Информационное обеспечение;

Информационное обеспечение программно-технического комплекса достаточно для выполнения всех автоматизированных функций системы автоматизации.

В основу разработки информационной поддержки системы программно-технического комплекса положен принцип однократного ввода и многократного использования информации внутри системы.

Информационная совместимость компонентов системы программно-технического комплекса обеспечивает:

- a. единую систему маркировки и кодирования технологической информации;
- b. совместимые протоколы связи.

Включает в себя средства контроля, хранения, обновления и восстановления данных.

Термины и сокращения, используемые на устройствах отображения информации, должны быть русскоязычными и признаны в энергетическом секторе.

### 3. Лингвистическое обеспечение;

Языковая поддержка системы программно-технического комплекса обеспечивает удобное средство общения персонала с технической системой автоматизации процесса проектирования.

### 4. Программное обеспечение;

Программное обеспечение системы программно-технического комплекса состоит из базового программного обеспечения, независимого от типа технологического программного обеспечения, и прикладного программного обеспечения, решающего определенные задачи автоматизации системы циркуляционных насосных станций.

Базовое программное обеспечение состоит из стандартного программного обеспечения и фирменного программного обеспечения, приобретенного и разработанного для программного обеспечения, которое используется для программно-технического комплекса.

Программное обеспечение по умолчанию содержит:

- a. операционная система верхнего уровня Windows 7;
- b. операционная система промышленных контроллеров;

- c. программные пакеты для языков высокого уровня.

В состав фирменного программного обеспечения входит:

- a. SCADA-система технологического проектирования;
- b. система управления базами данных;
- c. SCADA WinCC OA, библиотеки программных модулей и объектов, используемых для реализации алгоритмов общего управления, регулирования, обработки и представления информации, диагностики, и так далее;
- d. SCADA автоматизированных рабочих мест «ОРИОН ПРО»
- e. для систем пожарной сигнализации и видеонаблюдения;
- f. программные модули для управления приборами, обеспечивающие связь объектов, автобусов связи и так далее;
- g. программное обеспечение для диагностики программно-технического комплекса.

Системное программное обеспечение поставляется заводом-изготовителем комплектно с программно-техническим комплексом. Обеспечиваются меры по предотвращению изменений без участия представителей завода-производителя.

С разрешения главного инженера тепловой электростанции, можно выполнить операции, требующие изменения в программном обеспечении, без согласования с разработчиками системы, а именно изменение настроек управления функциями защиты и сигнализации.

С разрешения начальника смены возможно выполнение следующих операций:

- a. проведение функциональных испытаний технологических защит и защитных блокировок на действующем и остановленном оборудовании;
- b. изменение состояния устройства ремонтного вывода;
- c. изменение коэффициентов, констант. Все указанные операции выполняются с рабочего места оператора. Операции

регистрируются, а внесенные изменения распечатываются в специальном протоколе.

Изменение настроек автоматических регуляторов, изменение коэффициентов и констант производится в режиме "online" на работающем оборудовании.

Каждое устройство на базе микропроцессора запрограммировано на самотестирование, предназначенное для обнаружения отказов датчиков, источников питания, аналого-цифровых преобразователей, устройств хранения данных и так далее

Клиент получает лицензионные документы, подтверждающие право на использование программного обеспечения. После прохождения системы программно-технического комплекса в работе поставщик программно-технического комплекса передает заказчику право на использование программного обеспечения, а также тексты и алгоритмы программ верхнего и нижнего уровней.

#### 5. Техническое обеспечение.

Технические обеспечения систем соответствуют РД 153-34.1-35.127-2002 и по своим функциональным и техническим характеристикам достаточны для эффективной и качественной реализации всех автоматизированных функций.

Техническое обеспечение программно-технического комплекса системы включает:

- a. микропроцессорные контроллеры;
- b. технические элементы управления и рабочие станции;
- c. средства питания программно-технического комплекса;
- d. внутрисистемные кабельные связи;
- e. запасные части, инструменты, расходуемые материалы;
- f. сервисные средства для обеспечения наладочных работ, проверки программно-технического комплекса и "полевого" оборудования.

## 6. Метрологическое обеспечение.

Метрологическое обеспечение включает в себя совокупность организационных мероприятий, технических средств, требований, положений, правил, норм и методик, необходимых для обеспечения единства измерений и требуемой точности измерений и вычислений.

Выпускной квалификационной работой предусматриваются средства измерения и приборы, серийно выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью, включенные в Государственный реестр средств измерений.

Метрологические характеристики программно-технического комплекса системы соответствуют СТО 70238424.27.100.078-2009, РД 153-34.1-35.127-2002 и РД 153-34.1-35.137-00. Программное обеспечение программно-технического комплекса соответствует требованиям ГОСТ Р 8.654-2015. Требования к погрешности каналов измерения основных технологических параметров соответствуют нормам СТО 70238424.27.100.078-2009. Погрешность сигналов по положению (степени открытия) исполнительных механизмов не стандартизирована.

### **2.10 Аналоговые датчики и измерительные преобразователи**

Для измерения технологических параметров применяются следующие типы датчиков и измерительных устройств:

1. термопреобразователи сопротивления с номинальными статическими характеристиками по ГОСТ 6651-2009;
2. датчики избыточного давления с выходными сигналами 4-20 мА (класс – 0.5) или аналогичные по своим характеристикам;
3. датчики уровня гидростатические с выходными сигналами 4-20 мА или аналогичные по своим характеристикам;

Преобразователи давления, расхода и уровня подключаются к устройству связи с объектом по двухпроводной схеме, электропитание

преобразователей производится от шины гарантированного питания (24 В) в составе программно-технического комплекса.



Рисунок 9 – Датчик типа Метран-55

Для контроля уровней в градирнях и уровня в аванкамерах насосных станций применяются датчики типа Метран-55, для измерения давления на напоре насосов используются датчики типа Метран-55. Для температурного контроля насосов используются существующие датчики с номинальными статическими характеристиками «50М». Для измерения расхода добавочной воды ЦНС-2 применяются датчики типа Взлет-МР. Датчик типа Метран-55 изображен на рисунке 9. Датчик типа Взлет-МР изображен на рисунке 10.



Рисунок 10 – Датчик типа Взлет-МР

Устройства ввода аналоговой информации в программно-техническом комплексе автоматизированной системы управления технологическими процессами должны обеспечивать прием без промежуточного преобразования определенных типов аналоговых сигналов. Типы аналоговых сигналов указаны в таблице 7.

Таблица 7 – Типы аналоговых сигналов

№	Наименование сигнала	Технические характеристики	
		Сопротивление нагрузки, Градуировка	Уровень сигнала (тип)
1	Унифицированные токовые	Входные сопротивление:	
		0,2-2,5 кОм	0-5 мА
		0,2-2,5 кОм	±5 мА
		0,1-1,0 кОм	4-20 мА
2	Термоэлектрические преобразователи (термопары)	градуировок ХА (К)	мВ

## Продолжение таблицы 7

3	Термопреобразователи сопротивления	Градуировки 50П (W100=1.3910) класс допуска В и ТСМ градуировки 50М, 100М (W100=1.4260)	Ом
---	------------------------------------	---	----

### 2.11 Формирование управляющих команд

Программно-технический комплекс системы обеспечивает групповое гальваническое разделение большинства входных аналоговых сигналов. Для отдельных групп сигналов, например, температурный контроль, реализовано поканальное гальваническое разделение. Дискретные сигналы могут вводиться как с применением группового, так и локального гальванического разделения.

В программно-техническом комплексе предусмотрены меры по обеспечению взаимозаменяемости аналогичных блоков.

Конструкция стоек программно-технического комплекса дает возможность обслуживания и беспрепятственный доступ ко всем частям требующих технического обслуживания.

Дизайн и схематические решения систем программно-технического комплекса позволяют заменить один компонент в стойке, не отделяя другой.

Восстановление выполняется путем замены неисправного блока резервным из состава запасных частей без дополнительной настройки.

Включение в работу восстановленного канала датчика программно-технического комплекса производится автоматически (по факту включения).

Обеспечивается постоянный контроль функционирования программно-технического комплекса. Система диагностики обеспечивает определение неисправности с точностью до одного сменного конструктива.

Результаты мониторинга и диагностики отображаются на регистрационном дисплее и индикаторе тревоги на дисплее программно-технического комплекса.



## **2.12 Технические средства оперативного и неоперативного контроля и управления**

Основное средство представления информации для оператора-технолога являются жидкокристаллические дисплеи стандарта SVGA-палитры не менее 64 тысяч цветов.

Основными устройствами дистанционного управления являются клавиатура и манипулятор «мышь».

## **2.13 Технические средства передачи информации**

Связи программно-технического комплекса от источников сигналов выполняются кабелями внешних связей.

Кабели подключаются через клеммные ряды в монтажных шкафах.

Кабели связей программно-технического комплекса с полевым оборудованием сгруппированы в соответствии с их назначением:

1. бронированные кабели для связи шкафов с датчиками аналоговых сигналов низкого уровня (термопары, термометры сопротивления);
2. бронированные кабели для связи шкафов с датчиками аналоговых сигналов с нормированным выходом (датчики давления, перепада давлений);
3. бронированные кабели для передачи сигналов типа «сухой контакт».

Кабели от источника питания положения регулирующих клапанов имеют групповое бронирование.

Короба для кабелей заземлены на «общий» контур заземления.

Короба закрыты металлическими крышками. Части кабелей, проходящие мимо короба, укладывают в защитные стальные трубы или

лотки, которые устанавливаются на стеллажах кабельных сооружений или в защитные гофрированные трубы.

Кабельные экраны заземляются в одной точке на «общем» контуре заземления и изолируются по всей длине кабеля от металлических частей устройств, соединяемого с общим контуром заземления. Экраны сегментов соединены одним кабелем с помощью клеммных колодок, которые переходят от сегмента к сегменту и изолированы от других кабелей.

Проектирование экранирования кабелей осуществляется исходя из требования отсутствия замкнутых контуров, в которых могут генерироваться кольцевые токи.

В кабелях внешних связей предусмотрено резервирование сигнальных жил кабеля.

## **2.14 Численность, квалификация и функции обслуживающего персонала**

Обслуживание технических средств, входящих в состав системы, производится в соответствии с инструкциями по эксплуатации оборудования.

Во время эксплуатации программно-технического комплекса предусматривается два вида технического обслуживания программного и аппаратного обеспечения:

1. Профилактическое обслуживание (ежедневное, односменное) позволяет контролировать функционирование и восстанавливать все компоненты программно-технического комплекса при возникновении отказов.

2. Регламентное обслуживание, требующее отключения программно-технического комплекса, выполняется во время запланированных простоев завода.

Минимальный численный состав обслуживающего персонала:

1. инженер КИПиА – 1 человек;
2. инженер-электронщик – 1 человек;
3. инженер АСУТП – 1 человек.

Обязанности сотрудников включают:

1. контроль правильной работы аппаратного и программного обеспечения, для выявления дефектов, которые не диагностированы системой;

2. замена отказавших средств;

3. фиксация отказов и сбоев;

4. вести реестр системы. При ежедневной проверке работоспособности системы проводится:

а. семантическая правильность проверки информации на автоматизированном рабочем месте специалистов;

б. проверка записей в журнале сообщений на автоматизированном рабочем месте специалистов.

## **2.15 Безопасность и надежность**

Программно-технический комплекс сконструирован таким образом, чтобы отказы технических средств не приводили к ситуациям, опасным для жизни и здоровья людей, а также к повреждению оборудования.

Уровень радиопомех, создаваемых изделиями программно-технического комплекса системы в процессе эксплуатации, не превышает норм, предусмотренных в "Общесоюзных нормах допустимых промышленных радиопомех".

Программно-технический комплекс построен в соответствии с требованиями:

1. ГОСТ 12.1.004-91 «пожарная безопасность»;
2. ГОСТ 12.2.003-91 «оборудование производственное»;
3. ГОСТ 12.2.007.0-75 «изделия электротехнические»;

4. ГОСТ 12.1.010-76 «взрывобезопасность»;
5. ГОСТ 12.1.030-81 «электробезопасность. защитное заземление, зануление»;
6. ГОСТ 12.1.006-84 «электромагнитные поля радиочастот»;
7. ГОСТ 12.1.002-84 «электрические поля промышленной частоты»;
8. ГОСТ 12.1.045-84 «электростатические поля»;
9. ГОСТ 12.1.003-83 «акустические шумы»;
10. ГОСТ 12.1.012-2004 «вибрационная безопасность».

Изоляция технического оборудования системы соответствует ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 2113075.

Прочность и сопротивление изоляции технических средств системы соответствуют требованиям ГОСТ Р 52931-2008.

Требования для органов управления соответствуют ГОСТ 12.2.007.0-75. Приборы системы автоматизации циркуляционных насосных станций не создают аварийных ситуаций при прекращении подачи напряжения.

Требования по надежности устанавливаются в соответствии:

1. РД 153-34.1-35-127-2002 (общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций);
2. РД 153-34.1-35.523-2002(методические указания по оснащению рациональным объемом резервных аппаратных средств контроля и управления котлотурбинным оборудованием ТЭС, оснащенным АСУ ТП).

За показатель надежности применяется среднее время ресурса на отказ по каждой функции.

Высокая надежность программно-технического комплекса обеспечивается:

1. в случае повреждения кабелей, работающих в одном потоке, канале, туннеле или наведении на них паразитного напряжения извне;
2. в случае полной потери электроснабжения от системы переменного тока на собственные нужды (на время не более 30 мин);

3. в случае повреждения отдельных компонентов устройства программно-технического комплекса.

Для предотвращения сбоев и обеспечения надежности системы предусмотрены следующие технические меры:

1. резервирование обрабатывающих процессоров контроллеров, которые выполняют основную функцию мониторинга состояния оборудования и управления исполнительным оборудованием;

2. резервирование модулей и каналов ввода, либо вывода информации;

3. резервирование электропитания компонентов программно-технического комплекса;

4. резервирование источников питания контроллеров;

5. резервирование системной цифровой шины и всех устройств, обеспечивающих ее функционирование;

6. реализация функций автоматизированных рабочих мест для оперативного персонала, работающих на нескольких независимых персональных компьютерах.

Отказ одного компонента программно-технического комплекса, одного источника питания, одного сегмента системной шины, одного компьютера автоматизированного рабочего места оператора и т.д. в любой комбинации не приведет к полной потере контроля над состоянием технических устройств и контроля наиболее ответственных исполнительных устройств.

Для повышения надежности реализованы следующие возможности:

1. высокая надежность компонентов, блоков, модулей, устройств передачи данных;

2. наличие аппаратной, информационной, функциональной и алгоритмической избыточности, обеспечивающей работоспособность поврежденных систем при единичных отказах, без остановки оборудования;

3. разработка надежного программного обеспечения;

4. развитая система диагностики технических и программных средств программно-технического комплекса;
5. защита от выдачи ложных команд и ложной информации;
6. диагностика периферийного оборудования системы автоматизации;
7. резервирование внутренних и внешних каналов связи и всех устройств для обеспечения их функционирования;
8. сохранение наиболее важной информации и программ в энергонезависимом устройстве;
9. организация защиты базы данных и программного обеспечения от несанкционированного вмешательства;
10. гальваническая развязка каналов модулей связи.

«Показателями аппаратной надежности комплекса технических средств, используемых в подсистемах автоматизированной системы управления технологическими процессами, являются средняя наработка на отказ и среднее время восстановления устройств, которые реализуют эту функцию»[2].

## **2.16 Эргономика и техническая эстетика**

Программно-технический комплекс как система "Человек-машина" предназначена для обеспечения комфорта и комфорта оперативного персонала при учете инженерно-психологических, психофизиологических, социально-психологических и техно-эстетических требований.

Уровень шума и звуковая мощность в рабочих местах обслуживающего персонала не превышают указанных значений санитарных норм.

Уровни освещения рабочих мест соответствуют характеру и условиям работы. Обеспечивается защита от бликов источников света и устраняет блики от света.

Компоновка средств управления и отображения информации дает возможность контролировать и считывать информацию из положений «сидя» и «стоя», с оптимизацией, целенаправленными действиями оператора-технолога.

Способ и форма представления информации зависят от ее содержания и цели.

аварийная и предупредительная информация отображаются обслуживающему персоналу в обобщенной форме, привлекающей внимание.

Сообщения отображаются на русском языке.

Цвета дисплеев легко различимы. Для отображения сигнала тревоги и предупреждения используются определенные цвета:

1. сигнал тревоги – красный,
2. предупреждение – желтый.

Конструкция стоек (блоков) предусматривает возможность обслуживания и беспрепятственного доступа ко всем частям обслуживания.

Надписи и гравировки на полках, блоках, панелях легко читаются и обеспечивают их правильную установку в обычных местах.

## **2.17 Защита от влияния внешних воздействий**

Технические средства нижнего уровня программно-технического комплекса соответствуют ГОСТ Р 52931-2008 «приборы контроля и регулирования технологических процессов. Общие технические условия».

Технические средства программно-технического комплекса должны быть устойчивы к воздействию импульсных электрических помех общего характера, к помехам от беспроводных телефонов и современных средств связи.

Рабочие условия должны быть не ниже М13 по ГОСТ 17516.1-90 "Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам".

Технические средства нижнего уровня программно-технического комплекса устойчивы к воздействию агрессивных сред по группам 1-3, 4а ГОСТ 24682-81 «общие технические требования в части стойкости к воздействию специальных сред». Это обеспечивает максимально возможное применение негорючих материалов. А так же соответствуют ГОСТ 12997-84 «изделия ГСП. Общие технические условия».

Технические средства верхнего уровня соответствуют ГОСТ 12997 84 «изделия ГСП. Общие технические условия».

Текущая система кондиционирования воздуха в помещении обеспечивает надежное обслуживание требуемых условий эксплуатации программно-технического комплекса. Электрические и трубные проводки системы автоматизации циркуляционных насосных станций, прокладываемые в производственных помещениях, выполняются по СНиП 3.05.07-85 и имеют соответствующую антикоррозионную защиту от внешних воздействий.

Средства микропроцессорной и вычислительной техники, периферийных устройств сбора и передачи информации располагаются вдали от мощных источников магнитных и электрических полей, а также имеют заземление корпусов электроустановок.

Прокладка измерительных и информационных каналов выполнена отдельно от питающих и распределительных цепей.

Помехоустойчивость системы, реализуемая за счет использования специальных кабелей, маршрутизации информации от линий связи, передаваемой дистанционными датчиками в металлические трубы и так далее.

## **2.18 Выводы**

Создание автоматизированной информационно-измерительной системы предусматривает следующий объем работ:



1. Замена регуляторов на подпитке добавочной воды ЦНС-2;
2. Замена силовых сборок управления дренажными насосами в ЦНС-2;
3. Замена силовых сборок управления запорно-регулирующей арматурой;
4. Замена датчиков контроля давления на напоре циркуляционных насосов;
5. Замена датчиков контроля давления на напоре циркуляционных насосов;
6. Замена датчика расхода добавочной воды ЦНС-2;
7. Установка датчиков контроля уровня воды в градирнях, в аванкамерах насосных станций;
8. Смонтировать уровнемеры в градирнях с отображением значений уровня на показывающих приборах с сигнализацией по повышению уровня;
9. Смонтировать уровнемеры в аванкамерах циркуляционных насосов с отображением значений уровня на показывающих приборах с предупредительной и аварийной сигнализацией при повышении и понижении уровня;
10. Смонтировать температурный контроль и контроль вибрации циркуляционных насосов ЦН 1-6 и ЦН 7-10, давление на напоре циркуляционных насосов, значения уровней в чашах градирен и аванкамер вывести на автоматизированных рабочих местах ЦНС-1,2;
11. С автоматизированных рабочих мест выполнить управление задвижками Ц-5,6 на градирнях, затворов на напоре циркуляционных насосов и управление регуляторами добавочной воды на ЦНС-1 и задвижками регулирования уровня Д-8,9 на ЦНС-2;
12. На автоматизированные рабочие места вывести показания с видеокамер, расположенных в машзалах ЦНС-1,2 и территории около градирен;

13. Смонтировать пожарную сигнализацию с выходом на автоматизированные рабочие места ЦНС-1,2;

14. Выполнить управление автоматикой и показания уровня дренажных вод в подвалах ЦНС-1,2;

15. Выполнить монтаж волоконно-оптической линии связи от зданий ЦНС-1 и ЦНС-2 до групповых щитов управления 1 и 3 соответственно с подключением к локальной сети ТЭЦ. Смонтировать шкафы сбора данных, контроллерное и серверное оборудование;

Для виброконтроля электродвигателей циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются вибропреобразователи ВК-310С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «ВиКонт». Поставляется в сборе с комплектом вторичных приборов и датчиком и соединительным (монтажным) кабелем.

Для контроля давления на напоре насосов циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются датчики давления Метран-150 ДИ с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для контроля уровня в чашах градирен с 5 по 7 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для контроля уровня в камерах всаса циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для управления задвижками добавочной воды используется Клапан регулирующий поворотный с МЭОФ завода-изготовителя «Армтэк».

Для дистанционного управления затворами на напоре циркуляционных насосов с 7 по 10, а так же управления задвижками Ц-5 и Ц-6 на градирнях с 5 по 7 используется уже установленное оборудование.

Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения построена на базе оборудования завода-изготовителя ЗАО НВП «Болид».

### **3 Расчет технико-экономических показателей при внедрении автоматической системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2**

Внедрение автоматической системы управления технологическим процессом требует частичную замену морально устаревшего оборудования циркуляционных насосных станций ЦНС-1 и ЦНС-2, действующего в настоящее время, а так же монтаж нового оборудования, датчиков и систем комплекса технических средств.

#### **3.1 Приборы теплотехнического контроля ЦНС-1**

Для контроля уровня в дренажных приемках 1 и 2 применяются датчики реле уровня РОС301-УХЛ4 вертикального исполнения завода-изготовителя «Ризур». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 8.

Таблица 8 – Контроль уровня в дренажных приемках

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Датчик реле уровня РОС301 УХЛ 4	2	4000	8000

Для виброконтроля электродвигателей циркуляционных насосов с 1 по 6 применяются вибропреобразователи пьезоэлектрические с предусилителями ВК-310С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «ВиКонт». Поставляется в сборе с комплектом вторичных приборов и датчиком и соединительным (монтажным) кабелем. Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 9.

Таблица 9 – Виброконтроль ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Комплект вторичных приборов, вибропреобразователь ВК-310С (в сборе)	12	40000	480000

Для контроля давления на напоре насосов циркуляционных насосов с 1 по 6 применяются датчики избыточного давления Метран-150 SG3 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 10.

Таблица 10 – Контроль давления на напоре насосов ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Датчик давления Метран-150 ДИ	6	30000	180000
Блок питания датчиков БП-5Б шестиканальный	1	40000	40000

Для контроля уровня в чашах градирен с 1 по 4 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 11.

Таблица 11 – Контроль уровня в чашах градирен ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
блок питания датчиков БП-96/24 четырехканальный	1	40000	40000
датчик уровня Метран-35ЛМП-307	4	35000	140000

Для контроля уровня в аванкамерах циркуляционных насосов с 1 по 6 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 12.

Таблица 12 –Контроль уровня в аванкамерах ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
блок питания датчиков БП-5Б шестиканальный	1	40000	40000
датчик уровня Метран-35ЛМП-307	6	35000	210000

Для управления регуляторами добавочной воды используется пускатель реверсивный ПБР-3А завода-изготовителя «МАКС21». Устанавливается совместно с исполнительным механизмом МЭО-630/25-0,25 завода-изготовителя «ПЭК». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 13.

Таблица 13 –Контроль управления регуляторами добавочной воды ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
МЭО-630/25-0,25	2	80000	160000
пускатель реверсивный ПБР-3А	2	8000	16000

Для дистанционного управления затворами на напоре циркуляционных насосов с 1 по 6, а так же управления задвижками Ц-5 и Ц-6 на градирнях с 1 по 4 используется уже установленное оборудование. Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 14.

Таблица 14 – Дистанционное управление затворами, задвижками ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
кабель КВВГэ 14*1.5	4000	70	280000
кабель КВВГэ 4*2.5	4000	70	280000
коробка СК-16	10	3	30000

### 3.2 Оборудование автоматизированной системы управления ЦНС-1

В программно-технический комплекс входят шкафы управления, связи и сетевого оборудования, а так же автоматизированные рабочие места. Полный перечень оборудования комплекса технических средств сведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень оборудования комплекса технических средств

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Шкаф сетевого оборудования циркуляционных насосных станций (ШСО НЦС) в сборе	1	151500	151500
Шкаф управления циркуляционной насосной станцией №1 (ШУ ЦНС-1) в сборе	1	245000	245000
Шкаф связи №1 в сборе	1	49000	49000
Шкаф Связи №2 в сборе	1	44700	89400
ИБП Smart-UPS 1000ВА/800Вт, 230В	1	40000	40000
Автоматизированное рабочее место оператора ЦНС в сборе	1	85500	85500

Продолжение таблицы 15

Сервер четырёхпортовый RS-232/422/485	1	40000	40000
Источник бесперебойного питания APC Smart- UPS RT RM 1000ВА/700Вт	1	57000	57000
Сборка РТЗО-88	3	30000	90000
ПО Win CC 7.3 лицензия WinCC V7.0 RC	1	237750	237750
ПО Win CC 7.3 лицензия WinCC V7.0 Archive	1	172500	172500
шкаф управления циркуляционной насосной станцией Rittal-TS с контроллером и подсистемой ввода в вывода REGUL- R600	1	60000	60000

### 3.3 Оборудование волоконно-оптической линии связи ЦНС-1

Для выполнения монтажа волоконно-оптической линии связи от здания циркуляционных насосных станций ЦНС-1 до групповых щитов управления необходимо оборудование, которое сведено в таблицу 16.

Таблица 16 –Оборудование волоконно-оптической линии связи ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Оптический кабель	800	150	120000
кабель "витая пара"	300	40	12000
Шкаф ШКО-С-1U- 16-SC	2	4000	8000
Оптический коммутатор	2	30000	60000
Оптический патч- корд	4	1000	4000

### 3.4 Оборудование системы пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-1

Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения построена на базе оборудования завода-изготовителя ЗАО НВП «Болид». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 17.

Таблица 17 – Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-1

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М	1	7200	7200
Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный Сигнал-20М	1	4500	4500
Прибор речевого оповещения Рупор	1	8000	8000
Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный ИП 212-3СМ	6	300	1800
Модуль акустический настенный Орфей-МА-1	1	1000	1000
Оповещатель (табло "Пожар") Люкс НБО-12В-01К	1	300	300
Извещатель пожарный ручной ИПР-513-3	1	800	800
Магнитоконтактный извещатель скрытой установки ИО 102-5	1	100	100
Резервированный источник питания 12 В РИП-12	2	6000	12000
IP Видеокамера VCI-123	10	20000	200000



### 3.5 Приборы теплотехнического контроля ЦНС-2.

Для контроля уровня в дренажных приемках 1 и 2 применяются датчики реле уровня РОС301-УХЛ4 вертикального исполнения завода-изготовителя «Ризур». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 18.

Таблица 18 – Контроль уровня в дренажных приемках

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Датчик реле уровня РОС301 УХЛ 4	1	4000	4000

Для виброконтроля электродвигателей циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются вибропреобразователи пьезоэлектрические с предусилителями ВК-310С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «ВиКонт». Поставляется в сборе с комплектом вторичных приборов и датчиком и соединительным (монтажным) кабелем. Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 19.

Таблица 19 – Виброконтроль ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Комплект вторичных приборов, датчик, преобразователь ВК-310С (в сборе)	8	40000	320000

Для контроля давления на напоре насосов циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются датчики давления Метран-150 SG3 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 20.

Таблица 20 –Контроль давления на напоре насосов ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Датчик давления Метран-150 ДИ	4	30000	120000
Блок питания датчиков БП-96/24 четырехканальный	1	40000	40000

Для контроля уровня в чашах градирен с 5 по 7 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 21.

Таблица 21 –Контроль уровня в чашах градирен ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
блок питания датчиков БП-96/24 четырехканальный	1	40000	40000
датчик уровня Метран-35ЛМП-307	4	35000	105000

Для контроля уровня в аванкамерах циркуляционных насосов с 7 по 10 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 завода-изготовителя «Метран». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 22.

Таблица 22 –Контроль уровня в аванкамерах ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
блок питания датчиков БП-96/24 четырехканальный	1	40000	40000
датчик уровня Метран-35ЛМП-307	4	35000	140000

Для управления задвижками добавочной воды используется Клапан регулирующий поворотный с МЭОФ завода-изготовителя «Армтэк».. Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 23.

Таблица 23 – Управление задвижками добавочной воды ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Клапан регулирующий поворотный с МЭОФ	2	110000	220000

Для дистанционного управления затворами на напоре циркуляционных насосов с 7 по 10, а так же управления задвижками на градирнях с 5 по 7 используется уже установленное оборудование. Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 24.

Таблица 24 –Дистанционное управление затворами, задвижками ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
кабель КВВГэ 14*1.5	2200	70	154000
кабель КВВГэ 4*2.5	2200	70	154000
коробка СК-16	6	3	18000

Для контроля за расходом добавочной воды на ЦНС-2 применяется расходомер-счетчик ультразвуковой ВЗЛЕТ-МР УРСВ-510 завода изготовителя «Взлет». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 25.

Таблица 25– Расход добавочной воды на ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Расходомер-счетчик ультразвуковой ВЗЛЕТ-МР УРСВ-510	1	55000	55000

### 3.6 Оборудование автоматизированной системы управления ЦНС-2

В программно-технический комплекс входят шкафы управления, связи и сетевого оборудования, а так же автоматизированные рабочие места. Полный перечень оборудования комплекса технических средств сведен в таблице 26.

Таблица 26 – Оборудование SIMATIC S7-300 и автоматизированного рабочего места ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Шкаф управления циркуляционной насосной станцией №1 (ШУ ЦНС-2) в сборе	1	245000	245000
Шкаф связи №3 в сборе	1	49000	49000
ИБП Smart-UPS 1000ВА/800Вт, 230В	1	40000	40000
Источник бесперебойного питания APC Smart-UPS RT RM 1000ВА/700Вт	1	57000	57000
Автоматизированное рабочее место оператора ЦНС	1	85500	85500

### Продолжение таблицы 26

Сборка РТЗО-88	2	30000	60000
ПО Win CC 7.3 лицензия WinCC V7.0 RC	1	237750	237750
ПО Win CC 7.3 лицензия WinCC V7.0 Archive	1	172500	172500
Шкаф управления дренажными насосами в сборе	1	60000	60000

### 3.7 Оборудование волоконно-оптической линии связи ЦНС-2

Для выполнения монтажа волоконно-оптической линии связи от здания циркуляционных насосных станций ЦНС-2 до групповых щитов управления необходимо оборудование, которое сведено в таблицу 27.

Таблица 27 – Оборудование волоконно-оптической линии связи ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Оптический кабель SM	800	150	120000
кабель "витая пара"	300	40	12000
Шкаф ШКО-С-1U-16-SC	2	4000	8000
Оптический коммутатор	2	30000	60000
Оптический патч-корд	4	1000	4000

### 3.8 Оборудование системы пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-2

Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения построена на базе оборудования завода-изготовителя ЗАО НВП «Болид». Количество оборудования и его стоимость сведены в таблице 28.

Таблица 28 – Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения ЦНС-2

Наименование оборудования	количество	Цена, руб.	Стоимость, руб.
Пульт контроля и управления охранно-пожарный С2000М	1	7200	7200
Прибор приемно-контрольный охранно-пожарный Сигнал-20М	1	4500	4500
Прибор речевого оповещения Рупор	1	8000	8000
Извещатель пожарный дымовой оптико-электронный ИП 212-3СМ	6	300	1800
Модуль акустический настенный Орфей-МА-1	1	1000	1000
Оповещатель (табло "Пожар") Люкс НБО-12В-01К	1	300	300
Извещатель пожарный ручной ИПР-513-3	1	800	800
Магнитоконтактный извещатель скрытой установки ИО 102-5	1	100	100
Резервированный источник питания 12 В РИП-12	2	6000	12000
IP Видеокамера VCI-123	6	20000	120000
Автоматизированное рабочее место систем пожарной сигнализации и видеонаблюдения в сборе с ПО «Орион Про»	1	180000	180000

### **3.9 Пусконаладочные и строительно-монтажные работы по автоматизации ЦНС-1 и ЦНС-2**

Для расчета сметной стоимости строительства использовалась программа Estimate. Сводный сметный расчет стоимости строительства автоматизации ЦНС-1 и ЦНС-2 сведен в таблицу 29.

Таблица 29 – Сводный сметный расчет стоимости строительства

Наименование работ и затрат	Сметная стоимость, руб
Стоимость оборудования ЦНС-1	5584400
Стоимость оборудования ЦНС-2	4519900
Строительно-монтажные работы ЦНС-1	1612500
Строительно-монтажные работы ЦНС-2	2126400
Пусконаладочные работы ЦНС-1 и ЦНС-2	1135700
Резерв средств на непредвиденные работы и затраты	432000
Налог на добавочную стоимость 18%	2492000
Всего по сводному расчету	17902900

### **3.10 Вывод**

Для внедрения автоматической системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2 потребуется 17902900 рублей.

## Заключение

Обеспечение дистанционным управлением оборудования происходит за счет внедрения современных микропроцессорных средств и средств вычислительной техники путем реализации следующих основных функций:

1) Обеспечение дистанционного управления оборудованием насосных станций и контроля состояния электродвигателей циркуляционных насосов, с учетом требований охраны труда и техники безопасности, охраны природы;

2) Представление информации в виде мнемосхем, графиков, трендов, таблиц и т.д. на экранах мониторов операторских станций автоматизированного рабочего места для машиниста группового щита управления, которое обеспечивает персонал полной и точной информацией о развитии технологического процесса и состоянии централизованных органов управления для возможности управления с автоматизированного рабочего места;

3) Защита хост-устройств методом контроля и профилактики в случае чрезвычайных ситуаций;

4) Предоставление персоналу точной и достоверной информации:

а. Для результативного анализа, принимая во внимание архивацию данных о развитии технологического процесса, учет действий, расчет технико-экономических показателей и диагностику состояния оборудования;

б. Для оптимизации, планирования технического обслуживания оборудования и улучшения его качества работы;

с. Для ведения технической отчетности.

5) Проверка и диагностика системы для обеспечения персонала информацией о работоспособности технических средств системы автоматизации циркуляционных насосных станций;



- б) Дистанционное и автоматическое управление исполнительными механизмами;
- 7) Архивация информации о ходе и управлении технологическими процессами;
- 8) Учет потребления основных энергоносителей;
- 9) Оперативное отображение хода и документирования ведения технологических процессов.

Создание автоматизированной информационно-измерительной системы предусматривает следующий объем работ:

1. Замена регуляторов на подпитке добавочной воды ЦНС-2;
2. Замена силовых сборок управления дренажными насосами в ЦНС-2;
3. Замена силовых сборок управления запорно-регулирующей арматурой;
4. Замена датчиков контроля давления на напоре циркуляционных насосов;
5. Замена датчиков контроля давления на напоре циркуляционных насосов;
6. Замена датчика расхода добавочной воды ЦНС-2;
7. Установка датчиков контроля уровня воды в градирнях, в аванкамерах насосных станций;
8. Смонтировать уровнемеры в градирнях с отображением значений уровня на показывающих приборах с сигнализацией по повышению уровня;
9. Смонтировать уровнемеры в аванкамерах циркуляционных насосов с отображением значений уровня на показывающих приборах с предупредительной и аварийной сигнализацией при повышении и понижении уровня;
10. Смонтировать температурный контроль и контроль вибрации циркуляционных насосов ЦН 1-6 и ЦН 7-10, давление на напоре циркуляционных насосов, значения уровней в чашах градирен и аванкамер

вывести на автоматизированных рабочих местах ЦНС-1,2, расположенных на групповых щитах управления 1 и 2 соответственно;

11. С автоматизированных рабочих мест выполнить управление задвижками на градирнях, затворов на напоре циркуляционных насосов и управление регуляторами добавочной воды на ЦНС-1 и задвижками регулирования уровня на ЦНС-2;

12. На автоматизированные рабочие места вывести показания с видеокамер, расположенных в машзалах ЦНС-1,2 и территории около градирен;

13. Смонтировать пожарную сигнализацию с выходом на автоматизированные рабочие места ЦНС-1,2;

14. Выполнить управление автоматикой и показания уровня дренажных вод в подвалах ЦНС-1,2;

15. Выполнить монтаж волоконно-оптической линии связи от зданий ЦНС-1 и ЦНС-2 до групповых щитов управления 1 и 3 соответственно с подключением к локальной сети ТЭЦ. Смонтировать шкафы сбора данных, контроллерное и серверное оборудование;

Для контроля уровня в дренажных приемках применяются датчики реле уровня РОС301-УХЛ4 вертикального исполнения завода-изготовителя «Ризур».

Для виброконтроля электродвигателей циркуляционных насосов с 1 по 10 применяются вибропреобразователи ВК-310С с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «ВиКонт». Поставляется в сборе с комплектом вторичных приборов и датчиком и соединительным (монтажным) кабелем.

Для контроля давления на напоре насосов циркуляционных насосов с 1 по 10 применяются датчики давления Метран-150 ДИ с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для контроля уровня в чашах градирен с 1 по 7 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для контроля уровня в аванкамерах циркуляционных насосов с 1 по 10 применяются датчики уровня Метран-35ЛМП-307 с унифицированным выходным сигналом 4-20 мА завода-изготовителя «Метран».

Для управления регуляторами добавочной воды используется пускатель реверсивный ПБР-3А завода-изготовителя «МАКС21».

Для управления задвижками добавочной воды используется Клапан регулирующий поворотный с МЭОФ завода-изготовителя «Армтэк».

Для дистанционного управления затворами на напоре циркуляционных насосов с 1 по 10, а так же управления задвижками на градирнях с 1 по 7 используется уже установленное оборудование.

Для передачи информации от циркуляционных насосных станций до групповых щитов управления применяется волоконно-оптическая связь.

Система пожарной сигнализации и видеонаблюдения построена на базе оборудования завода-изготовителя ЗАО НВП «Болид».

Для внедрения автоматической системы управления технологическим процессом на циркуляционных насосных станциях ЦНС-1 и ЦНС-2 потребуется 17902900 рублей. Несмотря на затраты, система автоматизации быстро себя окупает и позволит отказаться от постоянного присутствия персонала на циркуляционных насосных станциях и перевести управление технологическими процессами на автоматизированное рабочее место группового щита управления.

## Список используемых источников

1. Абрамова Е.Я., Алешина С.К., Чиндяскин В.И. Расчет понизительной подстанции в системах электроснабжения: Учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию. 2-е изд., перераб. и доп.- Оренбург: ГОУ ОГУ, 2014. 91 с.
2. Анчарова Т. В., Рашевская М. А., Стебунова Е. Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учебное пособие. М.: Форум, 2014. 416 с.
3. Барзам А.Б. Системная автоматика. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2009. 446 с.
4. Белецкий О.В., Лезнов С.И., Филатов А.А. Обслуживание электрических подстанций. М. : Энергоатомиздат, 2015. 416 с.
5. Беркович М.А., Гладышев В.А., Семенов В.А. Автоматика энергосистем: учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М. : Энергоатомиздат, 2011. 240 с.
6. Богданов А. В., Бондарев А. В. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учеб. пособие. Оренбург : ОГУ, 2016. 82 с. : ил. Электронно-библиотечная система "IPRbooks". - ISBN 8-987-903550-43-2 (дата обращения: 23.01.2020).
7. Булычев А. В., Наволочный А. А. Релейная защита в распределительных электрических сетях [Электронный ресурс] : пособие для практ. расчетов. Москва : ЭНАС, 2017. 206 с. : ил. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76939.html>. Электронно-библиотечная система "IPRbooks". ISBN 978-5-4248-0006-1 (дата обращения: 23.02.2020).
8. Блейхман А.М., Бородатов М.Ю., Брынский Е.А. и др. Современные автоматизированные системы управления, контроля и диагностики энергетических объектов. СПб: Изд. ПЭИПК, 2009. 173 с.

9. Ващенко М.И., Малик И.А. Способы организации генерации электрической энергии альтернативным способом физическими лицами Германии // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов (ЭЭПП-2019): V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов (Тольятти, 12–13 ноября 2019 года): сборник трудов / отв. за вып. В.В. Вахнина. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019.
10. Вишневецкий Л.М., Левин Л.Г. Я – электроналадчик. М. : Энергоатомиздат, 2017. 160 с.
11. Гамм А.З., Голуб И.И. Наблюдаемость электроэнергетических систем. М.: Наука, 2010. 200 с.
12. Гужов Н. П., Ольховский В. Я., Павлюченко Д. А. Системы электроснабжения. Новосибирск: НГТУ, 2015. 258 с.
13. Гуревич В. И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса [Электронный ресурс] : учеб.-практ. пособие. Москва : Инфра-Инженерия, 2016. 128 с. Электронно-библиотечная система "IPRbooks". - ISBN 978-5-9729-0104-3 (дата обращения: 23.01.2020).
14. Грунтович Н. В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. М.: Инфра-М, 2015. 271 с.
15. Долин, П.А. Справочник по технике безопасности: Справочное пособие / П.А. Долин – М.: Энергоатомиздат, 2010.
16. Дорогунцев В.Г., Овчаренко Н.И. Элементы автоматических устройств энергосистем: учеб. пособие для вузов. 2-е изд. перераб. и доп. М. : Энергия, 2009. 520 с.
17. Дубинский Г.Н., Левин Л.Г. Наладка устройств электроснабжения выше 1000 В [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] Изд. 2-е, перераб. и доп. 51 - Москва : СОЛОН-ПРЕСС, 2015. 538 с. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM". ISBN 978-5-91359-140-1 (дата обращения: 23.04.2019).
18. Ерошенко Г. Н., Кондратьева Н. П. Эксплуатация электрооборудования: Учебник. М.: Инфра-М, 2014. 336 с.

19. Иофьев Б.И. Автоматическое аварийное управление мощностью энергосистем. М. : Энергия, 2014. 216 с.
20. Кислова В.Н. Экономическая эффективность автоматизированных систем управления технологическими процессами. Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) КГТУ, 2009. 74 с.
21. Красник В. В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств [Электронный ресурс] : произв.-практ. пособие. Москва: ЭНАС, 2016. 319 с.: ил. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76954.html>. Электронно-библиотечная система "IPRbooks". - ISBN 978-5-4248-0005-4 (дата обращения: 23.01.2020).
22. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Интермет Инжиниринг, 2012.
23. Малик И.А., Ващенко М.И. Умные энергосистемы в Испании //«Студенческие Дни науки в ТГУ»: научно-практическая конференция (Тольятти, 1–30 апреля 2019 года): сборник студенческих работ / отв. за вып. С.Х. Петерайтис. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019.
24. Немировский А. Е., Сергиевская И. Ю., Крепышева Л. Ю. Электрооборудование электрических сетей, станций и подстанций [Электронный ресурс] : учеб. пособие. 2-е изд. Москва : Инфра-Инженерия, 2018. - 148 с.: ил. - Электронно-библиотечная система "IPRbooks". ISBN 978-5-9729-0207-1 (дата обращения: 23.11.2019).
25. Овчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: учебник для вузов. М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2010. 504 с.
26. Радкевич В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. Пособие. Минск: ИВЦ Минфина, 2015.
27. Сенько В.В. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. Методические указания к курсовому проектированию / В.В. Сенько. – Тольятти: ТГУ, 2010.

28. Соснин О.М. Основы автоматизации технологических процессов и производств. М.: Академия, 2017. 240 с.
29. Степкина Ю. В., Вахнина В. В. Высоковольтное оборудование станций и подстанций: Учеб. пособие. Тольятти: ТГУ, 2006. 49 с.
30. Федоров Ю.Н. Порядок создания, модернизации и сопровождения АСУ ТП. М. : Инфра-Инженерия, 2011. 576 с. 84
31. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУ ТП. Проектирование и разработка. М. : Инфра-Инженерия, 2008. 928 с.
32. Чичёв С.И. Модель автоматизированной системы технологического управления электросетевым комплексом 6 – 220 кВ ПАО «МОЭСК». М.: Издательский дом «Спектр», 2017. 228 с.
33. Чичёв С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. М.: Издательский дом «Спектр», 2014. 228 с.
34. Шустов М.А. Практическая схемотехника. Источники питания и стабилизаторы: Учебное пособие / М.А. Шустов – М.: Альтекс , 2012.
35. АСУ ТП на базе микропроцессорных устройств РЗА, АСКУЭ и телемеханики. Опыт разработки и проблемы внедрения [Электронный ресурс]: Публикации lib.znate.ru. URL: <http://lib.znate.ru/> (дата обращения 01.12.2019).
36. Методическое пособие для студентов специальностей 220301 «Автоматизация технологических процессов и производств» [Электронный ресурс]: Refdb.ru. URL: <https://refdb.ru/look/1712572-p4.html> (дата обращения 12.09.2019).
37. Программируемый логический контроллер REGUL R200 [Электронный ресурс]: <https://regul-plc.ru/moduli-vvoda-vyvoda-regul-r200> (дата обращения 19.05.2020).
38. Программируемый логический контроллер REGUL R600 [Электронный ресурс]: <https://regul-plc.ru/moduli-vvoda-vyvoda-regul-r600> (дата обращения 11.04.2020).

39. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), 7-е издание, перераб. и доп., с изменениями. М.: Министерство энергетики РФ, 2003 г.
40. Bruckner, D, Velik, R, Penya, Y. Machine Perception in Automation: A Call to Arms [Text] / D. Bruckner / EURASIP Journal on Embedded Systems. – 2011.–PP.1-3. <http://jes.eurasipjournals.springeropen.com/articles/10.1155/2011>.
41. Csanyi, E. A case study of 110/10 kV substation with centralized protection, automation and control system [Text] / E. Csanyi / Electrical Engineering Portal. – 2016. <http://electrical-engineering-portal.com/110-10-kv-substation-centralizedprotection-control>
42. Csanyi, E. 7 practical tips for installing a good measuring system [Text] / E. Csanyi / Electrical Engineering Portal. – 2014. <http://electrical-engineeringportal.com/7-practical-tips-for-installing-a-good-measuring-system>
43. Csanyi E. Learn HV substation elements (graphic symbols, basics & connection schemes) [Электронный ресурс]: Electrical Engineering Portal. 2019. URL: <https://electrical-engineering-portal.com/hv-substation-elements> (дата обращения: 15.10.2019).
44. Das, A. Anti-Theft Automatic Metering Interface [Text] / A. Das / International Journal of Scientific & Technology Research. – 2015. – PP. 99-101. <http://www.ijstr.org/final-print/oct2015/Anti-theft-Automatic-Metering-Interface.pdf>
45. Kabović, A. V. Software Realization on the MSC nanoRISC Hardware Platform, for Communication according to the IEC61850 Standard [Text] / A. V. Kabović, M. M. Kabović, V. V. Čelebić / Telfor Journal. – 2015. – PP. 20-25. [http://journal.telfor.rs/Published/Vol7No1/Vol7No1\\_A4.pdf](http://journal.telfor.rs/Published/Vol7No1/Vol7No1_A4.pdf)
46. Lakhoua, M. N. Application of Functional Analysis on a SCADA System of a Thermal Power Plant [Text] / M.N. Lakhoua / Advances in Electrical and Computer Engineering. – 2009. – PP. 90-98. <http://www.aece.ro/abstractplus.php?year=2009&number=2&article=14>
47. Miodrag K. Learn to read and understand single line diagrams and wiring diagrams [Электронный ресурс] : Electrical Engineering Portal. 2019.



URL: <https://electrical-engineering-portal.com/read-understand-single-line-wiringdiagrams> (дата обращения: 12.11.2019).

48. Moriano, J. A New Approach to Detection of Systematic Errors in Secondary Substation Monitoring Equipment Based on Short Term Load Forecasting [Text] / J. Moriano / Sensors. – 2016. <http://www.mdpi.com/1424-8220/16/1/85>.

49. Paunović, N, Kovačević, J, Rešetar, I. A Methodology for Testing Complex Professional Electronic Systems [Text] / N. Paunović / Serbian journal of electrical engineering.–2012.–PP. 71-77. <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/1451-4869/2012/1451-48691201071P.pdf> 83.

50. Radu, S. Control engineering on board [Text] / S. Radu / 2012. – PP. 7-9.[http://www.utgjiu.ro/rev\\_mec/mecanica/pdf/2012-02/2\\_Serghei%20Radu,%20Gheorghe%20Samoilescu.pdf](http://www.utgjiu.ro/rev_mec/mecanica/pdf/2012-02/2_Serghei%20Radu,%20Gheorghe%20Samoilescu.pdf).

51. Song X., Xiaoxing Z., Ju T. A review on SF6 substitute gases and research status of CF3 I gases // Energy Reports. 2018. № 4. P. 486-496.