



Система управления тепловлажностной обработкой железобетонных изделий

Юрий Смирнов

Внедрение представленной в статье системы управления тепловлажностной обработкой железобетонных изделий привело к существенной экономии энергоресурсов и повышению качества выпускаемой продукции. Система обладает широкими возможностями по контролю и управлению технологическим процессом. Автоматизация основных операций и развитый пользовательский интерфейс позволяют значительно снизить требования к квалификации оператора. Используемые в системе аппаратно-программные решения обеспечивают её высокую надёжность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на заводах сборного железобетона для ускорения процесса твердения повсеместно используется термообработка отформованных изделий в пропарочных камерах. Изделия загружаются в камеру, камера закрывается и подаётся пар. Контроль режимов термообработки, как правило, производится «на глазок», в лучшем случае — с использованием ртутных термометров или самописцев для регистрации температуры. Регулирование подачи пара производится вручную. Естественно, что это приводит к перерасходу энергоресурсов и в некоторых случаях к ухудшению качества изделий.

Анализ факторов теплопотребления показывает, что для экономии энергоресурсов следует решить три основные задачи.

1. Контроль загрузки камер. Степень загрузки камер изделия непосредственно влияет на удельный расход тепла, соответствующие цифры приведены в справочниках. Камера должна быть полностью загруженной. Однако часто происходит обратное: камера включается недогруженной или в неё загружаются изделия малого объёма, то есть значительная часть камеры

занята формами или поддонами, в которых загружаются изделия.

2. Точное соблюдение режима термообработки. Это позволяет исключить перерасход энергоресурсов и получить качественные изделия, без трещин и других дефектов.

3. Оптимизация режимов термообработки. При заданной прочности изделий это позволяет получить экономию энергоресурсов. Многочасовое пропаривание при 80°C в современных условиях — непозволительная роскошь.

Для решения данных задач в ООО «Рыбинскэнергожелезобетон» была

создана система управления тепловлажностной обработкой «Экон», которая полностью заменила устаревшую контрольно-измерительную аппаратуру (рис. 1). Система «Экон» построена на базе современной вычислительной техники и к настоящему времени внедрена также на нескольких заводах Ярославля и Рыбинска.

НАЗНАЧЕНИЕ, ИСПОЛНЕНИЕ И ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ СИСТЕМЫ

Система предназначена для автоматического управления камерами тепловлажностной обработки железобетонных изделий и ведения учёта результа-



Рис. 1. Устаревшая контрольно-измерительная аппаратура, на смену которой пришла система «Экон»



Рис. 2. Запорно-регулирующий клапан подачи пара

Таблица 1

Основные технические характеристики системы

Количество камер	48
Погрешность измерения температуры	$\pm 0,2^{\circ}\text{C}$
Погрешность поддержания температуры	$\pm 2^{\circ}\text{C}$
Пределы регулирования давления пара	80...500 кПа
Погрешность поддержания давления пара	± 30 кПа
Напряжение питания унифицированных датчиков	24/36 В
Напряжение цепей управления исполнительными механизмами	220 В
Ток нагрузки	1,0 А
Средний срок службы при круглосуточном режиме работы	10 лет с учётом проведения восстановительных работ
Потребляемая мощность	Не более 200 В·А

тов работы. Количество камер до 48. Каждая камера имеет датчик температуры и клапан управления подачей пара. Камеры территориально объединены в группы, каждая из которых может иметь свою систему вентиляции.

Система изготовлена в исполнении УХЛ, категория размещения 4 по ГОСТ 15150-69 и должна эксплуатироваться в закрытых отапливаемых помещениях при температуре $0...+45^{\circ}\text{C}$. Воздействие механических нагрузок по ГОСТ 17516-72 для группы МЗ.

Электропитание системы управления осуществляется от однофазной сети переменного тока напряжением 187...242 В с частотой 50 Гц. Показатели качества электроэнергии должны соответствовать ГОСТ 13109-87.

Основные технические данные и характеристики

Система управления обеспечивает:

- автоматическое управление камерами в соответствии с заданным для каждой из них технологическим процессом, основными операциями которого являются предварительная выдержка, нагрев, изотермическая выдержка, охлаждение, вентилирование;
- нагрев или охлаждение ступенями, с промежуточной выдержкой (количество ступеней до 10);
- автоматическую регистрацию параметров реализуемых технологических процессов;
- измерение температуры, давления и расхода пара;
- учёт расхода пара и расчёт удельного расхода;
- автономную работу камер при выключенном управляющем компьютере после загрузки задания на технологические процессы для каждой камеры;
- диагностику состояния оборудования;

- подготовку отчётов.

Основные технические характеристики системы отражает табл. 1.

Порядок функционирования системы

Система управления предоставляет технологу широчайшие возможности по организации и оптимизации технологического процесса. Приведём некоторые из них:

- контроль степени загрузки каждой камеры изделиями (для начала технологического процесса требуется указать наименование и количество загруженных изделий, пользуясь встроенным справочником изделий, и система автоматически рассчитывает коэффициент загрузки камеры; при недостаточной загрузке система требует указать фамилию лица, ответственного за включение этой камеры);
- задание даты и времени начала технологического процесса для каждой из камер (это позволяет произвести пропарку ночью или в выходной день, когда стоимость пара ниже);
- задание для каждой камеры времени и характеристики подъёма температуры (по линейному закону, на максимальной скорости, ступенями, ступенями с промежуточной выдержкой, а также их комбинацией; количество ступеней до 10);
- задание времени и характеристики охлаждения (произвольной, линейной, ступенями и т.д.) для каждой камеры;
- задание режима работы вентиляторов камер;
- ведение справочника изделий и справочника типовых технологических процессов;

- регистрация температуры и периода включения каждой камеры, регистрация температуры воздуха в цехе, температуры, давления и расхода пара, вывод всей накопленной информации в графическом виде для анализа;
- учёт потреблённого пара и расчёт удельного расхода пара на 1 м^3 бетона;
- ведение архива выполненных технологических операций;
- печать отчётных документов.

Это неполный перечень, иллюстрирующий возможности системы, которая с одинаковым успехом позволяет работать по «устоявшимся» типовым заданиям и производить экспериментальную отработку новых технологических режимов.

Несмотря на многообразие возможностей, работать с системой может даже неквалифицированный оператор: достаточно для соответствующих камер указать загруженные изделия, пользуясь справочником изделий, и выбрать технологический процесс из справочника типовых технологических процессов, а затем дать команду «Начать техпроцесс».

Далее система работает автоматически. В заданное время включается запорно-регулирующий клапан подачи пара (рис. 2), и после достижения на входе в камеры заданного давления пара, которое затем автоматически поддерживается системой, открываются клапаны подачи пара (рис. 3) в заданные камеры. Температура в камерах контролируется по показаниям датчиков температуры и поддерживается системой посредством регулирования подачи пара в каждую камеру.

В процессе работы производится непрерывный контроль состояния оборудования и при обнаружении отклонений параметров технологического процесса от нормы или отказов оборудования выполняется аварийное отключение неисправной камеры. При отсутст-



Рис. 3. Электромагнитный клапан подачи пара в камеру

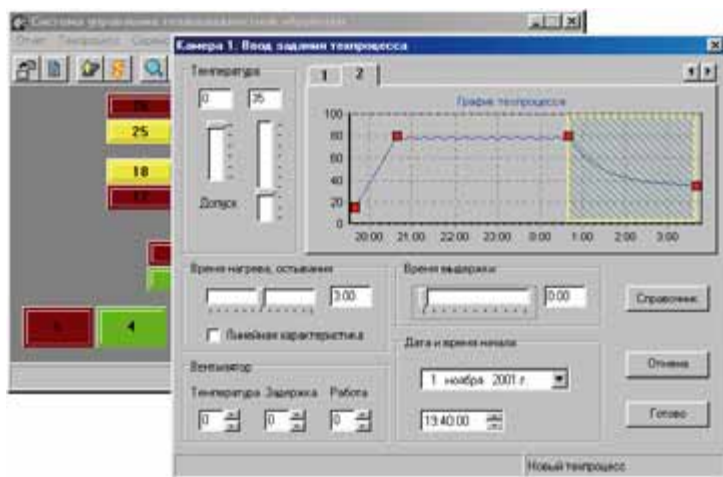


Рис. 4. Главное окно системы управления тепловлажностной обработкой и окно ввода задания

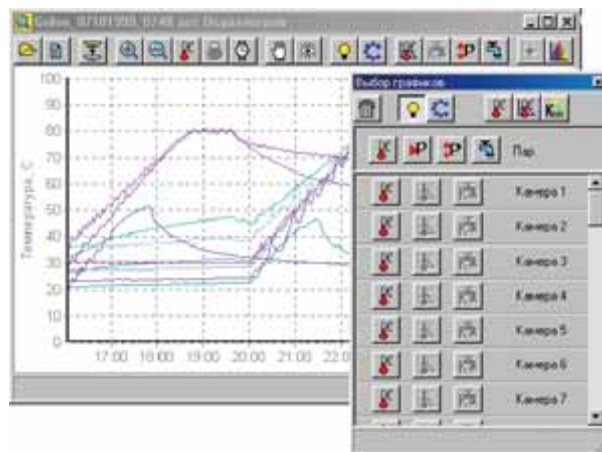


Рис. 5. Окно просмотра («Осциллограф») и выбора графиков

вии давления пара в магистрали или при проблемах с электропитанием производится аварийный останов системы с последующим восстановлением прерванных технологических процессов. Важной особенностью является то, что система управления пытается самостоятельно устранить возникшую проблему (если это возможно) и только после нескольких неудачных попыток производит отключение неисправной

камеры или полный аварийный останов. Даже после полного аварийного останова система делает определённую паузу (от нескольких минут до нескольких часов — устанавливается в параметрах системы) и вновь пытается восстановить технологический процесс.

Система работает под управлением IBM PC совместимого промышленного контроллера, который обеспечивает

ввод данных с датчиков, обработку данных и вывод управляющих команд на исполнительные органы, а также регистрирует и сохраняет во флэш-памяти параметры выполняемых технологических процессов и параметры состояния оборудования. Во флэш-память контроллера при монтаже системы записываются параметры камер и другого технологического оборудования, параметры ПИД-регуляторов,

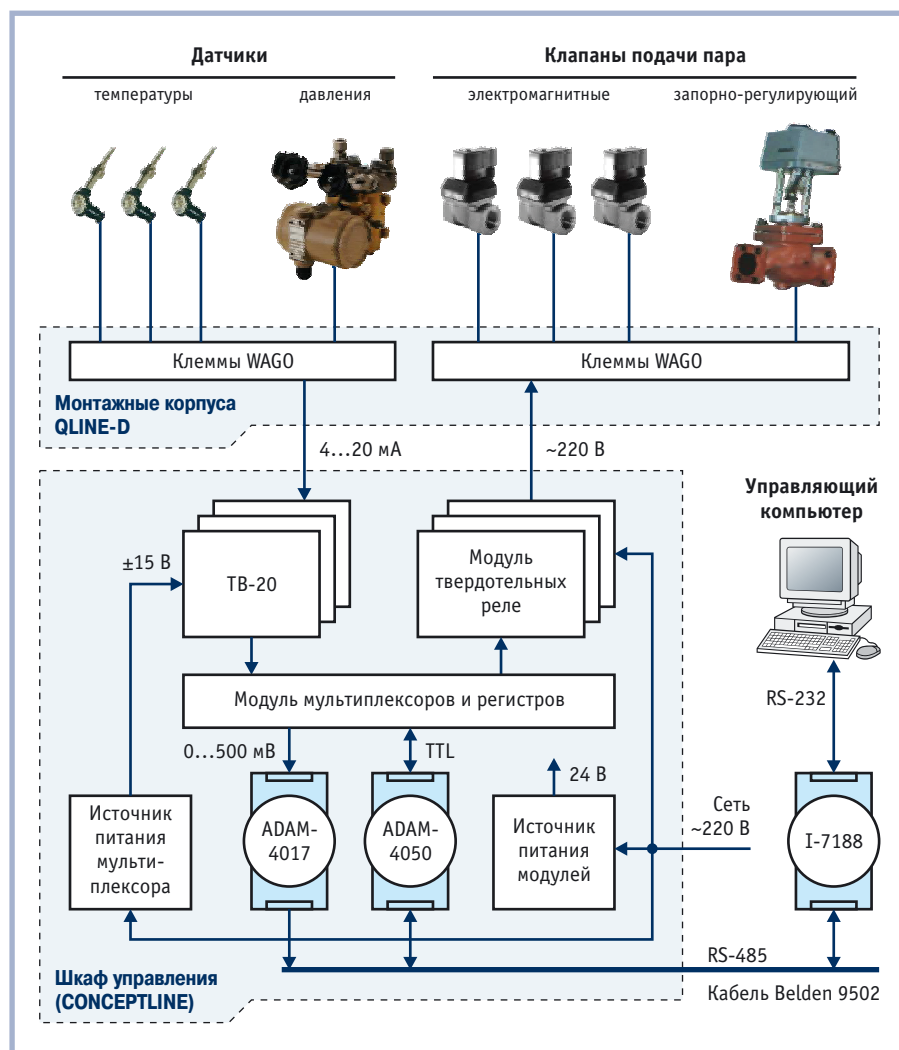


Рис. 6. Структурная схема системы управления тепловлажностной обработкой

нормализаторов входных сигналов, цифровых фильтров, таблица логических каналов, ключи доступа и т.д. Программное обеспечение (ПО) контроллера написано на языке C++ и работает в среде ROM-DOS. Контроллер соединён по каналу RS-232 с управляющим компьютером.

Управляющий компьютер обеспечивает цветное графическое отображение процесса работы оборудования, позволяет оператору вводить данные, хранит справочник изделий и справочник типовых технологических процессов, подготавливает и хранит отчёты о выполненных заданиях и управляет контроллером. ПО управляющего компьютера создано в среде C++ Builder и работает под управлением Windows.

После запуска ПО компьютера открывается главное окно, в котором показана мнемосхема расположения камер в цехе (рис. 4). Состояние каждой камеры показано соответствующим цветом: коричневый — отключена, серый — свободна, синий — загружена изделиями, голубой — готова к работе,

жёлтый — идёт технологический процесс, зелёный — технологический процесс завершён, красный — авария, розовый — выполнен аварийный останов технологического процесса оператором. Посредством щелчка кнопки мыши при расположении её указателя в поле изображения камеры выполняется определённое (в зависимости от состояния камеры) действие: загрузка изделий, задание технологического процесса (рис. 4), включение режима мониторинга для анализа состояния системы в реальном масштабе времени. Режим мониторинга предполагает построение прямо в процессе работы графиков изменения параметров, которые позволяют непосредственно наблюдать за ходом технологического процесса, а если он ещё не начался или уже завершён, то за температурой в камерах и параметрами пара в текущий момент времени.

Для просмотра в графическом виде параметров технологических процессов предназначено окно «Осциллограф» (рис. 5). Технолог имеет возмож-

ность просматривать непосредственно во время работы по текущим данным (режим мониторинга) или на основе накопленных в архиве данных следующие параметры и характеристики технологического процесса: задание, температуру в камерах, период включения камер, температуру пара, давление пара в магистрали, регулируемое давление пара, расход пара, температуру в цехе, гистограмму периода включения камер, а также ошибки, зафиксированные системой управления. Предусмотрен выбор масштаба представления графиков с помощью соответствующих кнопок панели инструментов или мыши. Кроме того, на панели инструментов имеются кнопки генерации отчёта о технологическом процессе, вычисления общего расхода пара и расхода за выделенный в окне «Осциллограф» период времени, инициации показа гистограммы периода включения камер. Если указатель мыши поместить в область графика на линию характеристики и щелкнуть левой кнопкой, на панель состояния выводится тип графика, значение температуры или давления, дата и время в этой точке. Например: «Камера 3. Температура 38°C. Дата 10.10.2004. Время 14:27», «Входное давление пара 620 кПа. Дата 10.10.2004. Время 14:30». Кроме того, выделенная характеристика подсвечивается. Одновременно может быть открыто до шести окон «Осциллограф», в которых может быть выведена любая доступная информация.

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМЫ

Структурная схема системы управления тепловлажностной обработкой представлена на рис. 6. Управляющие функции выполняет контроллер связи I-7188, который имеет ОЗУ 256 кбайт, флэш-память 512 кбайт, последовательные порты RS-232 и RS-485, порт консоли, сторожевой таймер, часы реального времени и совместим с операционной системой ROM-DOS. По каналу RS-232 контроллер соединён с управляющим компьютером, а по каналу RS-485 (кабель Belden 9502) — со шкафом управления (рис. 7).

Шкаф управления выполнен на базе конструктива CONCEPTLINE (фирма Schroff). В шкафу установлены модули аналогового ввода ADAM-4017 и цифрового ввода-вывода ADAM-4050 фирмы Advantech (могут использоваться и аналогичные им модули ряда I или



Рис. 7. Шкаф управления

RIO), модуль мультиплексора и регистров, модули твердотельных реле (Cosmo), источники питания. Для подключения аналоговых сигналов к модулю мультиплексора используются клеммные платы ТВ-20 (Fastwel). Шкаф управления соединён кабелями с датчиками и клапанами подачи пара, для подключения которых в местах установки оборудования используются

Назначение выходов ADAM-4050

7	6	5	4	3	2	1	0
Данные для канала N мультиплексора				Строб	Адрес канала N мультиплексора		

монтажные корпуса QLINE-D (Schroff) с клеммами WAGO. Для фиксации кабелей используются кабельные вводы RST.

Модуль мультиплексора и регистров (собственная разработка) позволяет увеличить количество аналоговых входов системы до 56 и количество цифровых выходов до 64. Для управления используются цифровые выходы модуля ADAM-4050, разбитые в соответствии с табл. 2 на три группы: адрес канала N мультиплексора, данные для канала N мультиплексора и строб, определяющий выбор полурегистра (4 младших или 4 старших разряда одного из восьми регистров выходных цифровых данных).

Время переключения каналов мультиплексора определяется длительностью цикла измерения в модуле ADAM-4017. Возможное искажение данных на одном из аналоговых кана-

лов из-за отсутствия синхронизации модуля мультиплексора и регистров с модулем ADAM-4017 компенсируется программно (статистическая фильтрация).

Достаточно длительный период опроса датчиков для данной системы не является критичным, поскольку изменение температуры в технологическом процессе происходит относительно медленно.

Для измерения температуры используются медные термосопротивления ТСМУ-205 (Элемер) с унифицированным выходным сигналом 4...20 мА. Такой же выход имеют датчики давления «Сапфир».

Компьютер и контроллер находятся в помещении заводской лаборатории, остальные элементы системы расположены в местах установки оборудования и удалены от лаборатории на 450 м. Шкаф управления CONCEPTLINE и монтажные корпуса QLINE-D, оснащенные герметизирующими кабельными вводами RST, обеспечивают для элементов системы степень защиты IP64.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Внедрение в ООО «Рыбинскэнерго-железобетон» системы управления тепловлажностной обработкой «Экон» позволило снизить удельный расход пара на 1 м³ бетона с 0,32 Гкал/м³ до 0,11 Гкал/м³.

Опыт эксплуатации системы «Экон» показал её высокую надёжность при круглосуточном режиме работы. Отказов по вине системы не зафиксировано. Функциональные возможности системы «Экон» в полной мере удовлетворяют потребности производства. На систему получено «Свидетельство на полезную модель» № 24575.

В настоящее время на основе описанного комплекта оборудования и аппаратных решений создаётся новая система управления тепловой обработкой для кассетного производства железобетонных изделий и щелевых камер.

Автор — ПБОЮЛ
Смирнов Юрий Николаевич
Телефон: (0855) 21-8782