

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

**Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025**

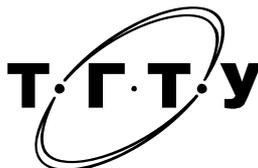
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»**

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебно-методической разработки для студентов 3 курса
очной формы и 4 курса заочной формы, обучающихся по направлению
подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

Учебное электронное издание



Тамбов
Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
2025

УДК 681.5
ББК з965я73-5
Т38

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой САПР
ФГБОУ ВО «ТГТУ»
И. Л. Коробова

Т38 Технические средства автоматизации [Электронный ресурс]: учебно-методическая разработка / сост. : И. А. Елизаров, В. Н. Назаров. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2025. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Системные требования : ПК не ниже класса Pentium IV ; RAM 512 Мб ; необходимое место на HDD 2,0 Мб ; Windows 7/8/10/11 ; дисковод CD-ROM ; мышь. – Загл. с экрана.

Технические средства автоматизации и управления являются основой построения технического обеспечения любой автоматизированной системы управления технологическим процессом.

Курсовая работа по дисциплине «Технические средства автоматизации и управления» является важным этапом в практической подготовке бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах». Курсовая работа посвящена выбору технических средств автоматизации для построения автоматизированной системы управления конкретным технологическим процессом.

Приведены требования к выполнению курсовой работы и рассматривается пример ее выполнения.

Предназначена для студентов 3 курса очной формы и 4 курса заочной формы, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

УДК 681.5
ББК з965я73-5

*Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.*

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»), 2025

ПРЕДИСЛОВИЕ

Курсовая работа по дисциплине «Технические средства автоматизации и управления» занимает важное место в практической подготовке студентов, обучающихся по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» и профилю «Системы и средства управления технологическими процессами».

За последнее десятилетие существенно изменились состав и структура технических средств, применяемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУТП). Современные АСУТП создаются на основе нового поколения микропроцессорных контроллеров с широким спектром функциональных возможностей, интеллектуальных датчиков и исполнительных механизмов с применением локальных вычислительных сетей. Появился новый термин – мехатроника, под которым понимается системное взаимодействие механики и электроники под компьютерным управлением.

ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ТЕМАТИКА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Целью курсовой работы является формирование умения самостоятельной работы по выбору технических средств автоматизации для систем управления технологическими процессами. Знание технических средств автоматизации необходимо и при дипломном проектировании, что позволит специалистам создавать проекты автоматизации технологических процессов и производств, и в практической работе инженера на производстве.

Задачи курсовой работы как этапа подготовки к дипломному проектированию следующие:

- освоение, углубление, обобщение и проверка теоретических знаний и практических навыков по выбору и применению технических средств автоматизации;
- получение навыков по составлению заказной спецификации;
- решение актуальных вопросов в области подготовки по специальности, демонстрация эрудиции и умение автора анализировать проблемы и предложить пути их решения, самостоятельно делать выводы.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

ТЕМАТИКА И СТРУКТУРА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тематика курсовой работы непосредственно связана с тематикой летней производственной практики по изучению конкретных технологических процессов на производстве. Типовая тема курсовой работы «Выбор технических средств автоматизации для системы управления технологическим процессом производства ...».

Пояснительная записка курсовой работы имеет следующую структуру:

- Титульный лист.
- Задание на курсовую работу.
- Аннотация.
- Пояснительная записка, в составе:

Содержание

Введение

1. Описание технологического процесса
2. Требования к выбору основных технических средств автоматизации для построения автоматизированной системы управления
3. Разработка структурной схемы комплекса технических средств
4. Обоснование выбора и выбор основных технических средств автоматизации
5. Составление заказной спецификации

Заключение

Список использованных источников

Содержание основной части курсовой работы определяется руководителем проекта и указывается в задании.

Введение должно содержать цель курсовой работы и основные задачи. Здесь необходимо представить характеристику уровня автоматизации рассматриваемого объекта и показать актуальность темы курсовой работы.

В разделе «*Описание технологического процесса*» приводится описание технологического оборудования и реализуемого на нем технологического процесса на основании информации, полученной в ходе летней производственной практики, а также из литературных источников. При описании приводится алгоритм ведения процесса с указанием точек контроля и управления. В разделе производится анализ процесса как объекта управления (обос-

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

нование выбора регулирующих переменных и управляющих воздействий, анализ возмущающих воздействий).

В разделе «*Требования к выбору основных технических средств автоматизации*» приводятся характеристика объектов автоматизации (состав автоматизируемых аппаратов, агрегатов и др., условия эксплуатации объектов) и перечень каналов контроля и управления с указанием требуемых метрологических характеристик (типов сигналов, диапазонов измерений, точности измерений и др.)

В разделе «*Разработка структурной схемы комплекса технических средств*» предлагается структура комплекса технических средств автоматизированной системы управления рассматриваемым технологическим процессом, дается описание выполняемых функций.

В разделе «*Обоснование выбора и выбор основных технических средств автоматизации*» приводится обоснование выбора методов измерения параметров рассматриваемого технологического процесса и приводится краткое описание выбранных технических средств (датчиков, исполнительных устройств, программируемого логического контроллера и модулей ввода-вывода, вспомогательных устройств).

В разделе «*Составление заказной спецификации*» для всех выбранных технических средств автоматизации приводятся коды заказа с расшифровкой всех полей.

Заключение должно содержать основные результаты выполненной работы.

Список использованных источников приводится согласно ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание».

Ниже приведен пример выполнения курсовой работы.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			5

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Информационные процессы и управление

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

В. Г. Матвейкин
подпись инициалы, фамилия

«___» _____ 2024г.

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине Технические средства автоматизации и управления

на тему:

Выбор технических средств автоматизации АСУТП тепло-влажностной обработки железобетонных изделий

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 – Управление в технических системах
шифр, наименование направления подготовки (специальности)

Системы и средства управления технологическими процессами

Автор работы _____ И.И. Иванов _____ Группа БУТ211
подпись, дата инициалы, фамилия

Обозначение работы ТГТУ.27.03.04.01.006 КР

Обозначение документа ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ТЛ

Руководитель курсовой работы _____ И.А. Елизаров
подпись, дата инициалы, фамилия

Нормоконтролёр _____ В.Н. Назаров
подпись, дата инициалы, фамилия

Работа защищена с оценкой _____

Члены комиссии:

_____ инициалы, фамилия
подпись, дата

_____ инициалы, фамилия
подпись, дата

_____ инициалы, фамилия
подпись, дата

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТАМБОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Информационные процессы и управление

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

В.Г. Матвейкин
подпись инициалы, фамилия

«__» _____ 2024 г.

**ЗАДАНИЕ
НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

по дисциплине Технические средства автоматизации и управления

на тему:

Выбор технических средств автоматизации АСУТП тепло-влажностной обработки
железобетонных изделий

Направление подготовки (специальность) 27.03.04 – Управление в технических системах
шифр, наименование направления подготовки (специальности)
Системы и средства управления технологическими процессами

Обозначение работы ТГТУ.27.03.04.01.006 КР

Обозначение документа ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ЗД

Срок представления работы к защите «__» _____ 2024г.

Исходные данные для проектирования (исследования) Технологическая схема процесса.

Технологический регламент

Перечень подлежащих разработке вопросов:

1 Описание технологического процесса

2 Требования к выбору основных технических средств автоматизации для системы
управления технологическим процессом

3 Разработка структурной схемы комплекса технических средств

4 Обоснование выбора и выбор технических средств

4 Составление заказной спецификации

Руководитель работы

И.А. Елизаров
подпись, дата инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению

И.И. Иванов
подпись, дата инициалы, фамилия

АННОТАЦИЯ

Курсовую работу на тему «Выбор технических средств автоматизации АСУТП тепловлажностной обработки железобетонных изделий» разработал студент группы БУТ211 И. И. Иванов. Руководитель работы – И. А. Елизаров. Год защиты – 2024 г.

В работе рассматривается процесс тепловлажностной обработки железобетонных плит в пропарочных камерах ямного типа. В работе производится описание технологического процесса и составляются требования к выбору основных технических средств автоматизации, предлагается структура комплекса технических средств АСУТП и производится выбор технических средств автоматизации.

Пояснительная записка курсовой работы включает введение, 5 разделов, заключение, список использованных источников и изложена на 32 страницах.

Работа содержит ссылки на 22 использованных литературных источника.

Ключевые слова: тепловлажностная обработка, пропарочная камера, технические средства автоматизации, датчики, исполнительные устройства, спецификация.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			8

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1. Описание технологического процесса тепловлажностной обработки железобетонных изделий.

2. Требования к выбору основных технических средств автоматизации для построения автоматизированной системы управления.

3. Разработка структурной схемы комплекса технических средств.

4. Обоснование выбора и выбор основных технических средств автоматизации.

4.1. Выбор датчиков.

4.2. Выбор исполнительных устройств.

4.3. Выбор программируемого логического контроллера.

4.4. Выбор вспомогательных технических средств автоматизации

5. Составление заказной спецификации

Заключение

Список использованных источников

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Иванов</i>				Выбор технических средств автоматизации АСУТП тепловлажностной обработки железобетонных изделий	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Елизаров</i>						<i>1</i>	
<i>Н контр.</i>	<i>Назаров</i>				9			
<i>Утв.</i>	<i>Матвейкин</i>							

ВВЕДЕНИЕ

Производство строительных материалов – одна из самых бурно развивающихся отраслей народного хозяйства. Постоянно повышающиеся темпы роста в строительстве требуют большого количества разнообразных конструкционных материалов. К таким материалам в первую очередь относится продукция предприятий, производящих железобетонные изделия (ЖБИ).

Бетоном называется искусственный композиционный материал, состоящий из цементного камня, заполнителя и контактного слоя между ними. Основными свойствами, характеризующими бетон в строительстве, являются прочность, долговечность, морозостойкость. Прочность бетона во многом зависит от структуры цементного камня, формирующегося в процессе твердения. Формирование структуры, а следовательно, и структурной прочности цементного камня идет в течение 28 суток, далее скорость реакции резко снижается, и она идет по затухающей кривой.

Скорость нарастания структурной прочности цементного камня, как и скорость любой химической реакции, может быть резко увеличена с повышением температуры среды. Поэтому для ускорения твердения бетона в производстве строительных материалов применяют тепловую обработку в специальных тепловых установках, которая значительно увеличивает оборачиваемость форм и увеличивает выпуск готовых бетонных и железобетонных изделий [1].

На заводах сборного железобетона применяются различные тепловые установки ускоренного твердения бетона, отличающиеся по конструктивным особенностям, виду работы и виду используемого теплоносителя. Наибольшее распространение из них получили пропарочные ямные камеры периодического действия, в которых для тепловой обработки используется острый пар. Использование острого пара дает возможность сохранить влагу в материале, уменьшить пересушивание бетона. Поэтому тепловую обработку бетона с условием сохранения влаги в материале называют тепловлажностной обработкой (ТВО).

Существующая система управления процессом производства ЖБИ обладает рядом существенных недостатков: большая доля ручного труда; загруженность аппаратчиков, действия которых не отличаются особой опера-

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

тивностью в экстремальных ситуациях; малая точность поддержания требуемых параметров в результате того, что регулирование производится вручную, что не обеспечивает точного соблюдения технологических норм и не позволяет оптимально вести процесс. К тому же использование устаревших приборов, установленных по месту на технологическом оборудовании, не дает полной информации о ходе технологического процесса и состоянии технологического оборудования. В связи с современными требованиями к системе управления процессом производства ЖБИ целью курсовой работы является выбор технических средств автоматизации для построения системы управления процессом производства железобетонных плит.

Автоматизация процесса ТВО с использованием современных технических средств и микропроцессорных контроллеров позволит в результате более гибкого и плавного управления процессом стабилизировать качество продукта, снизить процент бракованной продукции. Это позволит сократить расходные нормы сырья, снизить потребление энергоресурсов и увеличить мощность установки, что приведет в конечном итоге к снижению себестоимости выпускаемой продукции.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>			

1. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Завершающим этапом технологического процесса производства бетонных и железобетонных изделий является тепловая обработка в специальных тепловых установках, которые обеспечивают повышение скорости твердения бетона.

На ООО «БЗСК» тепловлажностную обработку железобетонных плит осуществляют в безнапорных пропарочных камерах ямного типа, в которых в качестве теплоносителя используется острый пар.

На рисунке 1.1 представлена схема безнапорной пропарочной камеры ямного типа. Основными элементами ямной камеры являются: стенки (поз. 1 и 2), пол (поз. 3), съемная крышка (поз. 4), а также система вентиляции и паропроводов, снабженных регулирующей и запорной арматурой [2].

Стенки камеры (поз. 1 и 2) выполнены из железобетона толщиной от 250 до 400 мм. Такие стенки являются прочными, малотеплопроводными и непроницаемыми для паровоздушной смеси. Пол камеры (поз. 3) делают также из железобетона, для стока конденсата в канализацию через конденсатоотводчик (поз. 11) пол имеет наклон (0,005...0,010).

Крышка камеры представляет собой плоский металлический каркас, заполненный теплоизолирующим материалом (минеральной ватой), и обшитый стальными листами толщиной 1,5...2,0 мм.

Для предупреждения утечки паровоздушной среды через неплотности, образуемые крышкой и стенками камеры, применяются гидравлические или песчаные затворы. Гидравлический или песчаный затвор представляет собой корыто из швеллера (поз. 5), лежащего на верхнем обресе стен, в который при опускании крышки упирается ребро уголка (поз. 6), укрепленного по всему его периметру. Швеллер заполняется водой (гидравлический затвор) или песком (песчаный затвор).

Пар подается в камеру через закольцованную перфорированную трубу (поз. 7), расположенную у пола камеры по ее периметру. В ямных камерах избыточное давление паровоздушной среды не превышает 400 Па. Для создания небольшого избыточного давления в камере устанавливается так называемая обратная труба (поз. 10), которая соединяет внутренний объем камеры с атмосферой. На обратной трубе имеется гидравлический клапан или водяной затвор, позволяющий поддерживать в камере заданное избыточное давление.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

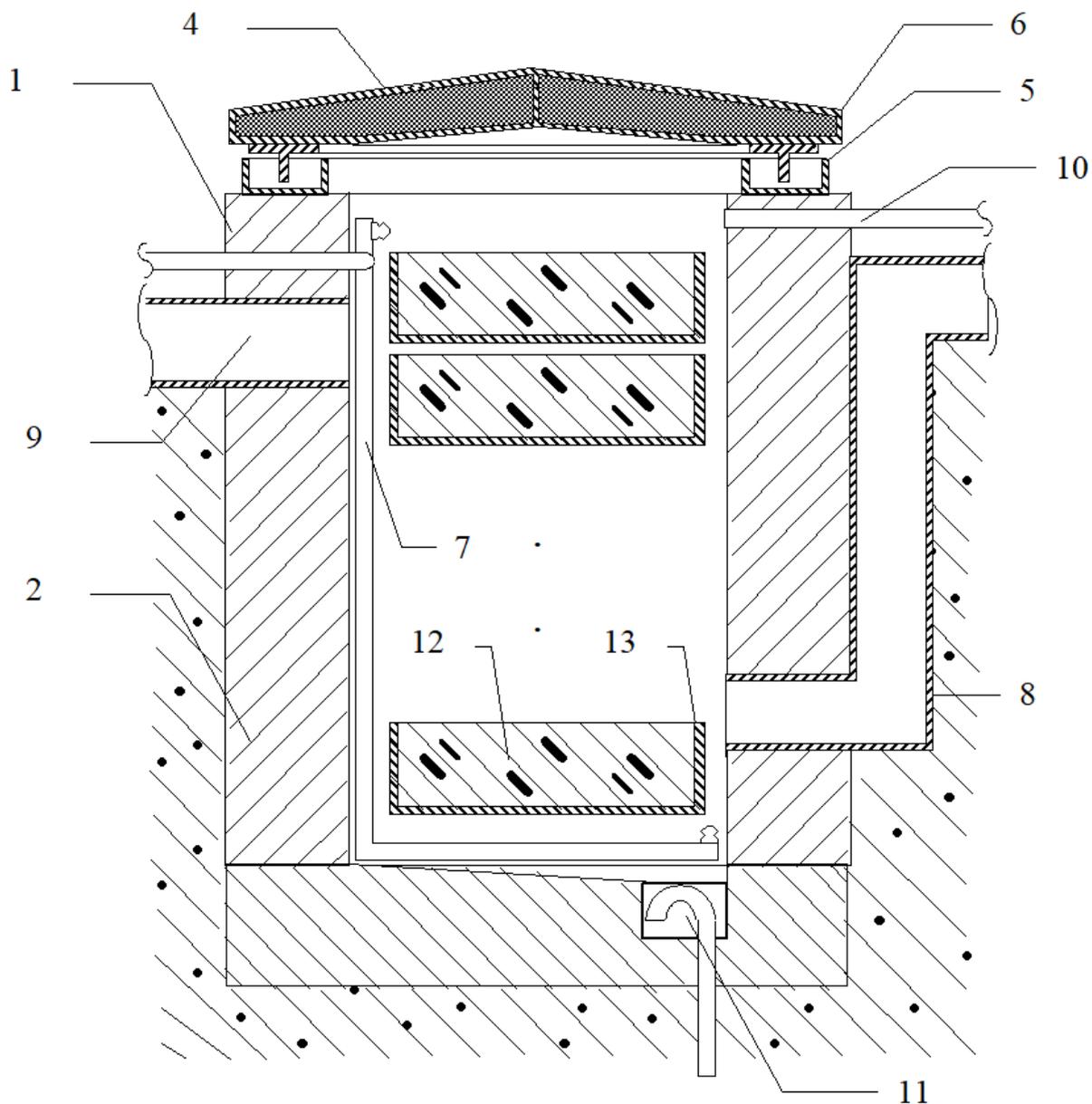


Рисунок 1.1 – Общий вид пропарочной камеры ямного типа:

- 1 – выступающая стенка; 2 – заглубленная стенка; 3 – пол камеры; 4 – крышка;
 5 – швеллер гидрозатвора крышки; 6 – уголок гидрозатвора крышки;
 7 – перфорированная труба; 8 – вытяжной канал; 9 – приточный канал;
 10 – обратная труба; 11 – гидрозатвор пола; 12 – изделия; 13 – формы

Для предупреждения попадания пара в цех при выгрузке изделий, а также для охлаждения изделий до их выгрузки предусматривается вытяжная (приточная) вентиляция. С помощью вентиляционного канала камера соединяется с общим вентилятором, обслуживающим 4 – 6 и более камер. Вытяжной и приточный канал камеры (поз. 8 и 9) герметизируются клапанами или водяными эжекторными затворами.

В камеру с помощью направляющих, в качестве которых используют опорные стойки, краном загружают изделие в формах (поз. 12, 13). Каждая форма от следующей изолируется прокладками из металла для того, чтобы пар обогревал формы со всех сторон.

Упрощенная технологическая схема процесса ТВО ЖБИ в пропарочных камерах показана на рис. 1.2. После загрузки изделий камеру закрывают и включают подачу пара. Пар, поступая в установку, смешивается с воздухом, нагревает его, образуя паровоздушную смесь. Одновременно пар конденсируется на изделиях, ограждении камеры, нагревает их поверхность, и сам в виде конденсата удаляется через конденсатоотводчик.

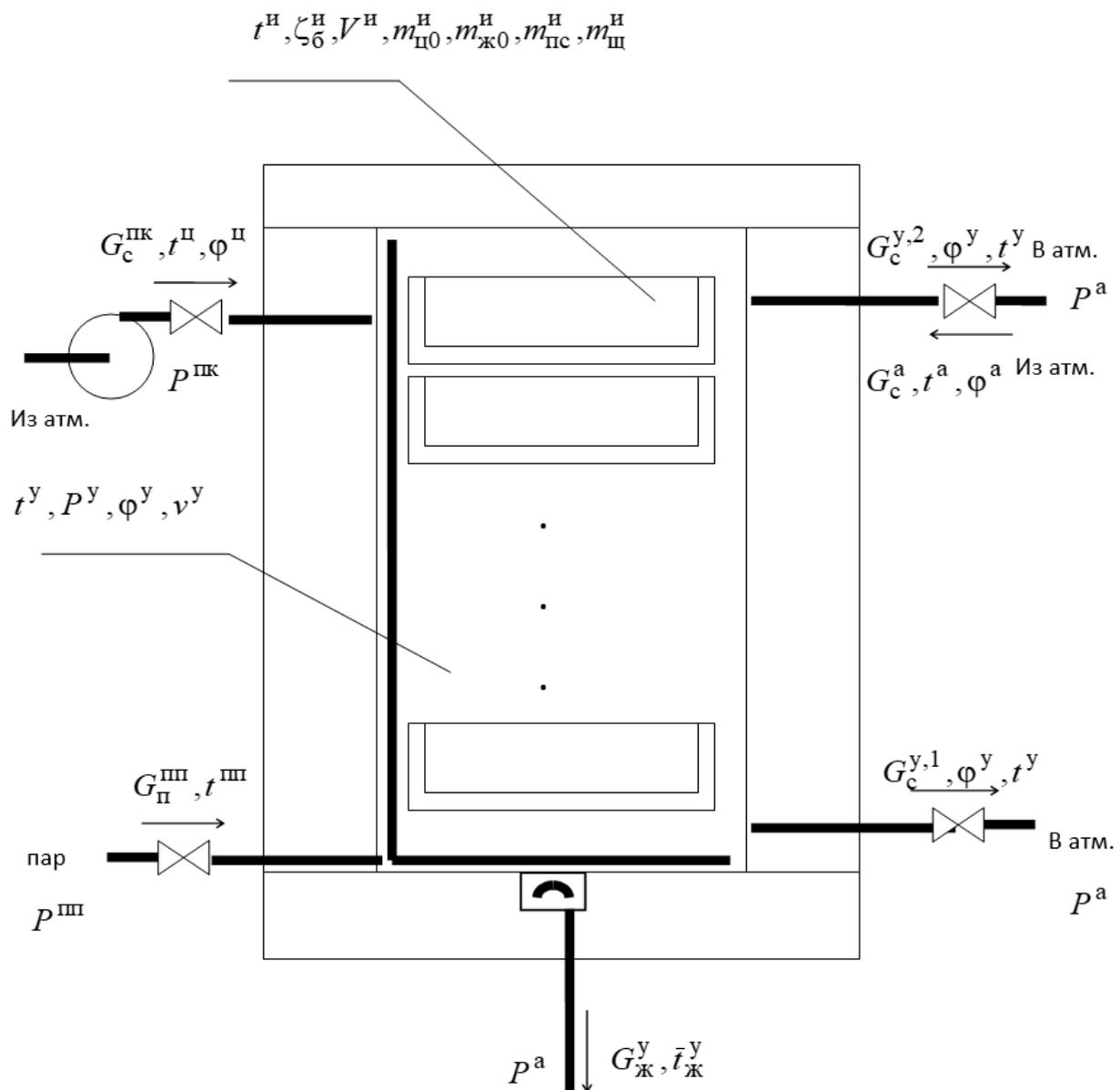


Рисунок 1.2 – Технологическая схема процесса ТВО ЖБИ

Процесс воздействия создаваемой среды на помещенный в установку бетон можно представить в виде функции температуры среды в установке в зависимости от времени (рис. 1.3). Эту зависимость называют кривой или режимом тепловлажностной обработки бетона, которая характеризуется следующими технологическими параметрами: временем участков предварительной выдержки τ_1 , нагрева τ_2 , изотермической выдержки τ_3 и охлаждения τ_4 , а также температурой изотермической выдержки t_3 и конца участка охлаждения t_2 .

Тепло в изделиях распространяется за счет теплопроводности и движущейся внутри материала массы влаги и воздуха. В результате нагрева изделий резко ускоряется ряд физико-химических процессов в бетонной смеси, которые формируют структуру бетона, определяющую его технические свойства.

Передвижение влаги и воздуха по материалу, а также изменение полей температуры, влажности и давления в твердеющем бетоне воздействуют на формирующуюся структуру материала. Если образующаяся структура материала не в состоянии противостоять силе, с которой передвигается масса, слагающейся с силой возникающих температурных, влажностных напряжений и давления, то эта структура в большей или меньшей степени может разрушаться. Поскольку с увеличением скорости нагрева эти силы нарастают, то нагрев изделий ведут с определенной, безопасной для нарушения структуры скоростью [2].

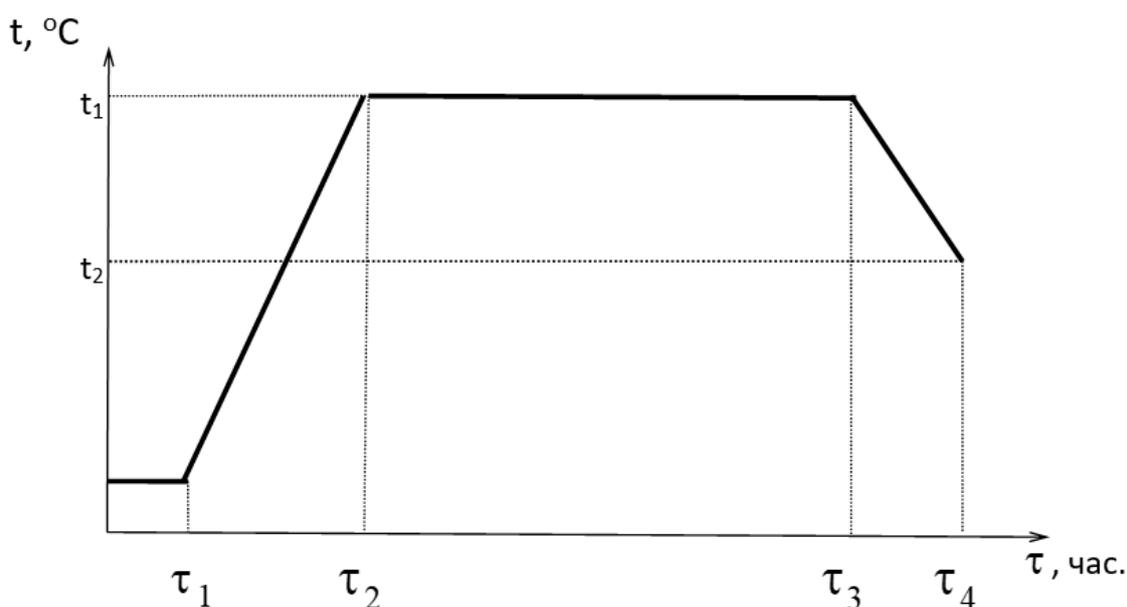


Рисунок 1.3 – Графики стандартного температурного режима ТВО ЖБИ

Скорость нагрева бетона определяется по максимально допустимому перепаду температуры между центром и открытой поверхностью изделия. Этот перепад зависит от состава бетона, конструкции форм, вида изделия, условий взаимодействия паровоздушной смеси с изделием, степени завершенности формирования структуры. Чтобы уменьшить влияние деструктивных процессов и соответственно увеличить скорость нагрева, применяют предварительное выдерживание бетона перед тепловой обработкой. Этот период называют периодом предварительной выдержки. Предварительное выдерживание бетона до тепловой обработки позволяет за счет увеличения скорости нагрева в целом сократить длительность цикла.

Нагрев изделий проводят до некоторой максимальной температуры прогрева, зависящей в основном от вида цемента, и которая, например, для портландцемента составляет 85...90 °С. Дальнейшее повышение температуры не приводит к росту прочности бетона, а иногда наблюдается некоторое ее снижение. Время от начала подъема температуры до его окончания называют периодом нагрева.

Далее изделие выдерживают в камере при достигнутой температуре, при этом в материале продолжают химические реакции и структурообразование. Кроме того, в бетоне снижается напряженное состояние за счет выравнивания полей температур, влажности и давления, ибо температура в установке в этот период не изменяется. Это так называемый период изотермической выдержки. Длительность его определяется скоростью выравнивания температурного поля и кинетикой химической реакции.

Далее наступает следующий период – период охлаждения. В этот период прекращают подачу пара и установку начинают вентилировать воздухом. Поступающий воздух охлаждает поверхность изделий и ограждения камеры, при этом с открытой поверхности бетона начинает испаряться влага, что приводит к еще большему охлаждению. За счет интенсивного удаления влаги процессы кристаллизации и структурообразования бетона резко усиливаются, материал цементируется. Однако в это время между поверхностью и центральными областями материала начинают возрастать перепады температур, влагосодержания и давления, возрастает массоперенос внутри материала. Эти процессы опять начинают воздействовать на структуру материала и могут снова привести к ее частичному разрушению. Поэтому, так же как нагрев, охлаждение ведется с определенной – безопасной для нарушения структуры скоростью, которая определяется по максимально допустимому перепаду температур между центром и поверхностью изделий.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

Охлаждение проводят до достижения значения перепада температур между открытой поверхностью бетона и окружающей среды не более 40 °С, так как иначе в изделии могут возникнуть значительные необратимые деформации.

Анализ процесса как объекта управления

Технологический процесс тепловлажностной обработки ЖБИ является сложным объектом управления. Эта сложность выражается прежде всего в многомерности и многосвязности. Независимые переменные технологического процесса подвергаются возмущающим воздействиям, причем из-за взаимосвязанности параметров изменение одной или нескольких независимых переменных приводит к изменению многих зависимых величин. Восстановление номинального режима достигается за счет соответствующего воздействия на процесс также со стороны независимых переменных.

Из основных переменных объекта управления можно выделить три группы. Одни могут быть использованы в автоматической системе как регулируемые (управляемые) величины, другие – как управляющие воздействия, третьи являются возмущающими воздействиями, которые в свою очередь можно разделить на контролируемые и неконтролируемые.

Для процесса тепловлажностной обработки ЖБИ управляемыми (выходными) параметрами являются температура паровоздушной смеси в пропарочной камере и температура внутри изделия.

Возможные регулирующие воздействия – расход греющего пара и расход охлаждающего воздуха (или иначе – степени открытия запорно-регулирующей арматуры на соответствующих трубопроводах).

Возмущающими воздействиями являются: температура охлаждающего воздуха, начальная температура ЖБИ, влажность греющего пара, давление и температура греющего пара, водоцементное отношение бетона.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

2. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫБОРУ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Комплекс технических и программных средств АСУ ТП должен обеспечивать реализацию всех функций с минимальными затратами и необходимой точностью и должен базироваться на серийно выпускаемых средствах автоматизации и вычислительной техники.

2.1. Характеристика объектов автоматизации

Основные объекты процесса тепловлажностной обработки:

- пропарочные камеры ямного типа;
- трубопроводы подачи острого пара в пропарочные камеры;
- трубопроводы системы вентиляции пропарочных камер;
- вентиляционный насос.

Пропарочные камеры находятся в зоне со следующими климатическими условиями:

- температура окружающего воздуха – от -10 до $+45$ °С;
- относительная влажность – от 65 до 95% при 25 °С;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Щитовое помещение расположено вне пределов цеха в зоне со следующими климатическими условиями:

- температура окружающего воздуха – от $+10$ до $+30$ °С;
- относительная влажность – от 65 до 85% при 25 °С;
- атмосферное давление – от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

Вещества и реагенты, используемые при тепловлажностной обработке железобетонных изделий, не являются пожаровзрывоопасными и при автоматизации может быть использовано оборудование и технические средства в общепромышленном исполнении.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			18

2.2. Требования к функционалу АСУТП ТВО ЖБИ

АСУТП ТВО ЖБИ должна быть построена как двухуровневая система управления. Верхний уровень должен быть представлен автоматизированным рабочим местом оператора (АРМ), выполненным на базе IBM PC совместимого компьютера. Нижний уровень образуют современные микропроцессорные средства управления, датчики, преобразователи, исполнительные механизмы.

Взаимодействие между уровнями (АРМом и контроллерами) должно осуществляться посредством сети Ethernet.

Устройство связи с объектом должны предусматривать возможность работы с термометрами сопротивления или термопарами, унифицированными токовыми сигналами 4...20 мА.

Автоматизированная система управления должна предусматривать два режима работы:

- автоматизированный;
- дистанционный.

Датчики, устанавливаемые на технологическом оборудовании, должны иметь степень защиты от попадания пыли и воды не ниже IP65. Контроллеры, устройства связи с объектом, преобразователи устанавливаются в щитовом помещении в защитных шкафах. Жестких требований к степени защиты не устанавливается (рекомендуется не ниже IP20).

Техническое обеспечение АСУТП ТВО ЖБИ должно обеспечивать:

- мониторинг технологических параметров, состояния технологического оборудования, состояния исполнительных органов;
- автоматизированное и дистанционное управление двигателями приточной вентиляции, клапанами приточно-вытяжной вентиляции камер и клапанами подачи пара в пропарочные камеры;
- прием информации от всех датчиков температуры, давления, расхода, положения исполнительных механизмов. Перечень измерительных каналов представлен в табл. 2.1;
- сигнализацию и регистрацию отклонений параметров и отказов оборудования, а также элементов и блоков АСУТП.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			19

Таблица 2.1 – Перечень входных и выходных сигналов

№ п/п	№ поз.	Наименование параметра	Тип прибора	Диапазон измерения	Ед. изм.	Тип сигнала	
						I/O	AI/AO DI/DO
		Пропарочные камеры № 1 – 4					
1	TE 1-1	Температура паровоздушной среды в пропарочной камере		0...150	°С	AI	4...20 мА/ТСМ
2	TE 2-1	Температура внутри изделия в камере		0...150	°С	AI	4...20 мА/ТСМ
3		Управление запорно-регулирующим клапаном на линии подачи пара		Больше/ Меньше		DO	220 VAC имп.
4		Управление запорно-регулирующим клапаном на линии отвода воздуха		Больше/ Меньше		DO	220 VAC имп.
5		Управление запорным клапаном на линии подвода воздуха		Откр/Закр		DO	220 VAC имп.
6	ZT 3-1	Положение клапана на линии подачи пара		0...100	%	AI	4...20 мА
7	ZT 4-1	Положение клапана на линии отвода воздуха		0...100	%	AI	4...20 мА
		Коллектор пара					
8	TT 6-1	Давление пара		0...3	бар	AI	4...20 мА
9	FT 7-1	Расход пара		0...100	м ³ /ч °С	AI	4...20 мА
10	TE 8-1	Температура пара		0...200	°С	AI	4...20 мА/ТСМ
11		Количество пара на технологию			м ³		Modbus
		Насос вентиляции					
12	3-4	Управление двигателем насоса вентиляции		Вкл/Выкл		DO	220 VAC имп.

3. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

АСУТП строится как человеко-машинная система, работающая в темпе технологического процесса (режиме реального времени) и содержащая технологический, обслуживающий персонал, комплекс технических средств (КТС) и программного обеспечения (ПО).

В данной работе предлагается двухуровневая распределенная структура КТС АСУТП (рис. 3.1). На верхнем уровне управления координируется работа пропарочных камер, производится централизованный контроль за состоянием пропарочных камер и взаимодействие с подсистемами нижнего уровня АСУТП.

С точки зрения технических средств верхний уровень реализуется компьютером в офисном или промышленном исполнении с установленной SCADA-системой.

Подсистемы нижнего уровня обеспечивают реализацию управляющих функций АСУТП с высокой степенью независимости от центрального вычислительного комплекса и могут быть реализованы на базе контроллеров ПЛК160 компании ОВЕН. Каждый контроллер управляет своим участком (пропарочной камерой).

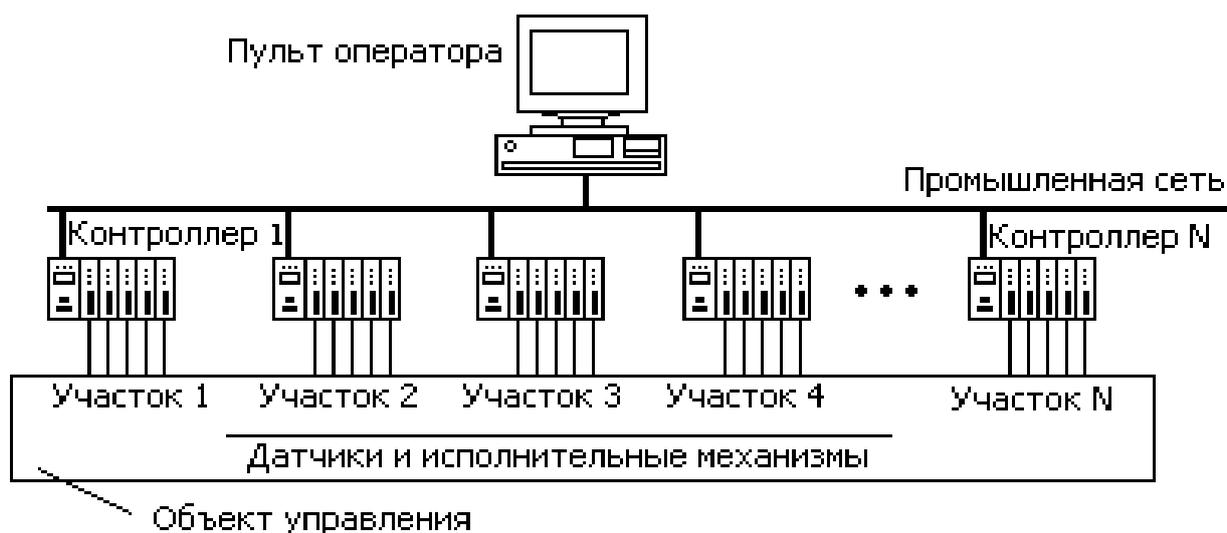


Рисунок 3.1 – Структура КТС

4. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА И ВЫБОР ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

При выборе технических средств автоматизации необходимо учитывать:

- вид и характер технологического процесса;
- условия пожаро- и взрывоопасности, климатические условия окружающей среды;
- агрессивность и токсичность окружающей среды;
- параметры и физико-химические свойства измеряемой среды;
- расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля;
- требуемая точность и быстродействие средств автоматизации.

На основании вышеизложенных рекомендаций проведем выбор технических средств автоматизации, обеспечивающих проведение процесса в соответствии с регламентными требованиями.

Управление производством осуществляется из операторского помещения, в котором находятся автоматизированное место оператора, шкафы автоматики. С помощью выбранных технических средств предусматривается контроль, регулирование и сигнализация следующих параметров: температура, расход, давление.

4.1. Выбор датчиков

В качестве датчика температуры паровоздушной среды в пропарочных камерах используется термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ДТС065М (рис. 4.1), диапазон измерения 0...150 °С, выходной сигнал 4...20 мА. Чувствительный элемент первичного термопреобразователя и встроенный в головку датчика измерительный преобразователь преобразуют измеряемую температуру в унифицированный токовый выходной сигнал, что дает возможность построения систем АСУТП без применения дополнительных нормирующих преобразователей. Этот же тип датчика может быть использован для измерения давления пара в коллекторе, при этом при заказе указывается диапазон измерения 0...200 °С. Производитель датчиков ДТС065М – компания ОВЕН.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			



Рисунок 4.1 – Датчик температуры ДТС065М

В качестве датчика температуры внутри изделия в камере используется кабельный термопреобразователь ДТС114 (рис. 4.2) с номинальной статической характеристикой Pt100. Датчик вручную закладывается на время пропарки в железобетонную плиту, а затем при окончании процесса вытаскивается из плиты. Производитель датчика – компания ОВЕН.



Рисунок 4.2 – Датчик температуры ДТС114

Для измерения избыточного давления пара в коллекторе выбран современный высокотемпературный интеллектуальный датчик давления серии СДВ-SPECIAL (рис. 4.3) компании НПК «ВИК». Специализированные малогабаритные интеллектуальные датчики давления СДВ-SPECIAL применяются для работы с высокотемпературными средами измерения до +200 °С. Использование высокостабильных сенсоров и современной микропроцессорной электроники обеспечивает выпуск приборов высокой надежности с межповерочным интервалом 5 лет. Датчики в зависимости от модификации имеют широкий выбор выходных интерфейсов 4...20 мА, 0,4...5,5 В, RS-485, CAN. В настоящей работе выбран датчик с выходным сигналом 4...20 мА.



Рисунок 4.3 – Высокотемпературный датчик давления СДВ-SPECIAL

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			23

Измерение объемного расхода пара осуществляется с помощью современного вихревого счетчика-расходомера «ЭМИС-ВИХРЬ 200» (рис. 4.4) производства ЗАО «Эмис». Расходомер имеет набор выходных сигналов: аналоговый 4...20 мА, дискретные/импульсные, цифровой с интерфейсом RS-485 и поддержкой протокола Modbus RTU.



Рисунок 4.4 – Вихревой расходомер «ЭМИС-ВИХРЬ 200»

4.2. Выбор исполнительных устройств

Для регулирования давления пара в коллекторе, регулирования температуры паровоздушной смеси в пропарочных камерах используются односедельные запорно-регулирующие клапаны от ГК «Авангард» (г. Старый Оскол) 25ч945нж с электроприводом REGADA серии ST (рис. 4.5).



Рисунок 4.5 – Запорно-регулирующие клапаны 25ч945нж с электроприводом REGADA серии ST

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			24

Клапан с электрическим исполнительным механизмом (электроприводом) 25ч945нж предназначен для использования на центральных и индивидуальных тепловых пунктах (ЦТП и ИТП), системах горячего водоснабжения, вентиляционных системах и в других областях народного хозяйства для автоматического регулирования технологических процессов. Уплотнение в затворе «металл по металлу» позволяет увеличить диапазон температуры рабочей среды до +300 °С.

Электрические исполнительные механизмы Regada серии ST являются исполнительными механизмами управления запорными и запорно-регулирующими клапанами. Обеспечивают полное позиционное управление данным видом арматуры во всем диапазоне своих параметров. Все приводы оснащены концевыми выключателями и муфтой ограничения крутящего момента. Электроприводы рассчитаны на работу в повторно-кратковременном режиме.

4.3. Выбор программируемого логического контроллера

Реализация алгоритмов регулирования и управления осуществляется на базе отечественного компактного программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК160 (рис. 4.6). Контроллеры ПЛК160[M02] используются для построения систем автоматизации среднего уровня и распределенных систем управления. Они обладают достаточно мощными вычислительными ресурсами (процессоры с частотой до 400 МГц, ОЗУ – до 16 Мб), несколькими последовательными портами RS-232 и RS-485, имеют порт Ethernet для включения в локальные или глобальные сети верхнего уровня. Программирование контроллеров осуществляется в среде CoDeSys v2.3 (по умолчанию).

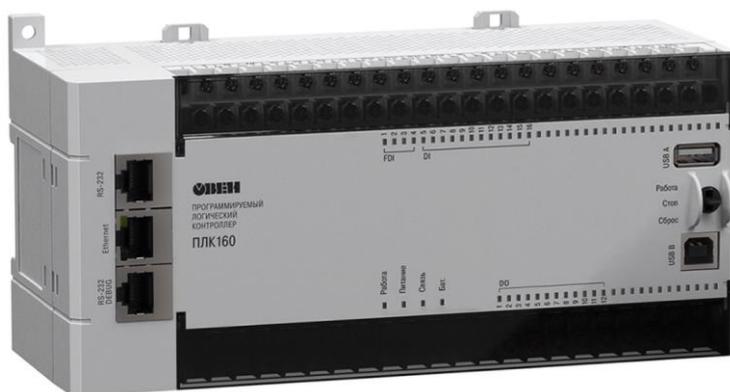


Рисунок 4.6 – Контроллер ОВЕН ПЛК160[M02]

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			25

У контроллеров ПЛК160 на борту имеется набор дискретных входов-выходов (16DI + 12DO) и аналоговых входов-выходов (8AI + 4АО). Аналоговые входы-выходы ориентированы на работу с унифицированными сигналами тока и напряжения (4...20 мА, 0...10 В).

4.4. Выбор вспомогательных технических средств автоматизации

Для измерения температуры в изделиях используются термометры сопротивления с номинальной статической характеристикой Pt100. Для согласования выходного сигнала термометра сопротивления и аналоговых входов контроллера необходимо использовать нормирующий преобразователь. Для этой цели выбран нормирующий преобразователь НПТ-1К (рис. 4.7) производства компании ОВЕН. Преобразователи НПТ-1К – универсальные преобразователи сигналов термометров сопротивлений, термомпар, сопротивлений и потенциометров в унифицированные сигналы тока и напряжения: 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 мА, 0...10 В, 0...5 В, 2...10 В.

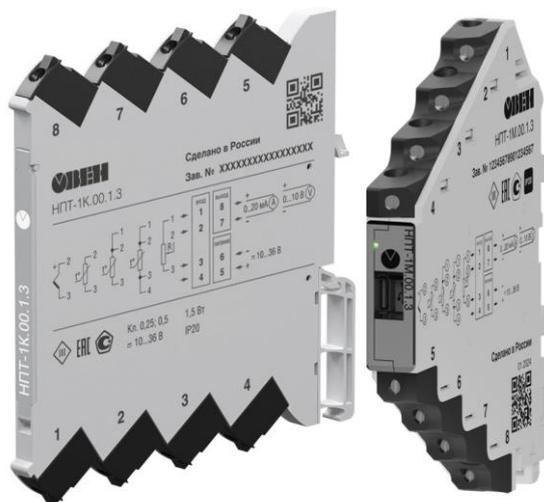


Рисунок 4.7 – Нормирующий преобразователь НПТ-1К

Для управления импульсными электрическими исполнительными механизмами используются пускатели бесконтактные реверсивные серии «МикроСТАРТ-Р» (модель МСТ-110Р). Пускатели МСТ-110Р (рис. 4.8) – компактные реверсивные бесконтактные (полупроводниковые) пускатели на DIN-рейку для реверсивного управления электроприводами с электродвигателями напряжением 220 В.



Рисунок 4.8 – Пускатели бесконтактные реверсивные серии МСТ

Для управления двигателем насоса вентиляции может быть использован электромагнитный контактор, рассчитанный на коммутацию нагрузки соответствующей мощности, например компании ИЕК.

Двигатель вентилятора имеет напряжение питания 380 В и номинальный ток потребления 15 А. Для управления им может быть использован электромагнитный контактор КМИ-34012 40 А (рис. 4. 9), рассчитанный на ток нагрузки до 40 А, напряжение катушки управления 220 В переменного тока.



Рисунок 4.9 – Электромагнитный контактор КМИ-34012

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			27

5. СОСТАВЛЕНИЕ ЗАКАЗНОЙ СПЕЦИФИКАЦИИ

Для измерения температуры паровоздушной смеси в пропарочной камере используется термометр сопротивления с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА ДТС065М (компания ОВЕН).

Код заказа ДТС065М-РТ100 . 0,25 . 400 . МГ . И [3 -].

Расшифровка кода:

- ДТС065М – конструктивное исполнение датчика (модель);
- РТ100 – условное обозначение НСХ РТ100;
- 0,25 – класс точности, %;
- 400 – длина монтажной части, мм;
- МГ – металлическая головка;
- 3 – диапазон преобразования (0...150 °С).

Для измерения температуры пара в коллекторе используется аналогичный датчик ДТС065М, только он имеет диапазон измерения 0...200 °С.

Код заказа ДТС065М-РТ100 . А . 400 . МГ . И [73 -],

где 73 – обозначение диапазона преобразования 0...200 °С.

Для измерения температуры в изделии используется термометр сопротивления ДТС114 (компания ОВЕН).

Код заказа: ДТС114-РТ100 . А . 3 . 120 . 3.

Расшифровка кода:

- ДТС114 – конструктивное исполнение датчика (модель);
- РТ100 – условное обозначение НСХ РТ100;
- А – класс допуска: А;
- 3 – схема внутренних соединений проводников: трехпроводная;
- 120 – длина монтажной части, мм;
- 3 – длина кабельного вывода, м.

Для преобразования сигналов температурных датчиков в унифицированный сигнал используется нормирующий преобразователь НПТ-1К.

Код заказа: НПТ-1К.00.1.3,

где 1К – конструктивное исполнение: корпус толщиной 6,1 мм.

Для измерения давления пара в коллекторе используется высокотемпературный датчик давления СДВ-SPECIAL (НПК «ВИК»).

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

Код заказа: **СДВ-ВТ2-И-0,4-4-20МА-D3В02-0605-3-K20.**

Расшифровка кода:

- СДВ – датчики давления семейства СДВ;
- ВТ2 – невзрывозащищенные датчики давления для работы со средой измерения и температурой до +200 °С;
- И – измерение избыточного давления;
- 0,4 – верхний предел измерений датчика, МПа;
- 4-20 МА – Выходной аналоговый сигнал, линейно возрастающий;
- D – микропроцессорная обработка сигнала;
- 3 – климатическое исполнение –50... +80 °С (УХЛЗ.1);
- В – полная погрешность в диапазоне температур измеряемой среды 20...200 °С составляет 0,8%;
- 0 – температурная погрешность;
- 2 – присоединение к процессу: штуцер М20×1,5;
- 0 – встроенная индикация: без индикации;
- 605 – электрический соединитель: Вилка «4pin» GSP под DIN 43650 А (IP65);
- 3 – диапазон напряжений питания: 12...36 В для 4...20 МА;
- К20 – конструктивное исполнение: титановый сплав ВТ-9 / Сталь 12Х18Н10Т.

Для измерения расхода пара используется вихревой счетчик-расходомер «ЭМИС-ВИХРЬ 200».

Код заказа: **ЭМИС-ВИХРЬ 200-050 А-Г Н Ф1 Е – 1,6 135 СИО С.**

Расшифровка кода:

- ЭМИС-ВИХРЬ 200 – Наименование изделия;
- 050 – типоразмер преобразователя (ДУ трубопровода): 50 мм;
- А – класс точности А;
- Г – измеряемая среда: газ / насыщенный пар / перегретый пар;
- Н – материал проточной части: сталь 20Х13;
- Ф1 – соединение с трубопроводом: фланцевое по ГОСТ 33259;
- Е – исполнение уплотнительной поверхности: выступ;
- 1,6 – максимальное давление измеряемой среды: до 1,6 МПа;

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			29

- 135 – максимальная температура измеряемой среды: до +135 °С;
- СИО – индикатор: встроенный индикатор с оптической клавиатурой;
- С – версия электронного блока: базовая.

Для управления технологическим процессом ТВО ЖБИ используется контроллер ПЛК160 (компания ОВЕН).

Код заказа: **ПЛК160-24.И-М.**

Расшифровка кода:

- ПЛК160 – наименование изделия;
- 24 – напряжение питания: 9...30 В постоянного тока (номинал – 24 В);
- И – тип встроенного выходного элемента: 4...20 мА;
- М – система исполнения ПЛК: ограничение 100 кбайт.

Для управления импульсными электрическими исполнительными механизмами используются пускатели бесконтактные реверсивные МСТ-110Р (ООО «НПФ Битек»).

Код заказа: **МСТ-110Р БМДК.648600.009ТУ.**

Для управления электродвигателем используется электромагнитный контактор КМИ-34012 (ГК «ИЕК»).

Код заказа: **КМИ-34012 40А 230В/АС3 1НО 1НЗ ИЭК.**

Расшифровка кода:

- КМИ-34012 – наименование изделия;
- 40А – ток коммутации;
- 230 В – напряжение питания катушки;
- 1НО 1НЗ – тип контактов (нормально открытый, нормально закрытый).

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовой работе поставлена и решена задача выбора технических средств автоматизации для АСУТП тепловлажностной обработки железобетонных изделий. При этом выполнено следующее:

- рассмотрена технология тепловлажностной обработки железобетонных изделий;
- проведен анализ процесса тепловлажностной обработки железобетонных изделий как объекта управления, определены управляемые переменные и управляющие воздействия;
- разработаны требования к выбору технических средств для автоматизации технологического процесса тепловлажностной обработки железобетонных изделий;
- разработана структурная схема комплекса технических средств;
- произведен выбор основных технических средств автоматизации: датчиков температуры, давления, расхода, запорно-регулирующих клапанов с электроприводом, нормирующих преобразователей, электромагнитных пускателей и бесконтактных реверсивных пускателей;
- составлены коды заказа оборудования для формирования заказной спецификации.

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			31

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михайлов, К. В. Производство сборных железобетонных изделий: справочник / К. В. Михайлов. – М. : Стройиздат. – 1989. – 447 с.
2. Лагутин, А. В. Математическое моделирование и оптимальное управление процессом тепловлажностной обработки: На примере производства железобетонных изделий : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.07 / А. В. Лагутин. – Тамбов, 1999. – 186 с.
3. ДТСхх5М.И – Термопреобразователи сопротивления с выходным сигналом 4...20 мА. – URL : https://owen.ru/product/dtshh5_termosoprotivleniya_s_vihodnim_signalom_420_ma (дата обращения: 30.01.2025).
4. ДТСхх4 – Термосопротивления с кабельным выводом. – URL : https://owen.ru/product/dtshh4_termosoprotivleniya_s_kabel_nim_vivodom/specifications (дата обращения: 30.01.2025).
5. Преобразователи расхода вихревые «ЭМИС-ВИХРЬ 200 (ЭВ-200)». РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ. ЭВ-200.000. 000.000.00РЭ Часть 1 30.01.2025 V1.2.5. АО «ЭМИС», Челябинск.
6. ПЛК160 [M02] – программируемый контроллер для средних систем. – URL : <https://owen.ru/product/plk160> (дата обращения: 30.01.2025).
7. НПТ – линейка нормирующих преобразователей на DIN-рейку. – URL : https://owen.ru/product/npt_1k_1m/specifications (дата обращения: 30.01.2025).

					ТГТУ.27.03.04.01.006 КР ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.			

Учебное электронное издание

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Учебно-методическая разработка

Составители:

ЕЛИЗАРОВ Игорь Александрович
НАЗАРОВ Виктор Николаевич

Редактор Л. В. Комбарова
Графический и мультимедийный дизайнер Т. Ю. Зотова
Обложка, тиражирование, упаковка Л. В. Комбаровой

Подписано к использованию 20.08.2025.
Тираж 50 шт. Заказ № 93

Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ»
392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106/5, помещение 2, к. 14.
Тел./факс (4752) 63-81-08.
E-mail: izdatelstvo@tstu.ru