

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»

Политехнический институт

Факультет механико-технологический  
Кафедра техники и технологии

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой, к.т.н.,  
доцент

\_\_\_\_\_ А.В. Прохоров  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Разработка АСУ водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 для хранилища  
делящихся материалов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ– 090301.2018.447. ПЗ ВКР

Руководитель работы,  
Начальник группы КИПиА  
\_\_\_\_\_ Е.В. Вольман  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы -  
студент группы ДО-532  
\_\_\_\_\_ Р.А. Дегтярев  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер, старший  
преподаватель  
\_\_\_\_\_ Д.П. Химичева  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Дегтярёв Р.А. Разработка АСУ  
водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 для  
хранилища делящихся материалов. –  
Челябинск: ЮУрГУ, ДО-532; 2018. –  
59с., 14 илл., библиогр. список – 42  
наим., презентация на 11 слайдах

Целью настоящей выпускной квалификационной работы является разработка АСУ водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 для хранилища делящихся материалов (далее – ХДМ). При помощи автоматизированной системы, оператор может контролировать температуру воды и управлять бойлером с удалённого рабочего места оператора автоматизированной системы управления технологическими процессами (далее – АСУТП).

Программное обеспечение системы управления водонагревателем, позволяет в автоматическом режиме поддерживать температуру бойлера с водой в заданном диапазоне, управлять водонагревателем в режиме МЕСТНОЕ/ДИСТАНЦИЯ, отключать водонагреватель при неисправности термометра, при превышении заданного аварийного значения температуры воды, автоматически отключать водонагреватель (в режиме МЕСТНОЕ/ДИСТАНЦИЯ), формировать текстовые и звуковые сообщения при аварии водонагревателя.

					<i>090301.2018.447 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Дегтярев Р.А.</i>			<b>Разработка АСУ водонагревателя ВПЭ- 500-1К-01 для хранилища делящихся</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Вольман Е.В.</i>					2	59
<i>Реценз.</i>						ЮУрГУ Кафедра техники и технологии		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Химичева Д.П.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Прохоров А.В.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	9
1.1 Производственный контроль	
1.1.1 Автоматизированная система управления технологическими параметрами.....	9
1.1.2 Системы и подсистемы АСУТП ХДМ.....	10
1.2 SCADA-системы, их требования и программное обеспечение.....	12
1.3 Оборудование шкафа ПЛК General Electric FANUC 90-70 .....	19
1.4 Устройства ввода/вывода удаленной периферии Field Control.....	21
1.4.1 Клеммные колодки ввода/вывода.....	22
1.4.2 Модули ввода/вывода.....	22
1.5 Модули дискретного ввода/вывода.....	23
1.6 Модуль аналогового ввода с терморезисторов.....	24
1.6.1 Принцип работы модуля.....	26
1.6.2 Системный интерфейс .....	27
1.6.3 Конфигурация модуля .....	28
1.6.4 Особенности данного типа модуля .....	29
1.6.5 Портативный монитор Genius.....	30
1.6.6 Подключение терморезисторов.....	31
1.7 Датчики температуры .....	32
1.7.1 Терморезистивные термодатчики .....	33
1.7.2 Термоэлектрические(термопары).....	35
1.7.3 Пирометры .....	36
1.7.4 Акустические термодатчики .....	37
1.7.5 Пьезоэлектрические .....	37

2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ	
2.1 Выбор типа температурного датчика.....	38
2.2 Выбор SCADA-системы .....	40
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС КОНФИГУРИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АСУ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ	
3.1 Система удаленного контроля температуры воды в бойлере .....	44
3.2 Выбор термометра сопротивления для контроля температуры воды в бойлере .....	44
3.3 Конфигурирование модуля аналогового ввода с терморезисторов.....	52
3.4 Подключение термометра к сконфигурированному модулю.....	47
3.5 Разработка новой схемы пульта управления водонагревателя .....	47
3.6 Конфигурирование ПЛК при помощи программного обеспечения Logiсmaster 90-70.....	48
3.7 Построение видеограмм в SCADA Cimplicity .....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	53
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	
ПРИЛОЖЕНИЕ А Листинг кода для программного блока HEATER .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы:** для различных производственных и хозяйственных нужд в ХДМ используется горячая вода. По проекту, снабжение в ХДМ происходит только холодной питьевой водой, а горячей водой для отопления, только в зимнее время, использование для хозяйственных нужд которой не предусмотрено. Нагрев воды в ХДМ осуществляется водонагревателями электрического типа ВПЭ-500-1К-01, установленными в технических помещениях зданий, где и осуществляется водоразбор.

Для поддержания температуры воды в электрическом водонагревателе используется схема автоматики на основе термометра манометрического показывающего электроконтактного ТКП-100ЭК-М1-УХЛ4 (далее – ТКП).

Эти приборы предназначены для измерения температуры воды, масла и других неагрессивных жидкостей, и управления электрическими цепями от внешних сигнализирующих устройств, приборов, применяемых в промышленности. Термометры состоят из измерительной системы и сигнализирующего устройства. Измерительная часть представляет собой термосистему, состоящую из термобаллона, дистанционного капилляра и манометрической пружины. Подвижный конец манометрической пружины соединён с сектором трибосекторного механизма, на конце оси механизма крепится стрелка. Для коммутации внешних электрических цепей сигнализирующим устройством, в термометре используется два предельных контакта, один из которых – замыкает цепь минимального, а другой – максимального значения температуры контролируемой среды.

Принцип действия термометра основан на строгой зависимости между температурой измеряемой среды и давлением насыщенных паров заполнителя термосистемы, находящегося в герметично замкнутой манометрической термосистеме. Под воздействием температуры изменяется давление внутри манометрической системы, происходит раскрутка манометрической пружины, связанной со стрелкой отсчетного устройства. Вместе с показывающей

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

стрелкой перемещается ведущий поводок, жёстко связанный с сигнализирующим механизмом.

Такой механизм проявил низкую надёжность и со временем участились отказы, приводящие к перегреву водонагревателя, закипанию воды и выходу из строя трубчатых нагревателей (ТЭН). Замена электрических нагревателей является трудоёмким процессом, требующим отключения водонагревателя от сетей электро и водоснабжения, слива воды, разборки резервуара.

Для решения этой проблемы был рассмотрен вариант замены прибора типа ТКП на более надёжный, обеспечивающий постоянный дистанционный контроль и управление.

По проекту в ХДМ есть АСУТП. Она состоит из:

- Нижнего уровня – датчики, измерительные преобразователи, исполнительные механизмы.
- Среднего уровня – ПЛК, осуществляющие прием входных данных, первичную обработку данных, автоматическое формирование и выдачу управляющих воздействий на исполнительные механизмы, обмен информацией с верхним уровнем.
- Верхнего уровня – сервер, рабочие станции, диспетчера.

Человек-диспетчер входит в систему как одно из функциональных звеньев верхнего уровня управления. Он контролирует и управляет технологическим и вспомогательным оборудованием, используя человеко-машинный интерфейс SCADA-системы.

Таким образом, целесообразно было бы предоставить диспетчеру возможность контролировать и управлять водонагревателем со своего рабочего места.

АСУТП подаст сигналы, и покажет состояние бойлера, а диспетчер с лёгкостью удалённо сможет предотвратить, перегрев бойлера или изменить режим его работы и степень нагрева воды.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

В связи с этим принято следующее решение – разработать автоматизированную систему управления бойлером, удовлетворяющую условиям:

- обеспечить связь с АСУТП ХДМ;
- обеспечить управление бойлером из диспетчерского пункта;
- обеспечить локальное управление бойлером (без участия АСУТП).

Данное решение использует существующее оборудование и практически не требует дополнительных затрат. Это позволяет изменять уставки и режим работы водонагревателя из помещения центральной диспетчерской.

Рассматриваемая, в выпускной квалификационной работе АСУ водонагревателя, должна позволять задавать желаемую температуру воды и удерживать ее в требуемом диапазоне с точностью 1<sup>0</sup>С и иметь три основных режима:

- «Циклический» – постоянное поддержание заданной температуры воды в резервуаре.
- «Разовый» – однократный нагрев воды до заданной температуры и автоматическое отключение.
- «Местный» – ручное включение и выключение нагревателя.

Местный режим – резервный, чтобы в случае выхода из строя автоматического режима, или по желанию персонала была возможность нагрева воды в бойлере. Для этого необходимо установить переключатель на бойлере в положение «Местное», и нагреватель будет подключен к сети, а управляющие команды ПЛК АСУТП будут игнорироваться, сохраняя отображение текущего состояния на АРМ диспетчера.

**Целью выпускной квалификационной работы:** является разработка АСУ водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 для хранилища делящихся материалов.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

### **Задачи выпускной квалификационной работы:**

- выбрать температурный датчик, подходящий по характеристикам к системе;
- исключить приборы ТКП-100ЭК-М1-УХЛ4 из схемы управления водонагревателями электрического типа ВПЭ-500-1К-01, и в имеющиеся технологические отверстия корпуса водонагревателя установить датчик температуры;
- выбрать подсистему, в которой будет отображаться состояние водонагревателя;
- выбрать место подключения (в какой шкаф ПЛК будут передаваться данные);
- установленный температурный датчик подключить к модулю ввода аналоговых сигналов, соответствующего ПЛК АСУТП по трёхпроводной схеме, принятой по проекту на ХДМ;
- внести изменения в электрическую схему водонагревателя, подключить ПЛК и разработать новый экран подсистемы.

**Объектом выпускной квалификационной работы:** является система удаленного контроля температуры воды и управление водонагревателем.

**Предметом выпускной квалификационной работы:** является конфигурирование модулей ввода/вывода шины периферийных устройств Genius bus (дискретного ввода, дискретного вывода, аналогового ввода), создание видеодиаграммы, разработка электрической схемы управления.

**Практическая значимость выпускной квалификационной работы** состоит в повышении надежности и безопасности эксплуатации, удаленном контроле и управлении электрическими водонагревателями.

**Структура выпускной квалификационной работы** состоит из введения, трех разделов, заключения и библиографического списка.

**Объем выпускной квалификационной работы** составляет 57 страниц машинописного текста и содержит 14 иллюстрацию, 4 таблиц, библиографический список из 23 наименований и 1 приложение.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



## 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В литературном обзоре рассматриваются программно-аппаратные средства систем управления технологическими процессами и содержит:

- производственный контроль;
- требования, которым должна удовлетворять современная SCADA-система, используемая для разработки программного обеспечения;
- обзор SCADA-системы с точки зрения инновационных технологий, а также с точки зрения ее внутренней организации и предоставляемых пользователю функций для создания программного обеспечения системы управления технологическими процессами;
- оборудование шкафа ПЛК;
- типы и выбор датчика температуры.

### 1.1 Производственный контроль

1.1.1 Автоматизированная система управления технологическими параметрами

АСУТП ХДМ предназначена для автоматизации управления технологическими процессами загрузки, выгрузки и долговременного хранения делящихся материалов, извлекаемых после разборки ядерных боеприпасов.

АСУТП выполняет следующие информационные функции:

- сбор, обработка и хранение информации о значениях технологических параметров и состоянии оборудования, полученной на среднем уровне;
- визуализация текущей и архивной информации в удобном оператору виде (мнемосхемы, графики, тренды, журналы сообщений);
- контроль состояния оборудования и отклонений технологических параметров от предельно допустимых значений с автоматической выдачей аварийного сообщения на экран видеотерминала АРМ оператора;

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- контроль значений (показателей) технологических параметров с выдачей аварийного сигнала и сообщения на экран видеотерминала АРМ оператора;
- ввод команд оператора;
- формирование отчетности о результатах технологического процесса;
- обмен информацией с средним уровнем, поддержка связи между автоматизированными системами, входящими в состав АСУТП ХДМ.

АСУТП выполняет следующие управляющие функции:

- выработка управляющих воздействий;
- передача управляющих воздействий на исполнение;
- контроль выполнения управляющих воздействий.

#### 1.1.2 Системы и подсистемы АСУТП ХДМ

АСУТП ХДМ состоит из нескольких подсистем и систем:

- подсистема УТС (управление теплоснабжением);
- система КРБ (контроль радиационной безопасности);
- подсистема УЭС (управление электроснабжением);
- подсистема УВиК (управление вентиляцией и кондиционированием);
- подсистема КТПЛЧС (контроль технологических параметров и локализации чрезвычайных ситуаций);
- подсистема ПБ (пожарной безопасности);
- подсистема УТТО (управление транспортно-технологическим оборудованием).

В АСУТП ХДМ предусматривается для каждой из подсистем по два сервера (основной и резервный), по две рабочих станции (основная и резервная), по два аварийных принтера, а также для всей АСУТП – два исторических сервера и 4 принтера отчетов.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Подсистема УТС АСУТП ХДМ, предназначена для обеспечения потребителей тепла ХДМ, при его высокой экономической эффективности функционирования системы теплоснабжения.

Целями подсистемы УТС являются автоматизация управления компонентами системы теплоснабжения (подкачивающих насосов, электродкотлов, электрофицированных задвижек, устройств теплоснабжения, хозяйственного и противопожарного водоснабжения, удаления бытовых сточных вод), а также централизованного контроля технологических параметров (температура, давление, расход воды) в установках хозяйственного и противопожарного водоснабжения, на основе использования вычислительной техники.

Система КРБ предназначена для контроля радиационной обстановки в помещениях ХДМ. Она обеспечивает контроль концентрации альфа-активных аэрозолей в воздухе (Бк/л), мощности поглощенной дозы гамма-излучения (мкГрей/сек) и плотности потока быстрых нейтронов (нейтр./см<sup>2</sup>×сек).

Подсистема УЭС предназначена для обеспечения бесперебойного питания потребителей электрической энергии ХДМ. Контролирует состояние схемы электроснабжения, управляет оборудованием трансформаторных подстанций и аварийных дизель-генераторов.

Подсистема УВиК предназначена для управления работой системы вентиляции и кондиционирования с обеспечением температурно-влажностного режима хранения материала, микроклимата в рабочих зонах хранилища, контролируя состояние и управляя вентиляционными системами и холодильными станциями.

Объектами автоматизации в подсистеме КТПЛЧС являются системы контроля температуры, разрежения, отвода дренажных вод, а также локализации аварийных ситуаций в случае нарушения технологии хранения ДМ и возникновения особых внешних и внутренних воздействий.

Подсистема УТТО предназначена для обеспечения надежного и безопасного технологического процесса по перемещению контейнеров с ДМ

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

от внешнего транспорта до гнезд долговременного хранения. Достижение целей подсистемы обеспечивается автоматизацией следующих информационных и управляющих функций:

- сбора, регистрации, накопления, хранения и отображения информации о состоянии или положении транспортно-технологического оборудования (краны, транспортные тележки) и показателях технологических параметров;
- диспетчерского управления электропитанием приводов дверей, ворот, тележек, кранов, манипуляторов, шиберов, конвейеров, автооператора и перегрузочной машины;
- контроля показателей технологических параметров (содержание O<sub>2</sub>, температура воздуха);
- контроля состояния оборудования подсистемы с автоматической выдачей сообщения об аварии диспетчеру [24].

## 1.2 SCADA-системы, их требования и программное обеспечение

Современный подход к созданию АСУТП требует не просто замены прежних аналоговых регуляторов на цифровые, имеющие несомненные преимущества, с точки зрения обеспечения визуализации процесса, графического интерфейса оператора, самоконтроля, хранения и архивирования и тому подобное, но и должен предполагать повышение качества управления за счет использования высокоэффективных алгоритмов. Использование таких алгоритмов управления ранее сдерживалось их сложностью и господством аналоговой элементной базы, отчего практическая реализация могла быть достигнута ценой неприемлемых затрат. Использование более совершенных алгоритмов управления позволяет:

- непрерывно осуществлять оптимальную настройку механизмов управления и технологических процессов, обеспечивая стабильный уровень качества производимой продукции и снижения количества отбракованной продукции;
- обеспечить экономию сырья и энергии;

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12



SCADA-системы в иерархии программного обеспечения систем промышленной автоматизации находятся на уровнях 2, 3, и обеспечивают выполнение следующих функций:

- прием информации о контролируемых технологических параметрах от контроллеров нижнего уровня и датчиков;
- сохранение принятой информации в архивах;
- вторичная обработка принятой информации;
- графическое представление хода технологического процесса, а также принятой и архивной информации в удобной для восприятия форме;
- прием команд оператора и передачи их в адрес контроллеров нижних уровней и исполнительных механизмов;
- регистрация событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и действиями персонала, ответственного за эксплуатацию и обслуживание системы;
- оповещение эксплуатационного и обслуживающего персонала об обнаружении аварийных событий, связанных с контролируемым технологическим процессом и функционированием программно-аппаратных средств АСУТП с регистрацией действий персонала в аварийных ситуациях;
- формирование сводок и других отчетных документов на основе архивной информации;
- обмен информацией с автоматизированной системой управления предприятием (комплексной информационной системой);
- непосредственное автоматическое управление технологическим процессом в соответствии с заданными алгоритмами.

Говоря коротко, SCADA-система собирает информацию о технологическом процессе, обеспечивает интерфейс с оператором, сохраняет историю процесса и осуществляет автоматическое управление процессом в том объеме, в котором это необходимо. Причем последнее замечание заслуживает особого внимания.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Хотя практически все известные инструментальные SCADA-системы обеспечивают возможность непосредственного автоматического управления технологическим процессом, разработчику АСУТП следует на этапе проектирования тщательно продумать целесообразность совмещения функций автоматического управления и операторского интерфейса на одном компьютере. Хотя такое совмещение позволяет экономить на аппаратных средствах, оно может иметь и ряд негативных последствий.

Во-первых, может оказаться, что операционная система операторской станции не обеспечивает необходимую для конкретного технологического процесса скорость и/или детерминированность реакции SCADA-системы.

Во-вторых, неумелые действия оператора или запуск им несанкционированного программного обеспечения может вызвать полный «крах» и «зависание» операторской станции.

Однако при всем этом существует довольно большой класс инерционных систем, где несколько минут, потраченных на перезапуск управляющего компьютера, не приводят к сколько-нибудь заметным негативным последствиям. Для такого рода систем решение типа «все в одном компьютере» при надлежащей страховке сторожевым таймером может оказаться вполне допустимым.

Помимо доступности, SCADA-системе должна быть присуща максимальная открытость. Очень часто SCADA-системы имеют весьма специфические механизмы обмена данными с аппаратурой ввода-вывода. Более того, ряд SCADA-систем имеет встроенную поддержку устройств ввода-вывода, что с одной стороны ограничивает разработчика/пользователя в выборе технических средств, на базе которых строится система, а с другой стороны весьма затрудняет реализацию поддержки как имеющихся на объекте контроллеров и устройств связи с объектом, так и вновь появляющихся серий, и моделей контроллеров и устройств.

SCADA-система должна характеризоваться умеренной ценой и эффективным использованием вложенных средств – стоимость системы,

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

затраты на освоение и стоимость работ по созданию, сопровождению и развитию АСУТП должны быть минимальными. При прочих равных условиях, данное требование является наиболее существенным и, пожалуй, решающим при выборе SCADA-системы. При этом, задача группы АСУТП предприятия, отвечающего за выбор способа и инструментов разработки программного обеспечения, состоит в оценке предположительных временных и финансовых затрат на разработку, сопровождение и последующее развитие создаваемой АСУТП при использовании различных инструментов разработки.

SCADA-системы являются, прежде всего, инструментом для эффективной разработки программного обеспечения верхнего уровня АСУТП. При создании АСУТП любой сложности всегда существовала тяжело решаемая проблема: как заставить программистов и технологов, разбирающихся в тонкостях автоматизируемого технологического процесса, понимать друг друга или хотя бы заставить тех и других общаться на каком-либо универсальном языке типа блок-схем.

Однако практика показывает, что зачастую от специалиста в какой-то определенной области практически невозможно добиться даже словесного описания алгоритма, вследствие чего работы по созданию АСУТП успешно идут в тех случаях, когда программист сам, берясь за чужеродную ему задачу, вникает во все тонкости технологического процесса. Однако такой подход не является в достаточной степени эффективным: технологий существует множество, и программисту приходится при каждом новом проекте автоматизации начинать с нуля. Поэтому SCADA-система должна быть доступной не только для разработчика, но и для конечного пользователя создаваемой АСУТП, поскольку облик системы определяется и может подвергаться изменениям, как разработчиком, так и пользователем.

В связи с этим на определенном этапе развития стали появляться всевозможные языки функциональных блоков, лестничных диаграмм, специализированных графических редакторов с элементами динамики – иными словами, методы «программирования без программирования»,

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16



доступные для понимания простому инженеру-технологу и входящие в состав SCADA-систем. В результате этой деятельности появились программные пакеты для создания интерфейса человек-машина и программного обеспечения операторских станций АСУТП входящие в SCADA-системы.

Для специалиста-разработчика системы автоматизации, так же, как и для специалиста-технолога, очень важен графический пользовательский интерфейс, а стоящие перед создателями верхнего уровня АСУТП задачи имеют много общего во всех областях деятельности и легко поддаются унификации. Как правило, при создании программы для рабочего места оператора АСУТП программисту нужно реализовать типичный набор функций, которые повторяются во всех проектах автоматизации:

- органы управления различных типов, например, кнопки, рубильники, ползунковые или поворотные регуляторы;
- экранные формы отображения параметров процесса типа стрелочных, полосковых или цифровых индикаторов, а также сигнализирующие табло различной формы и содержания;
- возможность создания архивов аварий, событий, поведения переменных процесса во времени, а также полное или выборочное сохранение параметров процесса через заданные промежутки времени постоянно или по условию;
- упрощенный язык для реализации алгоритмов управления, математических и логических вычислений;
- средства документирования, как самого алгоритма, так и технологического процесса;
- ядро или монитор реального времени, который обеспечивает детерминизм поведения системы или, иными словами, предсказуемое время отклика на внешние события;
- драйверы к оборудованию нижнего уровня АСУТП;
- сетевые функции;
- средства защиты от несанкционированного доступа в систему;

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

- многооконный графический интерфейс и другие очевидные функции, такие как импорт изображений и создание собственных библиотек алгоритмов, динамических объектов, элементов мнемосхем.

Современные системы технологической автоматизации обычно разделены на 3 уровня: нижний, средний и верхний, как было рассмотрено выше.

Верхний – это уровень SCADA системы и человеко-машинного интерфейса.

В самой идее SCADA и человеко-машинного интерфейса заложена задача практически полностью абстрагировать оператора, сидящего перед экраном компьютера, на своем клиентском месте, от уровня датчиков и других первичных устройств. Такие системы в большей степени нацелены на пользователя, на обеспечение его всей необходимой информацией с максимальными удобствами и простотой. Так как это сравнительно молодые системы, в них была заложена клиент-серверная технология. С помощью таких систем сейчас наиболее прогрессивные производители успешно перешли к многозвенной архитектуре, что позволяет равномерно распределять нагрузку между различными серверами, разделяя хранение блоков информации и выполнение отдельных приложений [7].

Программное обеспечение Simplicity, применяемое в ХДМ, представляет собой исчерпывающий набор инструментов и решений для реализации систем оперативного мониторинга и управления технологическими процессами. В этих продуктах реализована прогрессивная технология клиент/сервер, охватывающая, в том числе, тонких клиентов и беспроводные устройства. Всё это позволяет потребителям создавать системные решения, точно соответствующие их потребностям.

Simplicity поддерживает различные виды резервирования. Резервирование в автоматизированных системах обеспечивает выполнение управляющих функций резервным компьютером в случае отказа основного компонента. Такое переключение считается автоматическим, если оно

									Лист
									18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

090301.2018.447 ПЗ

происходит без вмешательства оператора. Резервирование применяется как для аппаратного, так и для программного обеспечения, и обеспечивает минимальные потери управления при переключении с основного (активного) компонента на резервный компонент. Резервированные системы сокращают количество отказов, приводящих к прекращению функционирования системы. Все эти возможности обеспечиваются в Simplicity опцией Redundancy (резервирование). Резервирование может быть обеспечено на нескольких уровнях:

- Резервирование компьютеров.
- Резервирование компьютерной сети.
- Резервирование кабелей связи с ПЛК.
- Резервирование ПЛК.

Каждый уровень резервирования реализует систему обработки отказов, позволяющую системе продолжить функционирование с минимальной потерей данных.

### 1.3 Оборудование шкафа ПЛК General Electric FANUK 90-70

Все сигналы от измерительных приборов и технологического оборудования поступают на средний уровень АСУТП ХДМ, образованный программируемыми логическими контроллерами (далее – ПЛК) промышленного исполнения General Electric серии «FANUK 90-70». Интерфейс с внешним оборудованием обеспечивается аппаратными модулями ввода/вывода и шиной Genius bus, реализующих распределённую систему ввода/вывода.

Программируемый логический контроллер реализует информационные и управляющие функции и обеспечивает обмен данными с сервером АСУТП.

Оборудование шкафа ПЛК и аппаратных модулей распределенной системы ввода/вывода состоит из:

- 9-позиционное шасси (предназначено для монтажа ЦПУ и модулей различного назначения);

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

- модуль источника питания (предназначен для питания ЦПУ и модулей ПЛК);
- модуль центрального процессорного устройства (предназначен для управления в реальном времени различными процессами, устройствами и системами);
- коммуникационный модуль для связи по интерфейсу Ethernet (обеспечивает выход ПЛК в ЛВС Ethernet со скоростью 10 Мбит/с с использованием протокола TCP/IP);
- модуль контроллера шины Genius bus (предназначен для связи с устройствами Genius bus);
- модуль программируемого сопроцессора (поддерживает связь с ПК через два программируемых порта).

Распределенная система ввода/вывода состоит из:

- терминального блока модулей ввода/вывода, который предназначен для установки на него модулей ввода/вывода;
- контроллера интерфейса шины Genius bus, который предназначен для подключения модулей ввода/вывода к шине Genius bus;
- модуля дискретного ввода, который обеспечивает ввод 16 дискретных сигналов;
- модуля дискретного вывода, который обеспечивает вывод 16 дискретных сигналов;
- модуля аналогового ввода, который обеспечивает ввод 16 аналоговых сигналов;
- модуля аналогового ввода, от температурных датчиков, который обеспечивает ввод 4 аналоговых сигналов от термосопротивлений.

В шкафу установлены антиконденсатный нагреватель, два датчика открытия двери и лампа освещения, включающаяся при открытии двери.

Питание шкафа ПЛК осуществляется от сети переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц, через устройство бесперебойного питания. Электропитание модулей ввода/вывода реализовано с помощью

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

дублированной системы электроснабжения от двух источников вторичного питания. ПЛК осуществляет мониторинг за системой электропитания шкафа, температурой внутри шкафа, открытием двери шкафа. Связь с локальной вычислительной сетью АСУТП осуществляется через два Ethernet приемопередатчика.

Распределенная система ввода/вывода построена на основе интерфейсной шины Genius bus, к которой подключается:

- модуль дискретного ввода;
- модуль дискретного вывода;
- модуль аналогового ввода;
- модуль аналогового ввода от термосопротивления.

Для гальванической развязки внешних цепей 220 вольт и внутренних 24 вольта входного дискретного сигнала, предназначены модули оптопар.

Для выдачи управляющего сигнала типа «сухой контакт» на периферийное оборудование, в шкафу на клеммных колодках установлены блоки реле дискретного вывода.

ПЛК каждой системы АСУТП ХДМ обеспечивают обмен данными с серверами своей подсистемы.

#### 1.4 Устройства ввода/вывода удаленной периферии Field Control

Field Control объединяет децентрализованную систему ввода/вывода и децентрализованную систему управления в единое недорогое модульное изделие. Устройство приводит к стандартному виду сигналы при вводе в систему управления или выводе из нее. Field Control имеет модульную конструкцию и состоит из блока интерфейса шины (Bus Interface Unit – BIU), блока полевых контактных устройств (шасси ввода/вывода) и полевых модулей ввода/вывода. В состав BIU входит интерфейс для соединения с такими полевыми хост-шинами, как шина Genius и FIP. Универсальные блоки полевых контактных устройств, которые могут устанавливаться на DIN-рейке или на панели, имеются в различных конфигурациях (по применению). Один

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

блок интерфейса шины может поддерживать до 4 блоков контактных устройств или 8 модулей ввода/вывода, обеспечивая в сумме 128 точек.

#### 1.4.1 Клеммные колодки ввода/вывода

Клеммные колодки ввода/вывода являются универсальными разъемами проводного монтажа для двух модулей ввода/вывода, позволяющими использовать модули ввода/вывода разного типа на одной клеммной колодке. Клеммная колодка ввода/вывода устанавливается на рейке DIN. Рейка DIN, является частью системы заземления, и должна крепиться на панели. К одному блоку интерфейса шины можно подсоединить до восьми модулей ввода/вывода Field Control (четыре клеммные колодки ввода/вывода), образовав таким образом «станцию управления». Блоки интерфейса шины выпускаются для шин различных марок, в частности, Genius, Profibus и FIP. Внешний вид блока интерфейса шины приведен на рисунке 2.

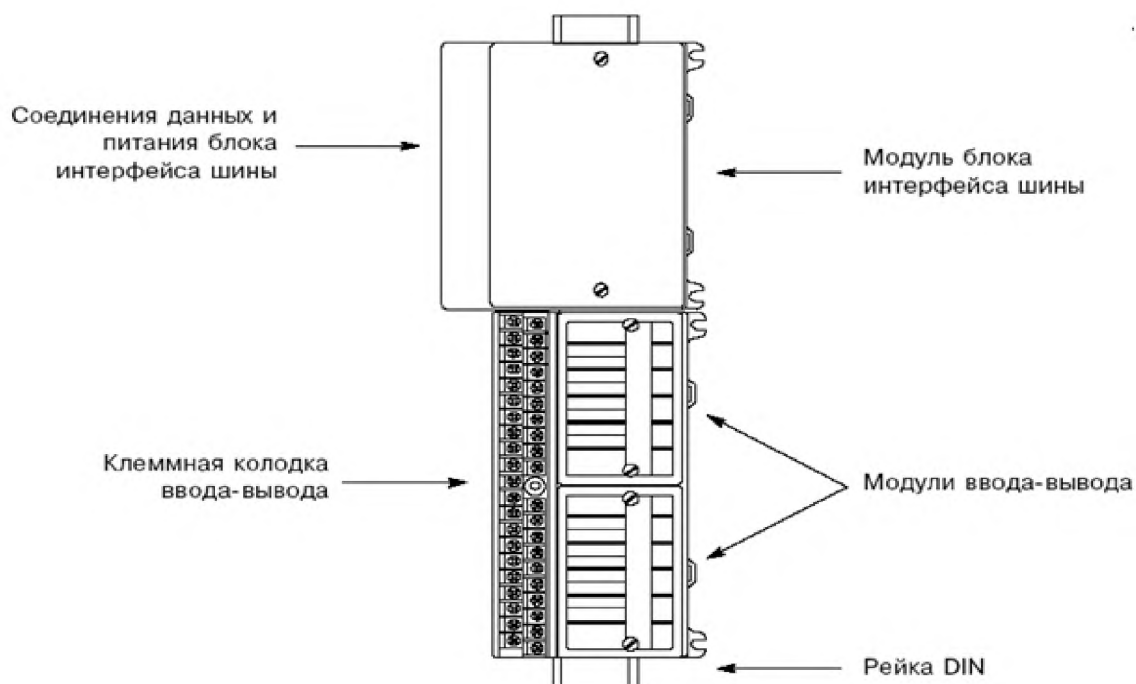


Рисунок 2 – Блок интерфейса шины

#### 1.4.2 Модули ввода/вывода

Семейство Field Control работает с аналоговыми и дискретными сигналами, сигналами от термопар и термометров сопротивления. Устройство Field Control состоит из нескольких модулей. Модули ввода/вывода

устанавливаются в универсальные шасси ввода/вывода. На одно шасси ввода/вывода можно установить два модуля. Монтаж ВІU и шасси осуществляется на DIN-рейку.

Модули ввода обеспечивают интерфейс между ПЛК и внешними источниками входных сигналов, а модули вывода, между ПЛК и внешними выходными устройствами. GE Fanuc предлагает целый ряд модулей, поддерживающих различные диапазоны и виды напряжений, имеющих различную токовую нагрузку, изоляцию. Модули ввода/вывода имеют различную плотность – 8, 16, 32 точки. Все модули ввода/вывода оснащены светодиодными индикаторами, выделяющими каждую точку на модуле и со стороны ввода, и со стороны вывода.

Для аналоговых модулей в процессоре выделяется свой объем памяти. При каждом сканировании производится автоматическое обновление данных. Все модули имеют программное конфигурирование.

#### 1.5 Модули дискретного ввода/вывода

Модуль дискретного ввода (код по каталогу IC670MDL640) обеспечивает интерфейс между ПЛК и внешними входными устройствами – сенсорные датчики, кнопки переключатели и ручки установки числовых значений. Используемый модуль обеспечивает ввод 16 дискретных сигналов.

Принцип работы модуля дискретного ввода заключается в том, что цепь резисторов и конденсаторов устанавливает пороги и фильтрует входной сигнал. Оптроны изолируют входные сигналы периферийных устройств от логических элементов модуля. Данные от всех 16 точек ввода помещаются в буфер. Светодиоды состояния канала отображают текущее состояние входных сигналов в буфере. Преобразователи параллельного кода в последовательный преобразуют входные данные из буфера в последовательный формат, требуемый блоком интерфейса шины. После идентификации платы и проверки мощности логического сигнала, поступающего на модуль от блока интерфейса шины (отображается состоянием светодиода питания модуля),

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

блок интерфейса шины считывает отфильтрованные и преобразованные входные данные.

Модуль дискретного вывода (код по каталогу IC670MDL740) обеспечивает интерфейс между ПЛК и внешними выходными устройствами – контакторы, промежуточные реле, индикаторы числовых значений и индикаторные лампы. Используемый модуль обеспечивает вывод 16 дискретных сигналов.

Принцип работы модуля дискретного вывода заключается в том, что после идентификации платы и проверки мощности логического сигнала, поступающего на модуль от блока интерфейса шины (отображается состоянием светодиода питания модуля), блок интерфейса шины посылает выходные данные в последовательном формате на модуль. При передаче данных, модуль посылает их для сверки обратно по замкнутому контуру на блок интерфейса шины. Преобразователи последовательного кода в параллельный преобразуют данные в параллельный формат, требуемый для модуля. При помощи оптических изоляторов, логические компоненты модуля изолируются от выводов удаленной периферии. Питание от внешнего источника используется для полевых транзисторов, которые подают питание на нагрузки.

#### 1.6 Модуль аналогового ввода с терморезисторов

Модуль аналогового ввода с терморезисторов (код по каталогу IC670ALG620) имеет 4 независимых ввода с 3-х проводных и/или 4-х проводных платиновых, никелевых, железоникелевых или медных терморезисторов. Указание схемы подключения и типа применяемых терморезисторов выполняется при программном конфигурировании модуля.

Особенности данного типа модуля:

- выбор единицы измерения сопротивления: в десятых долях Ома, десятых долях градуса по шкале Фаренгейта или Цельсия;
- индивидуальная конфигурация каждого канала;
- выбор диапазона сопротивления: 0÷500 Ом или 0÷3000 Ом;

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

090301.2018.447 ПЗ



- выбор типа данных ввода: сопротивление или температура (по шкале Цельсия или Фаренгейта);
- модуль выдаёт сигналы о выходе за минимум/максимум номинального или произвольного диапазона измерений, обрыве провода или коротком замыкании на входе;
- имеет дополнительные дискретные входы и выходы для управления и диагностики;
- две скорости сбора данных, определяемые 50 Гц и 60 Гц линейными частотами;
- настраиваемая активация канала.

Внешний вид модуля аналогового ввода с терморезисторов показан на рисунке 3.

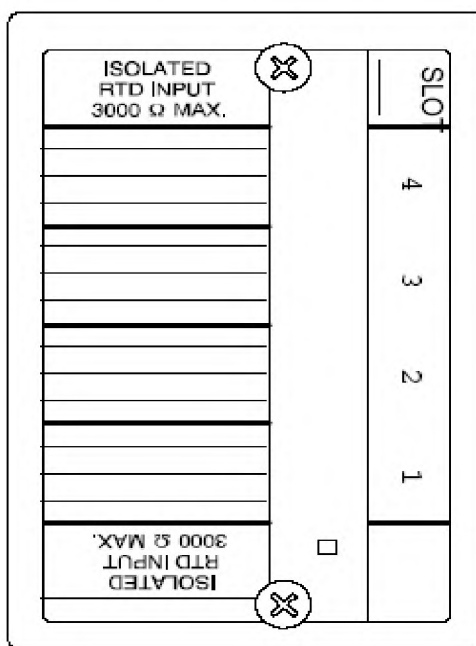


Рисунок 3 – Модуль аналогового ввода/вывода с терморезисторов

### 1.6.1 Принцип работы модуля аналогового ввода

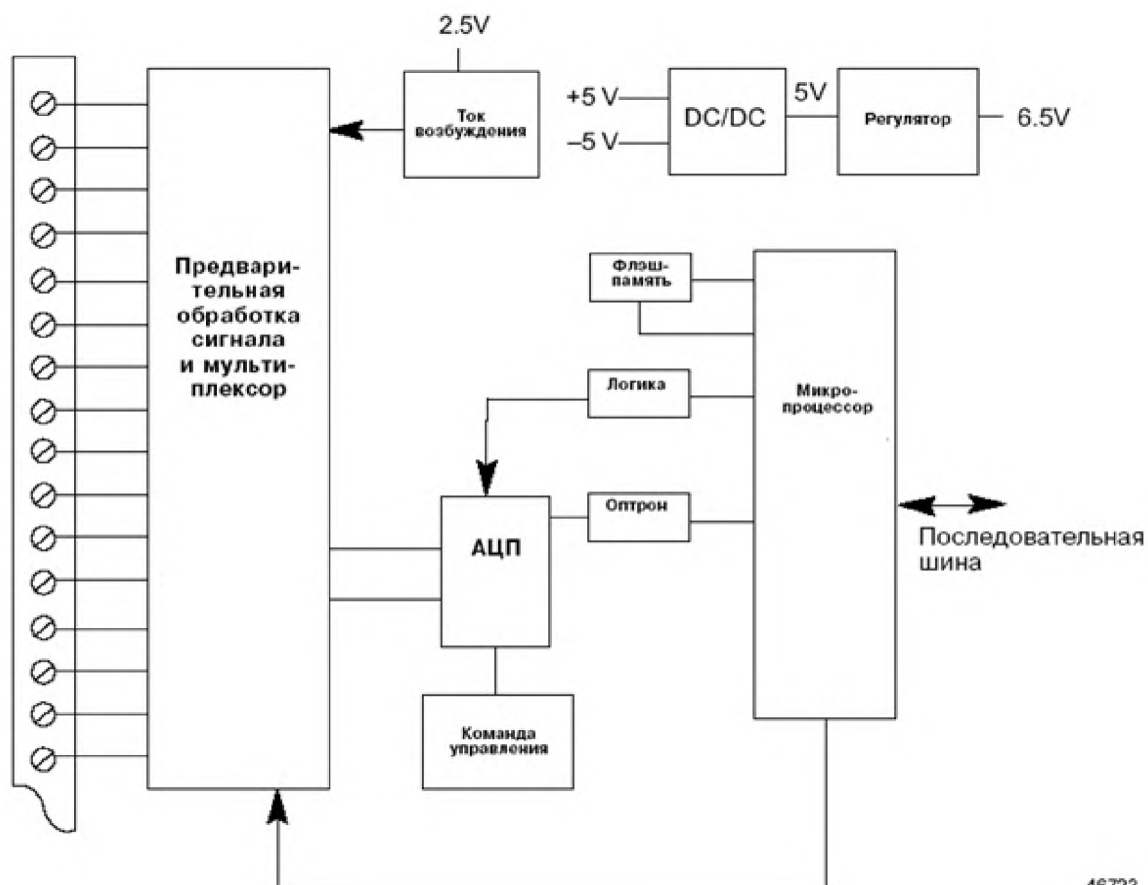
Модуль аналогового ввода с терморезисторов преобразует уровень на вводе с 3-проводных или 4-проводных терморезисторов в цифровое значение. Диапазоны ввода позволяют использовать различные типы терморезисторов.

Аналоговый цифровой преобразователь считывает значение напряжения с каждого из четырёх вводов и преобразует результат дифференциального измерения в двоичное значение, которое считывается микропроцессором блока. Микропроцессор устанавливает коэффициент усиления для АЦП индивидуально по каждому входу. Коэффициент усиления определяется конфигурацией терморезистора на входе.

Микропроцессор определяет тип ввода посредством твердотельного мультиплексора с оптронной развязкой. Для каждого входа производятся три измерения: ток насыщения, сопротивление терморезистора с учетом сопротивления периферийного соединения и падение напряжения на периферийном соединении. По результатам данных трёх измерений, модуль вычисляет сопротивление терморезистора. Оптронная пара изолирует логические схемы от периферии.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Схема работы модуля показана на рисунке 4.



46723

Рисунок 4 – Схема работы модуля

### 1.6.2 Системный интерфейс

В зависимости от конфигурации, заданной для каждого терморезистора, данные ввода выдаются в десятых долях Ома, десятых градуса по шкале Фаренгейта или Цельсия.

Модуль ведет обмен данными с блоком интерфейса шины (далее – БИШ) аналогично другим модулям ввода/вывода: выдаёт все биты данных и состояния по запросу БИШ, и получает от БИШ команды сброса сигналов об ошибках через специально выделенные для этой цели биты выходного сигнала. Следует отметить, что БИШ может быть конфигурирован так, что он не будет пересылать данные состояния по сети.

Модуль может быть конфигурирован для «групповой» передачи данных на БИШ или другие интеллектуальные устройства в пределах одной станции Field Control.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

090301.2018.447 ПЗ

Лист

27

### 1.6.3 Конфигурация модуля

Как и другие модули Field Control, аналоговый модуль ввода с терморезисторов обычно конфигурируется блоком интерфейса шины с применением совместимого ручного программатора. Конфигурация модуля может быть также считана или записана с шины в систему, поддерживающую такой вид конфигурирования. В таблице ниже описаны возможные варианты конфигурации и конфигурация по умолчанию. При включении питания параметры конфигурации имеют значения по умолчанию.

Таблица 1 – Описание конфигураций модуля аналогового ввода с терморезисторов

Параметр модуля	Описание	По умолчанию	Варианты
Активность канала	Будет ли канал возвращать данные и сигналы об ошибках Если канал неактивен, для него все равно выделяется пространство памяти	Активный	Неактивный (выкл.), активный (вкл.)
Единицы измерения	Тип преобразования измеряемых величин для каждого терморезистора	Градусы Цельсия	Десятые Ома, десятые градуса Цельсия, десятые градуса Фаренгейта
Тип терморезистора	Тип используемого терморезистора для каждого канала	100 RT 385	10 RT, 25 RT, 25.5 RT 392, 100 RT 385, 100 RT 3902, 100 RT 392, 100 RT 3923, 100 RT 3916, 1K RT 375, 10 CU, 10 CU 427, 50 CU 427, 100 CU 427, 100 NI, 100 NI 618, 500 Ом, 3000 Ом
Тип соединения	Тип периферийного соединения для каждого терморезистора	3-х проводное	3-х проводное, 4-проводное

#### 1.6.4 Особенности данного типа модуля

##### Активность канала.

Каждый канал может быть конфигурирован как активный или неактивный. Если канал неактивен, он не опрашивается, а на БИШ выдается значение 0. Если канал активен, а заданной в конфигурации длины данных аналогового ввода недостаточно для данных конкретного канала, обработка данных для данного канала тем не менее производится, поскольку для передачи данных с этого канала на БИШ может быть использован ответ на групповую команду.

Пороги выхода за нижнюю и верхнюю границы произвольного диапазона.

Для каждого канала ввода могут быть установлены пороги выхода за нижний и верхний пределы произвольного диапазона, с выдачей по ним сигналов об ошибках. При выходе данных ввода за один из этих пределов, модуль выдаёт текущее значение и выставляет соответствующий бит диагностики в таблице дискретного ввода БИШ. Такие сигналы не прерывают процесс ввода и не изменяют его текущего значения.

##### Выбор типа терморезистора.

Каждый канал ввода может иметь свой тип терморезистора, выбираемый из списка множества различных терморезисторов.

Если действительное сопротивление терморезистора не соответствует определенному типу, для него возможно задать в конфигурации величину подстройки в десятых долях Ома.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Таблица 2 – Характеристики модуля

Число каналов	Четыре 3-х проводных и/или 4-х проводных терморезистора
Время сканирования	При 60 Гц: около 210 миллисекунд на отсчет, 50 Гц: около 230 миллисекунд на отсчет
Обнаружение ошибок	Обрыв на терморезисторе, короткое замыкание на вводе, выход за пределы номинального или произвольного диапазона
Подавление собственных колебаний	60 дБ, при 50/60 Гц в 100% диапазона
Ток, потребляемый от блока питания БИШ	190 мА макс.

Характеристики измеряемых каналов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики канала

Типы терморезисторов	10, 25, 100, и 1000 Ом Платина 10 и 100 Ом Медь 100, 50, и 120 Ом Никель 604 Ом и 1000 Ом Никель/Железо
Диапазоны сопротивлений	От 0 до 500 Ом От 0 до 3000 Ом
Погрешности при 25 °С	Терморезистор: $\pm 0,15$ % от измеряемой величины, $\pm 0,3$ до 0,5 град. Цельсия, в зависимости от типа
Чувствительность по температуре (от 0 до 60 °С)	$\pm 0,004$ % от измеряемой величины, $\pm 1,5$ мкВ на градус Цельсия по входу
Максимальное сопротивление провода	5 Ом на провод

#### 1.6.5 Портативный монитор Genius

Программирование и настройка модулей вводов/выводов осуществляется с помощью ручного програматора (портативный монитор).

Портативный монитор (далее – ПМ) – это удобное устройство-интерфейс для оператора, предназначенное для задания параметров и мониторинга систем ввода/вывода и связи семейства Genius.

Отличительными особенностями ПМ являются:

- жидкокристаллический дисплей, имеющий 4 строки (по 16 символов в каждой строке);
- выбор языка вывода сообщений: английский, немецкий, французский, итальянский;
- 20-клавишная клавиатура мембранного типа;
- ключ-переключатель, который может использоваться для ограничения доступа оператора к некоторым функциям (устанавливается для конкретных приложений);
- ПМ работает или от батареек или от сети 115 В переменного тока или 230 В переменного тока.

Внешний вид портативного монитора Genius представлен на рисунке 5.

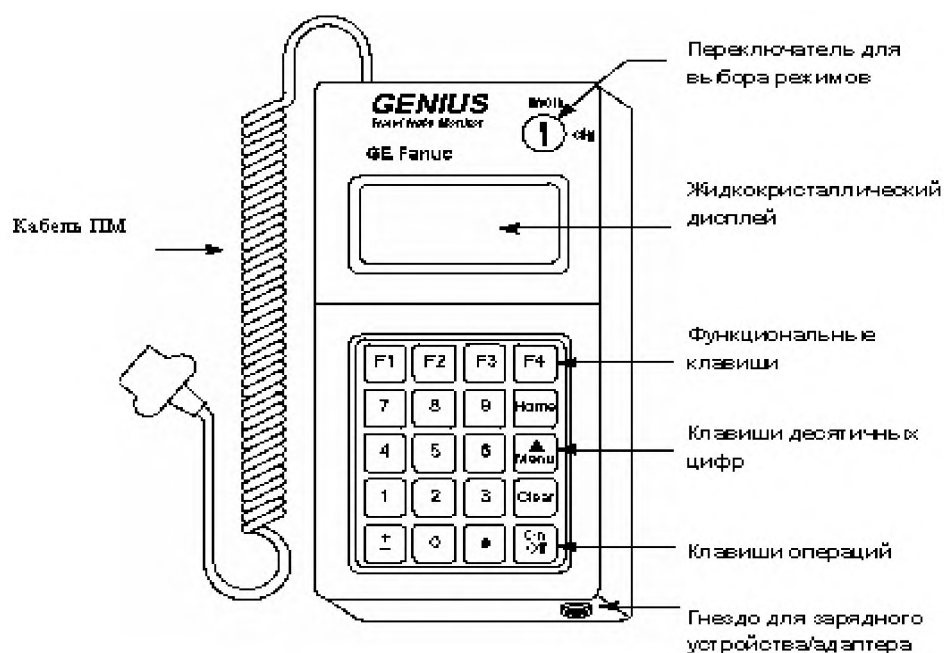


Рисунок 5 – Внешний вид портативного монитора Genius

Экран портативного монитора является «окном» оператора, который используется для работы с шиной Genius и всеми ее устройствами. На экран ПМ могут выводиться следующие данные:

- данные ввода/вывода для любого устройства шины;
- диагностические данные;
- время сканирования шины;

- описания всех устройств, подключенных к шине;
- адреса глобальных данных;
- данные из памяти центральных процессоров (далее – ЦП), подключенных к шине.

Главной отличительной особенностью портативного монитора является его способность поддерживать связь с блоками ввода/вывода и устанавливать принудительные значения вводов/выводов дискретных или аналоговых данных, независимо от того, подключен ли к шине ПЛК компьютер или нет. Это свойство значительно упрощает проверку системы перед началом ее полномасштабной работы.

Для включения ПМ необходимо проверить наличие заряженного блока питания или подключить ПМ к сети переменного тока, после чего нажать кнопку ON/ OFF. При каждом включении ПМ производит короткий тест самодиагностики.

### 1.6.6 Подключение терморезисторов

Ниже показаны типы соединения для 3-х проводных и 4-х проводных терморезисторов.

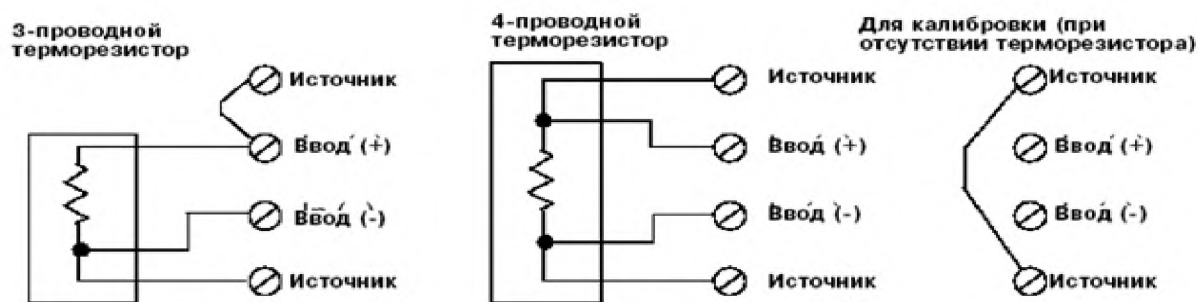


Рисунок 6 – Типы подключения терморезисторов

Модуль не требует питания от контура возбуждения. Токи насыщения терморезисторов обеспечиваются самим модулем, который автоматически подбирает токи насыщения для каждого типа терморезисторов, под заданные в конфигурации значения. Для построения нашей схемы, мы выбираем соединение для 4-х проводных терморезисторов, так как расчет температуры идет более точнее.



## 1.7 Датчики температуры

Большинство технологических процессов идет сейчас по пути автоматизации. Кроме того, управление многочисленными механизмами и агрегатами, а зачастую и машинами просто немыслимо без точных измерений всевозможных физических величин. Немаловажными являются измерение давления, температуры, измерение угловой скорости, а также линейной и многие-многие другие.

Датчики температуры используются везде, где рабочие параметры системы так или иначе зависят от температурных факторов. Сегодня выпускаются различные виды датчиков температуры: термопары, термисторы, терморезистивные датчики с линейной зависимостью выходного сигнала, а также полупроводниковые датчики с цифровым выходом.

Датчики измеряют температуру, изменениям которой пропорциональны изменения выходного сопротивления или напряжения. Датчики удобны для приложений, требующих небольших габаритных размеров, точности и линейного выходного сигнала.

### 1.7.1 Терморезистивные термодатчики

Датчики основаны на принципе изменения электрического сопротивления (полупроводника или проводника) при изменении температуры. Разработаны они были впервые для океанографических исследований. Основным элементом является терморезистор – элемент, изменяющий свое сопротивление в зависимости от температуры окружающей среды.

Несомненные преимущества термодатчиков этого типа – это долговременная стабильность, высокая чувствительность, а также простота создания интерфейсных схем.

В зависимости от материалов, используемых для производства терморезистивных датчиков различают:

1. Резистивные детекторы температуры. Эти датчики состоят из металла, чаще всего платины. В принципе, любой металл изменяет свое

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

сопротивление при воздействии температуры, но используют платину, так как она обладает долговременной стабильностью, прочностью и воспроизводимостью характеристик. Для измерений температур более 600 °С может использоваться также вольфрам. Минусом этих датчиков является высокая стоимость и нелинейность характеристик.

2. Полупроводниковые. Полупроводниковые датчики регистрируют изменение характеристик р-п перехода под влиянием температуры. В качестве термодатчиков могут быть использованы любые диоды или биполярные транзисторы. Пропорциональная зависимость напряжения на транзисторах от абсолютной температуры (в Кельвинах) дает возможность реализовать довольно точный датчик.

Достоинства таких датчиков – простота и низкая стоимость, линейность характеристик, маленькая погрешность. Кроме того, эти датчики можно формировать прямо на кремневой подложке. Все это делает полупроводниковые датчики очень востребованными.

3. Термисторы. Эти датчики изготавливаются из металл-оксидных соединений. Датчики измеряет только абсолютную температуру. Существенным недостатком термисторов является необходимость их калибровки и большой нелинейностью, а также старение. Однако, при проведении всех необходимых настроек могут использоваться для прецизионных измерений.

4. Терморезистор. Термометры сопротивления ТС-005 (датчики температуры дТС-хх5 (медные-ТСМ и платиновые-ТСП мод. 115...165) с коммутационной головкой применяются для непрерывного измерения температуры жидких, твердых, сыпучих, газообразных неагрессивных сред, а также агрессивных, по отношению к которым материалы, контактирующие с измеряемой средой, являются коррозионностойкими. Благодаря простоте конструкции, относительно низкой себестоимости производства в сочетании с приемлемой надежностью и долговечностью металлические термопреобразователи / термометры сопротивления ТС-005

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

медные (ТСМ) и платиновые (ТСП) находят самое широкое применение почти во всех отраслях промышленности, энергетики и жилищно-коммунальном хозяйстве. Помимо общепромышленного исполнения, термопреобразователи ТС с коммутационной головкой могут изготавливаться во взрывозащищенном исполнении (дТС-ЕХi) и применяться для измерения температуры взрывоопасных смесей газов, паров, а также легковоспламеняющихся и взрывчатых веществ. По техническим характеристикам они схожи с термосопротивлениями в общепромышленном исполнении, но содержат в конце маркировки обозначение искробезопасной цепи: «Ех-ТХ», где вместо Х указывается температурный класс в маркировке взрывозащиты.

### 1.7.2 Термоэлектрические(термопары)

Термоэлектрические преобразователи – иначе, термопары. Они действуют по принципу термоэлектрического эффекта, то есть благодаря тому, что в любом замкнутом контуре (из двух разнородных полупроводников или проводников) возникнет электрический ток, в случае если места спаев отличаются по температуре. Так, один конец термопары (рабочий) погружен в среду, а другой (свободный) нет. Таким образом, получается, что термопары – это относительные датчики и выходное напряжение будет зависеть от разности температур двух частей. И почти не будет зависеть от абсолютных их значений.

Диапазон измеряемых с их помощью температур, от -200 до 2200 градусов, и напрямую зависит от используемых в них материалов. Например, термопары из неблагородных металлов – до 1100 °С. Термопары из благородных металлов (платиновая группа) – от 1100 до 1600 градусов. Если необходимо произвести замеры температур свыше этого, используются жаростойкие сплавы (основой служит вольфрам). Как правило используется в комплекте с милливольтметром, а свободный конец (конструктивно выведенный на головку) удален от измеряемой среды с помощью удлиняющего провода. Одним из недостатков термопары является достаточно

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	090301.2018.447 ПЗ					

большая погрешность. Наиболее распространенным способом применения термопар являются электронные термометры.

### 1.7.3 Пирометры

Пирометры – бесконтактные датчики, регистрирующие излучение, исходящее от нагретых тел. Основным достоинством пирометров (в отличие от предыдущих температурных датчиков) является отсутствие необходимости помещать датчик непосредственно в контролируемую среду. В результате такого погружения часто происходит искажение исследуемого температурного поля, не говоря уже о снижении стабильности характеристик самого датчика.

Различают три вида пирометров:

1. Флуоресцентные. При измерении температуры посредством флуоресцентных датчиков на поверхность объекта, температуру которого необходимо измерить, наносят фосфорные компоненты. Затем объект подвергают воздействию ультрафиолетового импульсного излучения, в результате которого возникает после излучение флуоресцентного слоя, свойства которого зависят от температуры. Это излучение детектируется и анализируется.

2. Интерферометрические. Интерферометрические датчики температуры основаны на сравнении свойств двух лучей – контрольного и пропущенного через среду, параметры которой меняются в зависимости от температуры. Чувствительным элементом этого типа датчиков чаще всего выступает тонкий кремниевый слой, на коэффициент преломления которого, а, соответственно, и на длину пути луча, влияет температура.

3. Датчики на основе растворов, меняющих цвет при температурном воздействии. В этом типе датчиков-пирометров применяется хлорид кобальта, раствор которого имеет тепловую связь с объектом, температуру которого необходимо измерить. Коэффициент поглощения видимого спектра у раствора хлорида кобальта зависит от температуры. При изменении температуры меняется величина прошедшего через раствор света.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

#### 1.7.4 Акустические термодатчики

Акустические термодатчики – используются преимущественно для измерения средних и высоких температур. Акустический датчик построен на принципе того, что в зависимости от изменения температуры, меняется скорость распространения звука в газах. Состоит из излучателя и приемника акустических волн (пространственно разнесенных). Излучатель испускает сигнал, который проходит через исследуемую среду, в зависимости от температуры, скорость сигнала меняется, и приемник после получения сигнала считает эту скорость.

Используются для определения температур, которые нельзя измерить контактными методами. Также применяются в медицине для неинвазивных (без операционного проникновения внутрь тела больного) измерения глубинной температуры, например, в онкологии. Недостатками таких измерений является то, что при прикосновении они могут вызывать ответные физиологические реакции, что в свою очередь влечет искажение измерения глубинной температуры. Кроме того, могут возникать отражения на границе «датчик-тело», что также способно вызывать погрешности.

#### 1.7.5 Пьезоэлектрические

В датчиках этого типа главным элементов является кварцевый пьезорезонатор. Как известно пьезоматериал изменяет свои размеры при воздействии тока (прямой пьезоэффект). На этот пьезоматериал попеременно передается напряжение разного знака, от чего он начинает колебаться. Это и есть пьезорезонатор. Выяснено, что частота колебаний этого резонатора зависит от температуры, это явление и положено в основу пьезоэлектрического датчика температуры.

## 2 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

### 2.1 Выбор типа температурного датчика

Основное требование, предъявляемое к терморезистору – отрицательная температурная характеристика. При наличии терморезисторов с большим сопротивлением, чем требуется можно использовать два или три соединённые параллельно терморезистора. При такой схеме можно контролировать температуру в двух-трёх точках охлаждаемого объекта одновременно. Терморезисторы выполненные в виде диска или тора.

Датчики температуры используются везде, где рабочие параметры системы так или иначе зависят от температурных факторов. Сегодня выпускаются различные виды датчиков температуры: термопары, термисторы, терморезистивные датчики с линейной зависимостью выходного сигнала, а также полупроводниковые датчики с цифровым выходом.

Терморезистивные датчики (RTDs-Resistance Temperature Devices) работают при пропускании через них электрического тока и применяются в мостовых схемах. Термисторы с положительным и отрицательным температурным коэффициентом имеют высокую чувствительность к измеряемой температуре, что нельзя сказать о линейности выходного сигнала.

Полупроводниковые датчики работают в широком диапазоне температур и имеют высокую точность. Кроме того, такие датчики имеют встроенную схему усиления сигнала, позволяющую устанавливать требуемую температурную зависимость.

Термопары предлагают идеальное решение для измерений температуры в максимальном диапазоне (от -200 до +2300 °C). Кроме того, устройства имеют высокую воспроизводимость и точность. Следует отметить, что термопары требуют схем усиления сигнала для его последующей обработки.

Также, датчики температуры различаются по материалу исполнения чувствительного элемента и типу корпусирования: датчики с полупроводниковым чувствительным элементом, датчики с платиновым

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

чувствительным элементом, датчики с медным чувствительным элементом, корпусированные датчики. Измеряемая температура преобразовывается в сопротивление со стабильной линейной зависимостью. Датчики гарантируют стабильный линейный выходной сигнал (сопротивление или напряжение) с малым временем отклика.

Датчики измеряют температуру, изменения которой пропорциональны изменениям выходного сопротивления или напряжения. Датчики удобны для приложений, требующих небольших габаритных размеров, точности и линейного выходного сигнала. Датчики Honeywell могут быть взаимозаменяемы без дополнительной калибровки.

Область применения:

- системы контроля окружающей среды (комнатные помещения, вентиляционные короба, холодильное оборудование);
- двигатели, защита от перегрузки;
- электронные установки термоконтроля и термокомпенсации;
- системы управления технологическими процессами – регулировка температуры;
- автомобильная электроника: температура воздуха и масла;
- бытовые приложения: контроль нагрева и охлаждения.

Способность выдерживать высокие температурные нагрузки, отличная устойчивость к химическим воздействиям, биологическая инертность и высокая стабильность делают платину уникальным материалом для терморезистивных измерительных элементов, нагревателей и электродов [8].

В связи с особыми свойствами платины, температурные резисторы 1, 2 и 10 кОм имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными полупроводниковыми датчиками (КТУ) и термисторами (NTC):

- высокая точность;
- низкий дрейф;
- долгий срок службы;
- высокая линейность выходных характеристик;

- стандартизация характеристик гарантирует взаимозаменяемость датчиков;
- малое время отклика;
- высокая стойкость к температурным перегрузкам;
- широкий диапазон измеряемых температур (-196...+1000 °С).

Но есть так же и минус таких датчиков. Для того, чтобы датчик мог измерять такие высокие и низкие температуры, его изготавливают с платиновым чувствительным элементом. Цена такого датчика будет высока, в связи с использованием платины.

Электрическое сопротивление платиновых терморезисторов зависит от длины токопроводящей дорожки. Выпускается два типа датчиков: базовые элементы и специализированные датчики по спецификации заказчика. Существуют импортные аналоги, например, терморезисторы фирмы NTC (Negative Temperature Coefficient).

Так как нам не нужно измерять температуру в таком большом диапазоне, то можно выбрать датчик с медным чувствительным элементом.

## 2.2 Выбор SCADA-системы

SCADA (Supervisor Control And Data Acquisition) расшифровывается как «наблюдение, управление и накопление информации». SCADA системы – это программные пакеты, предназначенные для создания интерфейса «человек-машина» (Human Machine Interface, HMI) и программного обеспечения операторских станций [23].

Существующие в настоящее время SCADA-пакеты выполняют множество функций, которые можно разделить на несколько групп:

- настройка SCADA на конкретную задачу (т. е. разработка программной части системы автоматизации);
- диспетчерское управление;
- автоматическое управление;
- хранение истории процессов;
- выполнение функций безопасности;

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40





собранным сервером для просмотра и управления. На сервере расположена историческая база данных.

На всех компьютерах системы, и на сервере, и на рабочей станции, установлено одно ПО – Simplicity HMI. Функциональность SCADA зависит от установленных на каждый компьютер лицензий. На сервер ставится лицензия server, на станцию оператора ставится лицензия viewer.

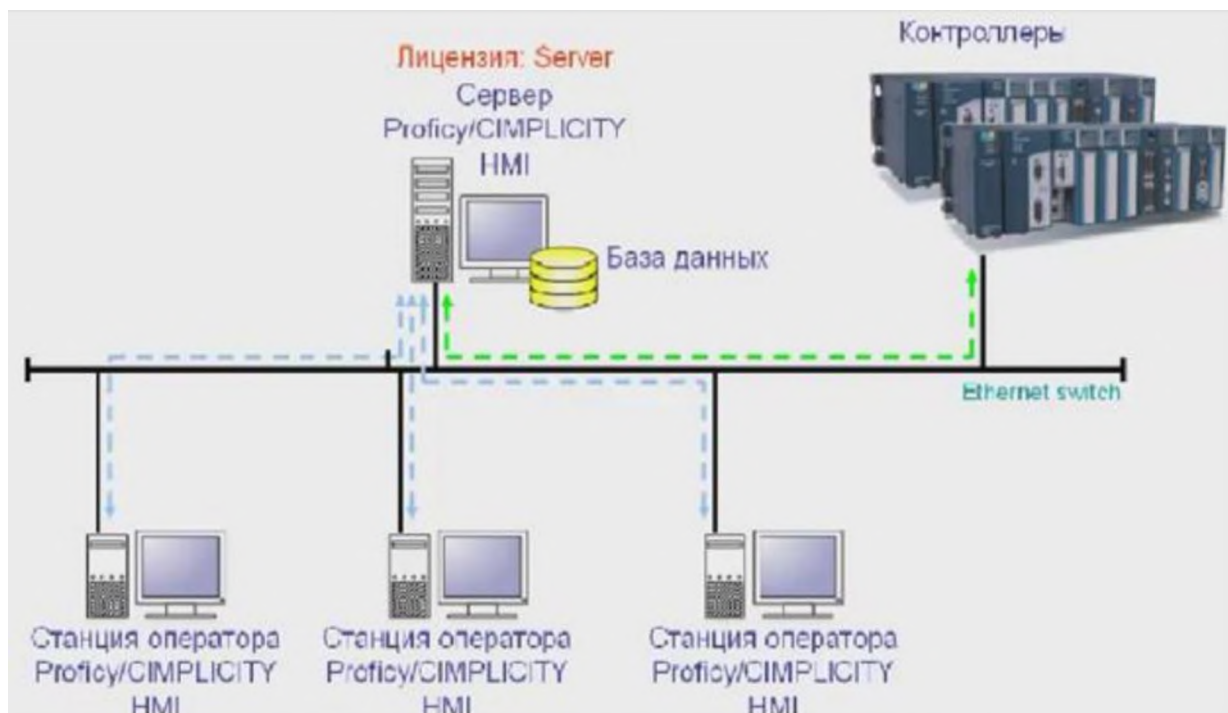


Рисунок 7 – Архитектура подсистемы АСУТП ХДМ УТС

Имеющаяся лицензия server (runtime или development) для УТС, позволяет контролировать 35000 физических точек ввода-вывода (физическая точка которая берётся с контроллера, к примеру, в лицензии. Для SCADA системы TRACE MODE в количестве заявленных контролируемых точек так же считаются программные точки. Проект УТС использует менее 20 %, из позволенных лицензией физических точек ввода-вывода. Данная лицензия позволяет без ограничений вносить изменения в рабочий проект.

Лицензия viewer для УТС (runtime или development), на АРМ оператора позволяет изменять экран отображения, работая с точками проекта, без ограничений.

Таким образом, выбор SCADA системы очевиден. Нам не придётся создавать отдельный проект на сервере, а нужно добавить в уже имеющийся проект Simplicity УТС новые точки, которые будут иметь соответствие с адресами точек в ПЛК. На станции оператора нужно отредактировать экран отображения проекта УТС, добавив туда интересующие нас контролируемые точки разрабатываемой автоматизированной системы, добавить управление нагрева бойлера с водой в трёх режимах.

Выбирая SCADA-систему Simplicity, мы существенно экономим. Используя любую другую SCADA-систему, нам придётся закупить оборудование для создания нового сервера, оплатить создание нового проекта и лицензию.

Simplicity HMI идеально подходит для решения поставленных задач на верхнем уровне:

- получение данных с ПЛК по локальной вычислительной сети;
- визуализация значений, полученных данных на АРМ;
- управление нагревателем с АРМ оператора.

Существуют и другие SCADA системы, такие как:

- Master SCADA;
- SCADA Trace Mode;
- SIMP Light miniSCADA;
- SIMATIC WinCC;
- Citect SCADA;
- InTouch;
- PcVue.

Все перечисленные SCADA системы подходят для решения нашей задачи, но в связи с вышеизложенными причинами, нет необходимости рассматривать эти системы подробно.

### 3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС КОНФИГУРИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АСУ ВОДОНАГРЕВАТЕЛЯ

#### 3.1 Система удаленного контроля температуры воды в бойлере

Для создания АСУ водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 для хранилища делящихся материалов нам нужно:

- выбрать термометр сопротивления, который будет соответствовать нужным рабочим параметрам;
- внести изменения в принципиальную схему пульты управления водонагревателем;
- в программное обеспечение ПЛК 63Н302А добавить программный блок HEATER, контролирующий состояние водонагревателя, и передающий информацию на АРМ оператора АСУТП;
- разработать видеogramмы в SCADA SIMPLICITY, для отображения состояния водонагревателя и реализации алгоритма управления водонагревателем с рабочей станции оператора подсистемы УТС АСУТП.

#### 3.2 Выбор термометра сопротивления для контроля температуры воды в бойлере

Для контроля температуры воды бойлера в помещениях ХДМ используются термометры сопротивления. Наибольшее распространение среди них получили термометры типа ТСМ Метран-203 (50М) и ТСО-50М.

Термометры ТСМ Метран-203 (50М) изготавливаются предприятием промышленной группой «Метран» в г. Челябинске.

Термометры ТСО-50М изготавливаются на заводе 23 ФГУП «ПО «Маяк».

Основные технические характеристики термометров ТСМ Метран-203 (50М) и ТСО-50М приведены в таблице № 4.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Таблица 4 – Основные технические характеристики термометров ТСМ  
Метран-203 (50М) и ТСО-50М

Параметр	ТСМ Метран-203 (50М)	ТСО-50М
Диапазон измеряемых температур	- 50 до +180 °С	- 80 до +150 °С
Сопротивление электрической изоляции при температуре окружающего воздуха (25 ± 10) °С и относительной влажности до 80%	Не менее 100 МОм	Не менее 100 МОм
Средний срок службы	Не мене 3 лет	Не менее 10 лет
Степень защиты от воздействия воды и пыли	IP65 по ГОСТ 14254	IP65 по ГОСТ 14254
Номинальное значение отношения $W_{100}$	1,4260	1,4280
Способ подключения соединительных проводов	Под винт	Разъём
Показатель тепловой инерции	Не более 40 с	Не более 40 с

Как видно из таблицы, основные характеристики термометров сопоставимы. Исключение составляют более длительный срок службы термометров ТСО-50М, способ подключения и диапазон измеряемых температур. Так как диапазон измеряемых температур будет колебаться в районе 10–90 °С, пределы измерений этих термометров достигаться не будут, следовательно, каждый из них подходит по данному критерию. Способ подключения соединительных проводов у ТСМ Метран-203 – под винт, а у ТСО-50М – разъемный. В обслуживании при замене термометра предпочтение следует отдать разъемному способу подключения, так как он не требует дополнительных инструментов. Еще одним преимуществом термометра ТСО-50М можно отметить то, что его производством занимается завод 23 ФГУП «ПО «Маяк». То есть при наличии изделий собственного

производства предпочтение следует отдавать им. Учитывая вышеизложенное, выбирается термометр TCO-50M.

### 3.3 Конфигурирование модуля аналогового ввода с терморезисторов

Подключаем ПМ Genius к блоку интерфейса шины Genius через разъем для подключения монитора. При каждом включении ПМ производит короткий тест самодиагностики. После завершения теста мы переходим в главное меню.

Рассмотрев документацию на конфигурацию периферийной шины Genius шкафа 63IN302, мы выяснили что свободным модулем аналогового ввода является модуль № 1.

Для данного модуля прописаны следующие настройки:

- AI : 001 AI 0001 – 0004 (Адреса точек аналоговых вводов);
- Module AI DEFAULT: ZERO (Данные по умолчанию: ноль – при отсутствии сигнала будет показывать 0);
- LINE PREQ 50 Гц (Линейная частота 50 Гц).

Выбираем измерительный канал с программным номером AI 0001 и устанавливаем для него следующие настройки:

- CH 1 ACTIVE (канал 1 активный – разрешение на опрос);
- DEG C (Измерения в градусах Цельсия);
- RTD TYPE 50 Cu 427 (Тип терморезистора – медный, сопротивление при 0 °C – 50 Ом, отношение сопротивления при  $t = 100$  °C к сопротивлению при  $t = 0$  °C – 1,427 – взято из результатов поверки на устанавливаемый термометр);
- WIRE TYPE 4 WIRE (Схема подключения – 4-х проводная);
- ALARM LO – 00500 (Сбой нижнего уровня при -50 °C – из диапазона измерений для термометра);
- ALARM HI 01500 (Сбой верхнего уровня при +150 °C – из диапазона измерений для термометра).

На этом процесс конфигурирования модуля шины завершен.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

### 3.4 Подключение термометра к сконфигурированному модулю

К выводам термометра припаиваются 4 провода от кабеля КУГВЭВ 7×0,5 (2-сигнальных, 2-компенсационных – для того чтобы учитывать сопротивление проводов). Данный тип кабеля применяется для подключения терморезисторов к ПЛК в ХДМ, поэтому я выбрал именно его. Протягиваем кабель из помещения, где установлен бойлер с водой, от установленного термометра в помещение, где расположен шкаф ПЛК подсистемы УТС. К модулю аналогового ввода термометр подключается через клеммную колодку. 2 и 3 провода выбираем измерительными, а 1 и 4-компенсационными. После подключения проводов от термометра к модулю аналогового ввода с терморезисторов, на портативном мониторе GENIUS можно наблюдать значение температуры.

### 3.5 Разработка новой схемы пульта управления водонагревателя

Прибор ТКП имел две группы контактов для управления бойлером. Одна для включения, а вторая - для отключения. В нашем случае, ПЛК будет управлять бойлером, используя только одну группу контактов реле. Это позволяет несколько упростить схему бойлера, исключив промежуточные реле. Так же мы введём в схему цепь аварийного отключения бойлера.

После всех изменений, схема управления бойлером приобрела вид как показана на рисунке 8.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

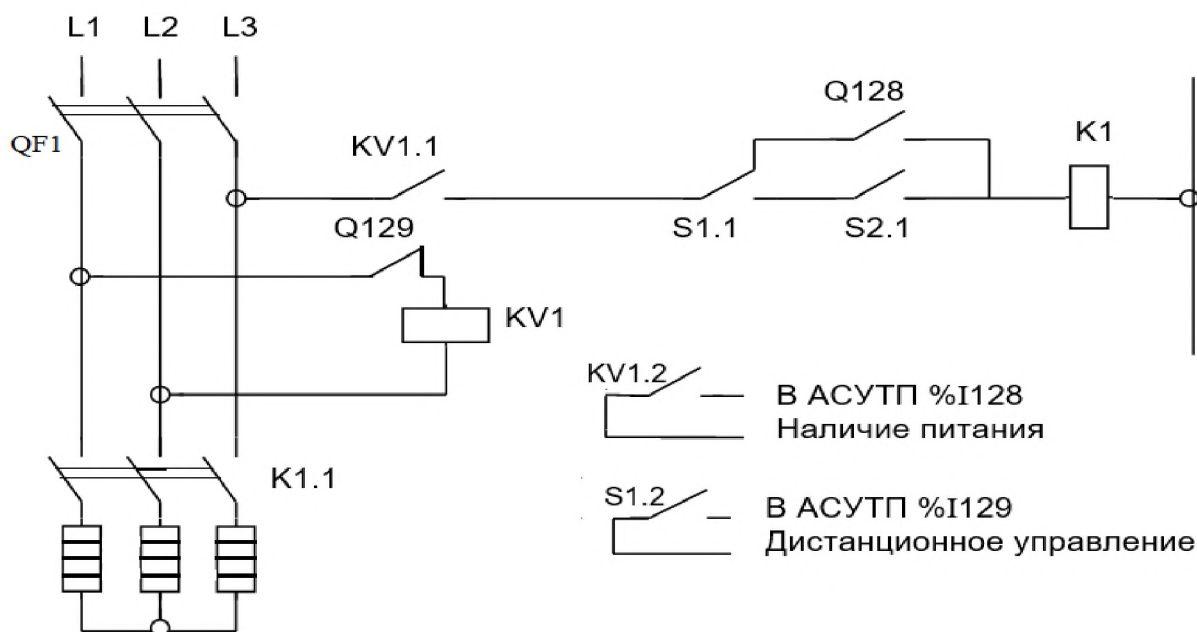


Рисунок 8 – Схема подключения водонагревателя

L1, L2, L3 – Фазы для подачи напряжения.

Q128 – Контактная группа ПЛК включения нагревателя в режиме «Дистанция».

Q129 – Контактная группа ПЛК аварийного отключения бойлера и установки запрета нагрева.

K1 – Магнитный пускатель включения нагревателей.

KV1 – Реле контроля наличия питания бойлера, Аварийное отключение.

S1.1 – Переключатель режима работы бойлера «Дистанционный / Местный».

S2.1 – Выключатель нагревателя в режиме «Местный».

### 3.6 Конфигурирование ПЛК при помощи программного обеспечения «Logicmaster 90-70»

Для того, чтобы вся информация по состоянию водонагревателя передавалась на АРМ оператора АСУТП, и была возможность удалённо управлять бойлером, в программное обеспечение ПЛК 63IN302А мы добавим программный блок HEATER.





Третья строка кода отключает нагрев воды, если температура воды достигла верхней уставки (%M00001).

Четвертая строка кода включает нагрев воды, если температура воды достигла нижней уставки (%M00017).

### 3.7 Построение видеограмм в SCADA Cimplicity

В SCADA Cimplicity имеется программный пакет Workbench. Его назначение – создавать логическую структурную основу и собственно сам проект.

Но так как мы не создаём новый проект, а вносим изменения в действующий, то мы в меню выбираем файл с интересующим нас проектом.

Нам необходимо добавить новые контрольные точки, которые будут обслуживать и работать с нашим бойлером. Для создания записей о точках, нам необходимо знать логические адреса и ПЛК в котором они находятся.

В разделе Points создаём точки.

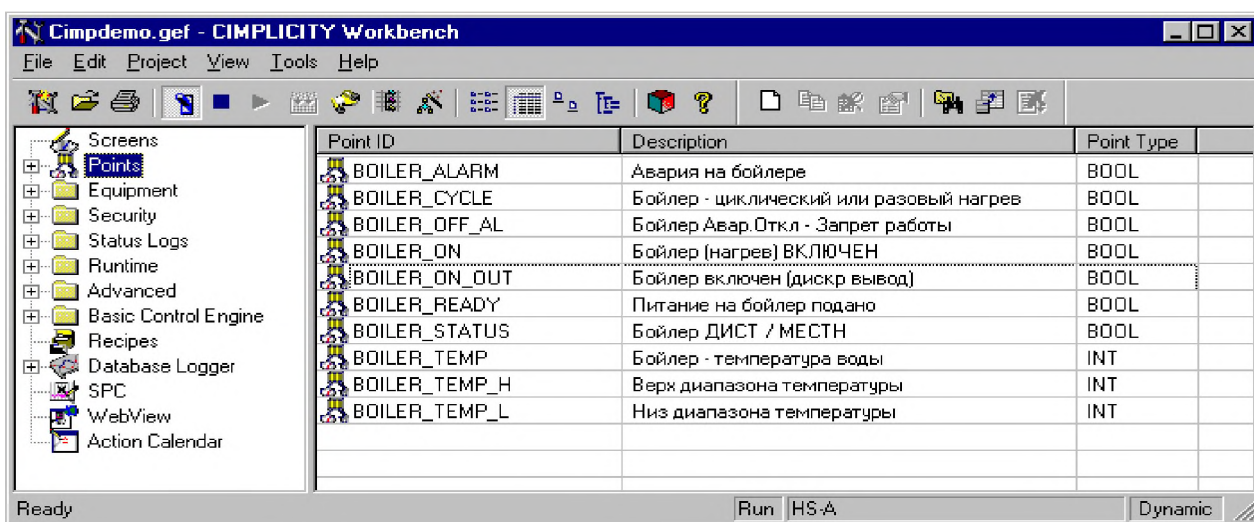


Рисунок 10 – Созданные контрольные точки для бойлера

После того как закончили создание контрольных точек и адресов, мы можем приступить к созданию видеограмм с помощью программного пакета CimEdit.

Используя встроенные инструменты, создаём на экране интерфейс с работой бойлера в нескольких режимах.

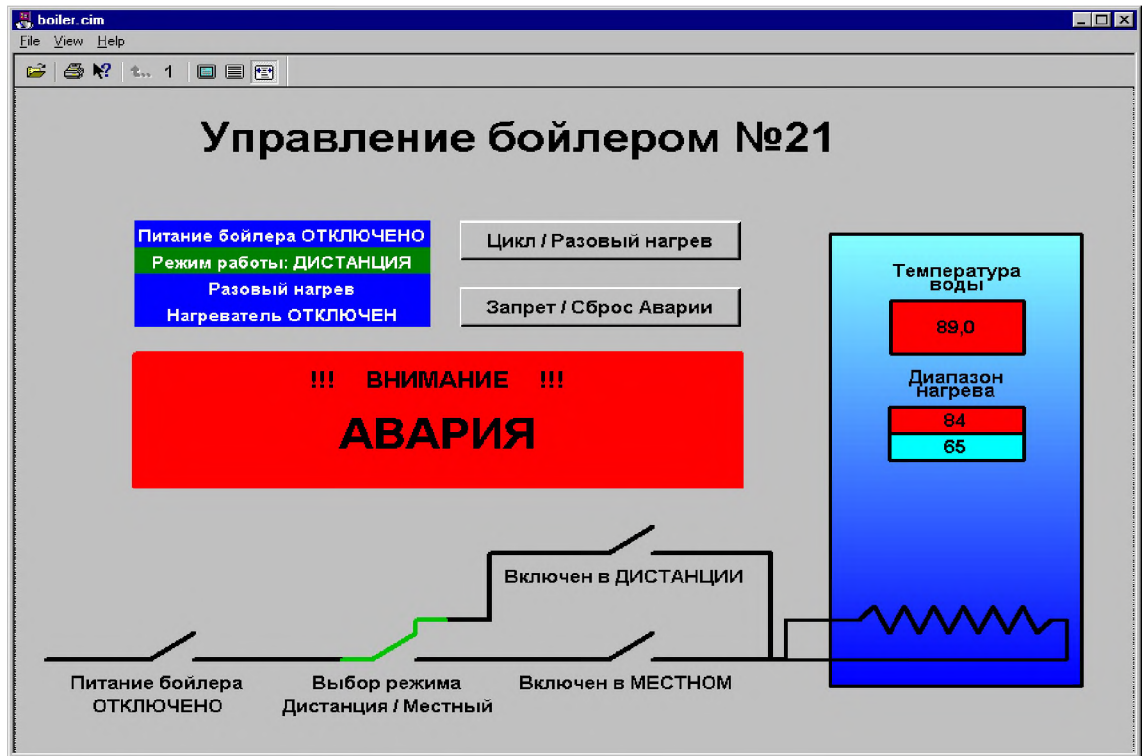


Рисунок 11 – Видеограмма аварийного режима отключения бойлер

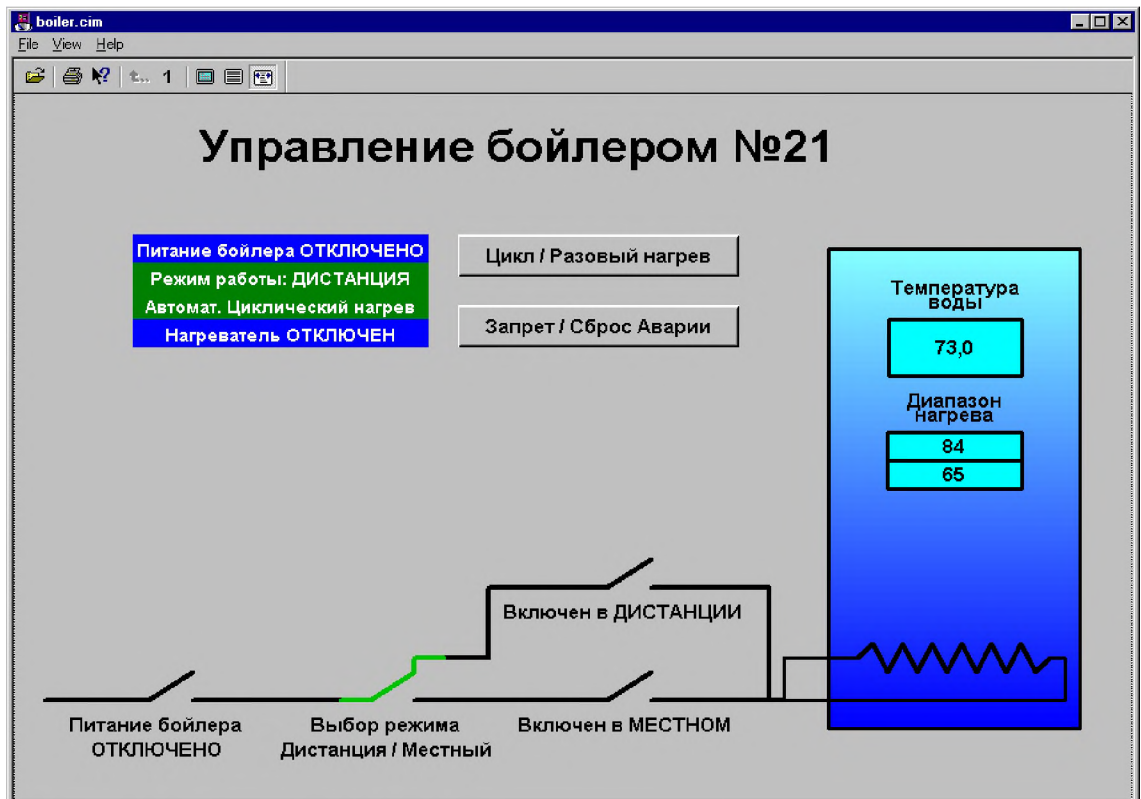


Рисунок 12 – Видеограмма отключенного от питания бойлера в дистанционном режиме с циклическим нагревом



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработка автоматизированной системы управления водонагревателя ВПЭ-500-1К-01 выполнена в полном объеме. Выбран температурный датчик, выбрана SCADA-система, построена схема подключения нашего водонагревателя к АСУТП, написан программный блок HEATER с помощью программного обеспечения «Logicmaster 90-70», и построены видеодиаграммы для нескольких режимов работы водонагревателя.

С помощью нашей АСУ водонагревателя, оператор дистанционно может контролировать температуру воды в бойлере, включать и выключать бойлер, устанавливать циклический или разовый нагрев до верхней температурной уставки, с последующим отключением.

Так же в нашей АСУ предусмотрено автоматическое аварийное отключения бойлера, если произойдет непреднамеренный перегрев.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АРМ – автоматизированное рабочее место.

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом.

БИШ – блок интерфейса шины.

ЛВС – локальная вычислительная сеть.

КТС – комплекс технических средств.

ПЛК – программируемый логический контроллер.

ПМ – портативный монитор.

УТС – Управление теплоснабжением.

ХДМ – Хранилище делящихся материалов.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Автоматизированное рабочее место в системе управления предприятием: сборник научных трудов. – Ленинград, 1989. – 236 с.
- 2 Агуров, П.В. Интерфейс USB Практика использования и программирования / П.В. Агуров. – М.: ВHV, 2007. – 576 с.
- 3 Александров, А.Г. Оптимальные и адаптивные системы / А.Г. Александров. – М.: Высш.шк., 1989. – 263 с.
- 4 Андреев, Е.Б. Scada-системы Взгляд изнутри / Е.Б. Андреев, Н.А.Куцевич. – М.: РТСофт, 2004. – 125 с.
- 5 АСУТП ХДМ Документация на систему в целом. Общесистемные решения ФГУП «ГИ»ВНИПИЭТ» Том 7.1.3. – Озерск: ВНИПИЭТ, 2003. – 77 с.
- 6 Банди, Б. Основы линейного программирования / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1989.
- 7 Берзин, Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем / Е.А. Березин. – М.: Сов. радио, 1974. – 303 с.
- 8 Генов, А.О. Мультисервисные БЦП – технологический прорыв в повышении эффективности ССС / А.О. Генов // Науч.-технич. конф.: К 75-летию академика В.А. Мельникова. – М., 2003. – С. 128–236.
- 9 Генов, А.О. Бортовые цифровые платформы / А.О. Генов // Broadcasting, 2002. – № 3.
- 10 Генов, А.О. Исследование вопросов выбора канальной емкости пучков СПСС двойного назначения / А.О. Генов // Науч.-технич. конф.: Оптические, сотовые и спутниковые сети и системы связи. – Псков, 1996.
- 11 Генов, А.О. влиянии характеристик входящего потока старшего приоритета на показатели эффективности функционирования малоканальных СМО с ожиданием / А.О. Генов, В.И. Ермилов. – М.: Наука, 2007. – 238 с.
- 12 Герасимов, А.В. Проектирование АСУТП с использованием SCADA-систем: учебное пособие / А.В. Герасимов, А.С. Титовцев. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 128 с.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

13 Громкович, Ю. Теретическая информатика. Введение в теорию автоматов, теорию вычислимости, теорию сложности / Ю. Громкович. – М.: BNV, 2010. – 336 с.

14 Джейсуол, Н. Очереди с приоритетами / Н. Джейсуол. – М.: Мир, 1973.

15 Егоршин, А.Ю. Новая система управления реального времени мобильного объекта / А.Ю. Егоршин. – М.: Роспатент, 2006.

16 Егоршин, А.Ю. Новости на основе нечетких когнитивных карт / А.Ю. Егоршин // Интеллектуальные системы обработки информации и управления: сб. ст. Рег. зимн. шк.–сем. аспирантов и молодых ученых. – Уфа: Технология, 2006. – Т. 2. – С. 89–97.

17 Ефимова, М.Р. Общая теория статистики: учебник / М.Р. Ефимова. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 368 с.

18 Заботина, Н.Н. Проектирование информационных систем: учебное пособие / Н.Н. Заботина. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 331 с.

19 Иванова, Г.М. Теплотехнические измерения и приборы / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

20 Каляев, А.В. Однородные управляющие структуры адаптивных роботов / А.В. Каляев и др. – М.: Наука, 1990. – 147 с.

21 Кантарь, И.Л. Автоматизированные рабочие места управленческого аппарата / И.Л. Кантарь. – М.: Наука, 1990. – 128 с.

22 Ключев, А.С. Двухпозиционные автоматические регуляторы и их настройка / А.С. Ключев. – М.: Энергия, 1967.

23 Колесов, Ю.Б. Моделирование систем. Практикум по компьютерному моделированию: учебное пособие / Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. – М.: BNV, 2007. – 352 с.

24 Кугаенко, А.А. Основы теории и практики динамического моделирования социально-экономических объектов и прогнозирования их развития / А.А. Кугаенко. – М.: Вузовская книга, 1998. – 392 с.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56





38 Сидоркина, С.И. Системы искусственного интеллекта / С.И. Сидоркина. – М.: Кнорус, 2011. – 458 с.

39 Степанов, А.Н. Информатика. Базовый курс: учебник / А.Н. Степанов. – СПб.: Питер, 2010. – 720 с.

40 GE Fanuc Automation – «Программируемые устройства управления. Система удаленной периферии и управления Field Control. Инструкции по эксплуатации модулей ввода/вывода». – Ричмонд, 1997. – 207 с.

41 GE Fanuc Automation «Программные продукты SIMPLICITY® для мониторинга и управления» SIMPLICITY HMI, Базовая система Руководство пользователя, GFK-1180H. – Ричмонд, 1999. – 79 с.

42 Silvertch Limited. Bechtel National Inc. – «Российское хранилище делящихся материалов. Автоматизированная система управления. Руководство по аппаратному обеспечению. Руководство по эксплуатации». – Ричмонд, 1999. – 177 с.

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Листинг кода для программного блока HEATER

06-03-18 20:40

GE FANUC SERIES 90-70 (v7.05)

Page 5

```

| [ START OF LD PROGRAM HEATER ] (* Heating System FCU 63IH302A
| *)
|
| [ START OF PROGRAM LOGIC ]
|
|
|          +-----+          +-----+
| +-----+ + ADD_ +-----+ + GE_ +-
| | INT | | | | INT | |
| | | | | | | | | |
| %M00001-+I1 Q+-%M00009 %AI0001-+I1 Q+-----+----- (S)--
| | | | | | | | | |
| CONST -+I2 | | | | | | | | | | %Q00128
| +00005 +-----+ +-----+ +-----+ (R)--
|
| %I00128 %I00129 %M00030 +-----+
| +---] [-----] [-----] [---+ LT_ +-
| | INT | |
| | | | | | | | | |
| %AI0001-+I1 Q+-----+ LE_ +-
| | | | | | | | INT | | %Q00128
| %M00001-+I2 | | | | | | | | | | (S)--
| +-----+ +-----+
| | | | | | | | | |
| %M00017-+I2 | |
| +-----+
|
| +-----+
| +-----+ + GE_ +-
| | INT | |
| | | | | | | | | |
| %AI0001-+I1 Q+-----+----- (R)--
| | | | | | | | | |
| %M00001-+I2 | |
| +-----+
|
| %I00128 %I00129 %M00030 +-----+
| +---] [-----] [-----] [---+ LE_ +-
| | INT | |
| | | | | | | | | |
| %AI0001-+I1 Q+-----+----- (S)--
| | | | | | | | | |
| %M00017-+I2 | |
| +-----+
|
| [ END OF PROGRAM LOGIC ]
|

```

Program: H02\_3

C:\LM90\PROJECT\H02\_3

Block: HEATER

					090301.2018.447 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59