

## Введение

Часто на руководство предприятий, имеющих в своём хозяйстве сушильные камеры построенные 20-30 лет назад ложиться задача, что делать со столь хлопотным, обветшавшим хозяйством: оборудование морально устарело; металлические узлы и механизмы разрушены коррозией; энергоёмкая технология неприменима в нынешнее время; автоматика примитивна и не отвечает современным требованиям; большой процент деформированного и растресканного пиломатериала приводит к остановке работы камеры и как следствие - экономическая нецелесообразность её дальнейшей эксплуатации. Возникает вопрос: снести старые камеры и приобрести в замен новые, или дать вторую «жизнь» имеющимся.

Возводимые ранее сушильные камеры, как правило, строились из строительных материалов и металла. Анализ обследований ограждающих конструкций камер показывает, что они имеют достаточно большой потенциал по прочности и после небольших вложений способны послужить ещё достаточно долго. Остаётся только перевооружить имеющиеся корпуса современным оборудованием, способным проводить процесс сушки в автоматическом режиме, исключая в столь сложной технологической цепи «человеческий фактор».

Действенную помощь в вопросе модернизации или самостоятельного строительства сушильных камер, оснащения их современным и качественным оборудованием, способна предложить компания «САЛМА», с аккумулировавшая в себе многолетний опыт оказания помощи в данном направлении, именно это оборудование является новейшем на рынке сушильных установок.

Применение наиболее передовых технических достижений – это основное условие, позволяющее сохранить конкурентоспособность нашей организации на рынке. Знание проблем тех, кто работает в отрасли, производит продукцию и торгует лесом – наиболее важно для понимания нужд заказчика.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Для сокращения выхода брака и увеличения объема реализуемой продукции, я предлагаю заменить имеющуюся систему автоматического регулирования на более совершенную, в основе которой будет использоваться оборудование итальянской торговой марки HOLZMEISTER.

Предлагаемая модернизация потребует вложение определенных финансовых средств, но ожидаемый экономический эффект должен покрыть все капиталовложения. Планируется получить прибыль от продажи дополнительного качественного объема продукции и сократить экономические затраты на переработку бракованной продукции.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

## 1. Описание технологического процесса

### 1.1. Устройства сушильной камеры

Сушильная камера для древесины - это сложный механизм, состоящий из нескольких элементов оборудования, каждый из которых выполняет свои функции. К элементам оборудования сушильной камеры относятся:

- ограждения,
- тепловое оборудование,
- система циркуляции,
- система воздухообмена,
- увлажнение,
- системы контроля за процессом сушки и автоматика;
- котло-агрегат.

#### 1.1.1. Ограждения сушильных камер

Ограждения сушильных камер - это конструкции, которые отделяют сушильное пространство от окружающей среды. Это стены, двери и перекрытия сушильной камеры.

Наружная обшивка сушильной камеры является оцинкованный профнастил, внутренняя обшивка – алюминий, теплоизоляция.

Расположение дверей сушильная камера ATRIA CP-50 относится к тупиковому виду с фронтальной загрузкой штабелей. Подъемно – откатная дверь, обеспечивает удобство при загрузке камеры.

#### 1.1.2. Тепловое оборудование

Тепловое оборудование камер с водяным теплоносителем состоит из нагревательных элементов, соединительных труб и запорной арматуры.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Нагревательные элементы - калориферы изготавливаются нами из биметаллических труб с алюминиевым обрешением. Теплоноситель - горячая вода.

Мощность калориферов пропорциональна объёму загрузки сушильной камеры. Лесосушильная камера ATRIA CP-50 позволяет проводить процесс сушки в мягких режимах. Для обеспечения калориферов горячим теплоносителем рядом с камерой построена котельная с одним котлоагрегатом. Циркуляция теплоносителя в сушильной камере осуществляется двумя насосами переменного действия.

Температура в сушильной камере регулируется производительностью водогрейной установки, вручную шаровым краном или вентилем с сервоприводом. При использовании сервопривода, температура теплоносителя на входе в сушильную камеру должна быть постоянной - 95 °С.

### 1.1.3. Система циркуляции

Система циркуляции сушильной камеры служит для организации принудительного движения агента сушки через штабель.

В сушильной камере ATRIA CP-50 установлена система циркуляции с осевыми вентиляторами, которая состоит из четырех вентиляторных установок (для каждой камеры), панели вентиляторов, электрошкафа и фальшпотолка. Каждая вентиляторная установка включает в себя осевой вентилятор, насаженный на вал электродвигателя. Здесь применены импортные электродвигатели тропического исполнения с изоляцией класса Н (температура до 105 °С, влажность 100 %, степень защиты IP 55).

В сушильных камерах производства ATRIA с осевыми вентиляторами используется горизонтально-поперечный обдув штабеля.

Осевые вентиляторы камеры реверсивные, переключение направления циркуляции осуществляется автоматически. Применяемые осевые вентиляторы, изготавливаются из алюминиевого сплава. Лопasti вентиляторов литые, имеют крученый профиль и направлены в одну сторону. Для снижения пусковой нагрузки

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

при включении вентиляторных установок, используется системы циркуляции с поочерёдным включением электродвигателей вентиляторов.

Электрошкаф входит в стандартный комплект поставки сушильной камеры. Он обеспечивает подключение напряжения сети 380 В частотой 50 Гц к вентиляторным установкам. В электрошкаф может монтирована система автоматики и дополнительное электрооборудование, расширяющее возможности сушильной камеры. При изготовлении электрошкафа для управления осевыми вентиляторами в нём устанавливается световая индикация вращения вентиляторов. Она позволяет оператору отслеживать работоспособность каждого вентилятора, не заходя в сушильную камеру.

#### **1.1.4. Система воздухообмена**

Система воздухообмена сушильной камеры обеспечивает поддержание требуемой влажности сушильного агента. Она состоит из приточно-вытяжных труб с шиберными заслонками. Для изготовления приточно-вытяжных труб может применяться алюминий.

Управление системой вентиляции камеры сушки осуществляться через серводвигатели (электроприводы). Серводвигатель с системой автоматики позволяют открывать или закрывать заслонки системы воздухообмена без участия оператора, что круглосуточно гарантирует соблюдение режима сушки древесины и получение пиломатериалов необходимого качества. Атмосферный воздух (сухой) подаётся в сушильную камеру через приточный канал, а влажный удаляется через вытяжной. Система воздухообмена встраивается в ограждениях сушильной камеры.

#### **1.1.5. Система увлажнения**

Система увлажнения используется для проведения процесса влаго-теплообработки пиломатериалов. Влажно-теплообработка необходима для снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений, возникающих в процессе камерной

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

сушки древесины. Под влаго-теплообработкой могут употребляться понятия: тепло-влагообработка, пропарка или промежуточный прогрев.

Для управления системой увлажнения применяется система автоматики, обеспечивающая порционную подачу воды в сушильную камеру. Давление воды в водопроводе для нормального рассеивания должно быть 2-3 атмосферы. При включении открывается электромагнитный клапан, вода по системе металлопластиковых трубопроводов и через бронзовые форсунки распыляется внутри сушильной камеры. Количество форсунок равняется количеству нагревательных элементов сушильной камеры. Для предотвращения засорения форсунок в системе устанавливается фильтр с металлической сеткой. Периодически фильтр необходимо выкручивать и чистить. Потребление электроэнергии минимально и идёт только на открытие/закрытие электромагнитного клапана.

### **1.1.6. Автоматика сушильной камеры**

Автоматика сушильных камер – это автоматические системы управления процессом сушки, которые обеспечивают качественную сушку пиломатериалов в автоматическом режиме путем воздействия на исполнительные механизмы сушильной камеры согласно заданной программе.

Режим или программа сушки выбирается оператором в зависимости от породы древесины пиломатериалов, их толщины, начальной и конечной влажности. Управление процессом сушки заключается в создании и поддержании в течение определенного времени заданного режима сушки (температуры и влажности сушильного агента). Системы контроля используются для постоянного измерения текущей влажности пиломатериалов в нескольких точках штабеля, температуры и относительной влажности сушильного агента внутри камеры на протяжении всего процесса сушки древесины.

Системы автоматики нескольких сушильных камер могут быть объединены в единую сеть и подключены к персональному компьютеру. Оператор с монитора компьютера имеет возможность:

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- начинать и завершать процесс сушки по выбранной программе
- корректировать программы [сушки древесины](#)
- наблюдать за параметрами сушки и состоянием механизмов в камерах
- просматривать и распечатывать графики технологических процессов сушки

### **1.1.7. Котел водогрейный**

Котел водогрейный (КВУ) предназначен для производства и передачи сетевым насосным агрегатом тепловой энергии потребителю, посредством нагретого до требуемой температуры, теплоносителем. Котел водогрейный (КВУ) служит для использования в технологических циклах сушки пиломатериала в сушильных камерах. Поддержание заданного значения температуры теплоносителя на прямой линии обеспечивается автоматическим регулированием подачи топлива в топку.

### **1.2. Режимы сушки пиломатериалов**

Камерная сушка пиломатериалов складывается из ряда технологических и контрольных операций, выполняемых в определенной последовательности:

- Подготовка камеры к сушке и определения начальной влажности пиломатериалов
- Выбор режима сушки
- Начальный прогрев древесины
- Сушка по определенному режиму
- Конечная влаго-теплообработка и кондиционирование.

Подготовка камеры к сушке заключается в очистке ее от мусора и пыли, проверке работоспособности теплового и вентиляторного оборудования, состояния рельсовых путей и трековых тележек. Одновременно с подготовкой камеры производят правильную укладку пиломатериалов в штабель.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Знание начальной влажности пиломатериалов необходимо для:

- выбора начальной ступени режима сушки
- назначения начального прогрева
- определения продолжительности сушки.

Выбор режима сушки зависит от трех основных факторов:

- породы,
- толщины
- назначения пиломатериала, подлежащего сушке.

В зависимости от назначения высушиваемых пиломатериалов устанавливается категория качества (I, II, III, 0) и режим сушки (мягкий, нормальный, форсированный).

Выбор режима сушки:

Зная режим сушки (мягкий, нормальный или форсированный), а также породу и толщину пиломатериалов, выбирают номер режима сушки согласно ГОСТ 19773-84.

Начальный прогрев древесины:

Начальный прогрев древесины производят с целью быстрого ее прогрева до температуры начальной ступени сушки. Для этого древесину определенное время выдерживают в воздухе повышенной температуры и влажности или в чистом насыщенном паре. Влажность материала при этом не должна изменяться.

Температуру паровоздушной смеси в камере во время прогрева поддерживают выше температуры начальной ступени режима сушки, но не выше 100°C:

- для древесины лиственницы и твердых лиственных пород на 5°C
- для древесины мягких хвойных пород и лиственных пород на 8°C.

После достижения требуемой температуры психрометрическую разность температур воздуха поддерживают на уровне (0,5...1,5)°C.

Продолжительность начального прогрева зависит от многих факторов (породы, толщины и ширины материала, скорости циркуляции сушильного

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		



агента и т.п.). Древесину прогревают до тех пор, пока температура поверхности доски практически сравняется с температурой в ее центре.

Ориентировочно продолжительность начального прогрева может быть принята для пиломатериалов хвойных пород при температуре наружного воздуха  $t > 0^{\circ}\text{C}$  (1...1,5)ч, а при  $t < 0^{\circ}\text{C}$  (1,5...2)ч на каждый сантиметр их толщины. Для пиломатериалов мягких лиственных пород эта продолжительность увеличивается на 25%, а твердых пород – на 50%. Например, продолжительность начального прогрева березовых пиломатериалов толщиной 32 мм в зимний период составит:  $2 \times 3,2 \times 1,25 = 8\text{ч}$ .

Сушка пиломатериала:

Собственно сушка пиломатериалов по выбранному режиму следует за начальным прогревом. В камере устанавливают и поддерживают заданные режимом сушки параметры сушильного агента. Сушку заканчивают при достижении материалом конечной влажности. Координирование режима сушки по влажности материала сопряжено с рядом трудностей, поэтому в наше время широкое применение получили режимы, координированные по времени.

- Для снятия или уменьшения остаточных внутренних напряжений, возникающих в древесине при сушке, проводят обработку древесины в среде повышенной температуры и влажности, называемую влаго-теплообработкой.

Влаго-теплообработка пиломатериала:

Конечную влаго-теплообработку проводят при достижении древесиной конечной влажности. Обработку проводят в две стадии.

На первой стадии осуществляют увлажнение поверхности пиломатериалов при повышенной температуре путем впуска в камеру пара или распыленной горячей воды при включенных калориферах, работающих в вентиляторах и закрытых приточно-вытяжных каналах. Температуру среды в камере поддерживают на  $8^{\circ}\text{C}$  выше температуры последней ступени режима сушки, но не более  $100^{\circ}\text{C}$ . Психрометрическую разность устанавливают равной  $(0,5...1)^{\circ}\text{C}$ . Если тепловая мощность камеры недостаточна, то допускается

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

проведение конечной влаго-теплообработки при температуре последней ступени режима сушки.

На второй стадии, называемой кондиционированием, проводят подсушку пиломатериалов при одновременном его охлаждении. Снижение температуры достигается путем открытия сначала приточно-вытяжных каналов, а затем дверей камеры. Температуру в камере снижают до (30...40)°С: для пиломатериалов из древесины мягких хвойных пород со скоростью (5...13)°С/ч, а для пиломатериалов из древесины других пород – (3...10)°С/ч. При этом, чем толще пиломатериалы, тем меньше скорость охлаждения. Одновременно с охлаждением материала происходит его подсушка и выравнивание влажности по толщине.

Промежуточной влаго-теплообработке подвергают пиломатериалы, толщина которых превышает:

- для ели, пихты, сосны, кедра, осины, липы, тополя – 60 мм;
- для березы, ольхи – 50 мм;
- для лиственницы, бука, клена – 40 мм;
- для дуба, ильма, ореха, граба, ясеня – 30 мм.

При этом температуру среды устанавливают на 8°С выше, чем на ступени режима сушки, предшествующей обработке, при психрометрической разности (1,5...2)°С.

Общая продолжительность промежуточной обработки и первой стадии конечной обработки приведена в таблице 1. На промежуточную обработку отводится 1/3 общего времени, а 2/3 - на конечную.

Таблица 1.

Толщина, мм	Продолжительность влаго-теплообработок, ч			
	осина, сосна, ель, пихта, кедр, тополь	береза, лиственница, ольха	бук, клен	дуб, ильм, орех, граб, ясень
До 22	1,5	2,0	3,5	4,0
Св. 22 до 32	2,0	3,0	5,0	6,0
Св. 32 до 40	3,0	6,0	10,0	12,0



этой проблемой часто приходится сталкиваться при проектировании камер в разных по размерам помещениях.

Важным показателем качества сушки является величина перепада влажности по толщине пиломатериала и наличие остаточных напряжений в высушенном материале. Эти показатели определяют, выпиливая специальные секции послойной влажности и напряжений (рис.1). Величина этих показателей зависит от степени соответствия параметров в сушильной камере режимным параметрам и точности регулирования параметров процесса. Отклонение этих показателей от нормативных может сказаться в процессе эксплуатации изделий через некоторое время или непосредственно при раскрое пиломатериалов.

Несмотря на то, что в настоящее время в основном применяются мягкие режимы сушки, остаточные напряжения, а также перепад влажности в пиломатериалах в конце процесса могут быть существенными, так как во многих случаях не контролируется и не регулируется степень насыщенности сушильного агента либо используемые регуляторы не обеспечивают требуемой точности регулирования.

Показатели качества сушки определяют при пуске камеры и составлении технического паспорта, а также периодически при изменении характеристики высушиваемого материала, ремонтах камер, переналадке системы управления.

В настоящее время, как правило, качество сушки определяют визуально по наличию видимых дефектов: наружных и внутренних трещин и короблению. По ГОСТу 2140-81 „Пороки древесины“ трещины усушки подразделяются на боковые (пластовые и кромочные) и торцовые. Они измеряются глубиной и протяженностью на соответствующей поверхности.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

## 2. Анализ существующих средств автоматизации

На сегодняшний день на российском и зарубежных рынках существует множество новейшего автоматического оборудования для сушильных камер.

Крупнейшим отечественным производителем сушильных камер и средств для автоматизации камеры является компания ТЕРМОТЕХ г. Брянск. Автоматикой для сушилок этой компании являются три разнонаправленных модуля управления: Модуль С1, Модуль С2, Модуль С3. Кратко рассмотрим каждый из них.

### 2.1. Модуль С1

В оперативной памяти микропроцессорного контроллера "Модуль-С1" заложено 34 программы для сушки древесины, при этом с ПК или микропроцессорного шкафа, возможно, корректировать любую из программ по усмотрению оператора камеры сушки.

Микропроцессорный контроллер имеет интерфейс для подключения к персональному компьютеру. К одному ПК одновременно можно подключить до 16-ти контроллеров, т.е. с одного персонального компьютера можно управлять работой 16-ти автономных камер сушки. ПК может находиться на расстоянии до 1000 м от шкафов управления и камерой сушки.



Рисунок 2.1 – Контролер Модуль С1

						220400.62.0000ВКР00000ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Комплект аппаратных и программных средств автоматической системы управления "Модуль-С1" камерой сушки древесины обеспечивает:

1) Контроль:

- состояние приточно-вытяжных заслонок;
- архив контролируемых параметров;
- влажность пиломатериала кондуктометрическим способом;
- температуры наружного воздуха, сухого и влажного термометров в камере сушки и температуру теплоносителя;
- наличие воды в парогенераторе и ванночке [психрометра](#).

2) Управление камерой сушки через силовой шкаф:

- подпитка водой влажного термометра;
- звуковой и световой аварийной сигнализацией;
- вентиляторами и их реверсом;
- подпитка водой системы увлажнения;
- управление контуром водяного обогрева;
- системой увлажнения, кондиционирования и пропарки.

3) Диагностика:

- включение механизмов;
- датчиков температуры;
- наличие 3-х фазного напряжения;
- других аварийных ситуаций.

Недостатками этого модуля являются:

- невозможность выбора породы древесины;
- не имеет дисплей для визуального оценивания параметров;
- сушка производится лишь для пиломатериала от 30 до 50 мм;
- модульное исполнение контролера.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

## 2.2. Модуль С2

Выполняемые функции:

- Для поддержания необходимого значения влажности сушильного агента предусмотрена возможность измерения относительной влажности воздуха и подачи исполнительных команд, психрометрическим методом или с помощью емкостного датчика влажности фирмы "Honeywell". В штатном исполнении автоматика комплектуется психрометрическими датчиками.

- Если автоматика в камере сушки оснащена и психрометрическими датчиками и емкостным датчиком в программе "настройки" существует возможность переключений на любой из методов измерений относительной влажности;

- Автоматика "Модуль-С2" имеет жидкокристаллический графический дисплей. Графики температуры и влажности можно наблюдать в реальном времени и просматривать в записи на дисплее прибора и/или на экране компьютера.

- Существует возможность задавать пятнадцать различных программ регулирования по 20 участков каждая. При необходимости перепрограммирования, при смене сорта древесины алгоритмы сушки вводятся оператором согласно "Технологии камерной сушки древесины", которая штатно входит в документацию на "Модуль-С2". Перепрограммирование занимает 10-15 минут.

- График регулирования (программа сушки) может содержать до 20 участков регулирования, на каждом из которых, отдельно задаются требуемые значения температуры воздуха и, согласно техпроцесса, установка по относительной влажности (психрометрической разности). Каждый из 20 участков имеет длительность до 96 часов. Время непрерывной работы автоматики камеры сушки охватывает до 80 суток.

- Предусмотрено включение сигнализации при завершении процесса сушки.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- Предусмотрено ведение архивных записей, оператор может просмотреть эти записи в ручном режиме с панели прибора или с ПК, архив 128 килобайт.



Рисунок 2.2 – Контролер Модуль С1

Жидкокристаллический дисплей с графическим изображением кривых температуры и влажности позволяет без листания архивных записей контролировать работу операторов сушильных камер, и быстро выяснить, в какой из смен были несанкционированные колебания технологических параметров сушки древесины. Оснащение автоматики "Модуль-С2" психрометрическими датчиками и емкостным датчиком фирмы Honeywell, увеличивает надежность работы камеры сушки в целом. В нештатной ситуации выхода из строя одного из датчиков, есть возможность переключиться на параллельную систему измерения и без остановки завершить процесс сушки. К одному ПК можно подключить до 10-ти систем Модуль-С2». Управление процессом сушки возможно как в ручном, так и в автоматическом режиме. Электронный блок может располагаться на расстоянии до 50-ти метров от камеры сушки. Устройство Модуль-С2 позволяет снизить влияние человеческого фактора на процесс сушки и произвести сушку древесины с соблюдением отработанной и заданной технологии, проконтролировать соблюдение технологического режима и максимально облегчить работу оператора при управлении камерой сушки.

Недостатками является:

- долговременность процесса сушки от 96 часов;

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Коп.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		



- малая информативность жк-дисплея;
- большое количество брака;
- модульное исполнение контролера.

### 2.3. Модуль С3

Автоматическая система управления технологией процесса сушки древесины Модуль С3 выполнена на базе микропроцессора фирмы ATMEL (США) ATMEGA 128 и отличается от АСУ Модуль С1 функциональными дополнениями и изменениями. Влажность и температура сушильного агента измеряется не психрометрическим методом, а совмещенным в одном корпусе, емкостным и температурным датчиком фирмы "Honeywell" (США). Это изменение позволило отказаться от ряда исполнительных узлов и механизмов, и ввести дополнительные функции без удорожания конструкции. Помимо реверса, появилась возможность использования для управления работой вентиляторов обдува частотно-регулируемого электропривода, что, кроме значительной - до 30-40% экономии электроэнергии позволяет менять скорость воздушного потока по штабелю, в зависимости от породы, толщины и влажности древесины на разных этапах процесса сушки. Работу или отказ вентиляторов можно визуально наблюдать в реальном времени на экране жидкокристаллического дисплея, что упрощает работу оператора. Появилась новая функция - процесс сушки начинается после прогрева древесины до определенной температуры. В случае обрыва температурного датчика древесины, процесс сушки начнется по временной программе, аналогично автоматике Модуль С1. При опросе автоматикой оператора о параметрах пиловочника, подлежащего сушке, в меню уточняется - обрезной или необрезной пиломатериал закладывается в сушильную камеру. Температурные датчики теплоносителя в Модуль С3 стоят на входе и выходе сушильной камеры, что позволяет судить о завоздушивании системы отопления.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		



Рисунок 2.3 – Контролер Модуль С3

Модуль С3 обеспечивает:

1) Измерение и индикацию на цифровом 4-х строчном жидкокристаллическом экране панели оператора параметров:

- температура сушильного агента (Тк);
- относительная влажность сушильного агента (Wk)
- температура теплоносителя на входе в СК (Тввх);
- температура теплоносителя на выходе из СК (Тввых);
- температура древесины в диапазоне минус 40...+110°С;
- кондуктометрическая влажность древесины.

2) Контроль и управление механизмами сушильной камеры:

- вентиляторы обдува;
- привод крана шарового (заслонки) теплоносителя;
- привод(ы) приточно-вытяжной вентиляции;
- парогенератор системы увлажнения;
- клапан доливки воды в емкость парогенератора;
- контроль состояния 3-х фазной сети питания;
- индикация состояния оборудования камеры на цифровом 4-х строчном жидкокристаллическом экране панели оператора;

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- световая индикация состояния оборудования камеры на панели ШУ.

### 3) Проведение сушки пиломатериалов в автоматическом режиме:

- задание программы сушки с клавиатуры панели оператора;
- автоматическая реализация процесса сушки по заданной программе;
- автоматическое протоколирование параметров цикла сушки (запись истории).

#### Недостатки Модуля С3:

- громоздкость оборудования;
- необходимо подключение отдельного ПК;
- большой брак продукции;
- модульное исполнение контролера.

## 2.4. САУМ-1000

Также рассмотрим отечественную продукцию на базе импортного контролера. Такие устройства марки САУМ предлагает фирма СКРОН г. Брянск. При изготовлении автоматики САУМ, СКРОН использует контроллеры германских и итальянских производителей. Поэтому в САУМ внесены режимы сушки древесины, применяемые деревообработчиками в странах Западной Европы.

САУМ-1000 обеспечивает для конвективных лесосушилок автоматическое, полуавтоматическое, ручное управление процессом сушки и отключение камеры по заданной влажности древесины. Позволяет, по желанию, включать или выключать фазу кондиционирования. Имеет фиксированные программы для сушки всех пород древесины, управление реверсом осевых вентиляторов, систему увлажнения водой, 4 точки измерения влажности лесоматериалов, 1 датчик температуры, 1 датчик влажности воздуха, световую индикацию неполадок и положения исполнительных механизмов сушильной камеры, а также разъём интерфейса RS-485 для соединения с персональным компьютером. Автоматика имеет 5 релейных выходов для

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

управления электроприводами сушильной камеры. При достижении пиломатериалом заданной оператором влажности, система автоматики САУМ-502 выключает сушильную камеру.



Рисунок 2.4 – Контролер САУМ-1000

САУМ-1000 имеет режимы "Сушки" и "Тепловой обработки". Режим "Тепловой обработки" - НТ даёт возможность проводить процесс обезвреживания древесных материалов в соответствии с требованиями международного стандарта по фитосанитарным мерам ISPM-15, что позволит экспортёрам получить для сертификации продукции регистрационный номер в Росгоскарантине. Гарантийный срок на контроллеры составляет до 3 лет при обслуживании на предприятии-изготовителе.

Отечественное оборудование, имеет более низкую стоимость выпускаемой продукции, но по сравнению с импортными аналогами, имеет высокую долю брака изделий, порядка 15 – 17%, для импортного производителя эта цифра составляет 2 – 5% на всю долю готовой продукции.

В данном проекте я предлагаю заменить часть отечественного оборудования, на продукцию компании Salma. Компания Salma в качестве базовых элементов использует контроллеры итальянской торговой марки HOLZMEISTER.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

### 3. Выбор технических средств автоматизации

В данном проекте я предлагаю заменить часть отечественного оборудования, на продукцию компании Salma. Компания Salma в качестве базовых элементов использует контролеры итальянской торговой марки HOLZMEISTER.

В качестве элементной базы контролеров HOLZMEISTER применены комплектующие ведущих производителей, таких как: ABB, Legrand, Schneider Electric, Siemens. Применена концепция защиты от перегрузок и короткого замыкания любого исполнительного механизма от электродвигателя вентилятора, до катушки электроклапана. Итальянские контроллеры имеют в своём составе блоки реле, но в некоторых из них они реализованы на материнских платах и выход из строя реле влечёт за собой дорогостоящий ремонт всего контроллера, соответственно и простой камеры. В этой разработке все управляющие контакты контроллера продублированы отдельными реле, что значительно повышает надёжность эксплуатации и высокую ремонтпригодность. Обо всех неисправностях, возникших в системе управления незамедлительно известит контроллер LOGO, с выдачей информации на свой дисплей о характере неисправности, дате и времени. Поступенчатое включение вентиляторов камеры обеспечивает плавное увеличение нагрузки сети. Органы управления на лицевой панели дают возможность к эксплуатации камеры как в автоматическом режиме, при помощи управляющих команд с контроллеров HOLZMEISTER, так и в ручном режиме при помощи управляющей арматуры шкафа. Так же реализована возможность и полуавтоматического режима управления, когда в процессе сушки в автоматическом режиме технологу необходимо произвести корректировку одного из параметров не прибегая к остановке цикла и изменению программы сушки, лишь достаточно перевести отдельные органы управления в ручной режим, не вызывая сбоя в работу камеры.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

### 3.1. Выбор датчиков

Температурные датчики от Dallas Semiconductor с прямым преобразованием сигнала в цифровую форму не требуют дополнительных аналого-цифровых преобразователей и имеют точность от  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  до  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ . Они могут работать в температурном диапазоне от  $-50^{\circ}$  до  $+125^{\circ}\text{C}$ . Функциональным ядром микропроцессора DS 18B20 является температурный датчик прямого преобразования в цифровой код. Это патентованная схема использует два генератора частоты с разными температурными коэффициентами, настроенными на одну температурную точку. Разность между количеством выработанных одним и другим генератором импульсов за единицу времени является исходным значением для определения соответствия цифрового кода и измеряемой температуры. Накопительный сумматор, входящий в функциональное ядро, позволяет скорректировать все нелинейности во всем диапазоне температур. Поэтому дополнительной подстройки или использования аналого-цифровых преобразователей не требуется. Точность измерения прибора указана в их технических условиях. Разрешающая способность с 12-разрядным считыванием выпускается заводом – по умолчанию. Пользователь может сконфигурировать разрешение в 9, 10, 11 или 12 разрядов. После выдачи команды «Преобразование T» прибор выполняет температурное преобразование. Цифровые данные сохраняются в сверхоперативной памяти на 16 разрядов. После того, как датчик выполнил температурное преобразование, значение температуры сравнивается со значением, хранящимся в триггерах Tвыс и Tниз. Эти регистры только 8-разрядные, и разряды с 9 по 12 для сравнения не используются. Если результат температурного измерения выше, чем Tвыс, или ниже Tниз, внутри прибора устанавливается сигнальный флажок, который корректируется с каждым температурным измерением. Пока сигнальный флажок установлен, датчик ответит на аварийную команду поиска. Это позволяет соединить множество приборов, делающих одновременно температурные измерения, в параллель.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

Если температура выходит за установленные пределы, прибор будет идентифицирован и немедленно считан. При этом нет необходимости считывать не аварийные приборы.



Рисунок 3.1 - Цифровой термометр DS 18B20.

Цифровой термометр позволяет считывать температуру с разрешением от 9 до 12 разрядов. Информация передается из DS 18B20 по однопроводному Интерфейсу. Питание для чтения, записи и выполнения преобразования может быть получено или по шине данных, или от отдельного внешнего 3...5,5 В источника питания. Поскольку каждый DS 18B20 содержит уникальный серийный номер, записанный лазером при производстве, многочисленные DS 18B20 могут быть подключены на одну шину. Это позволяет разместить датчики в различных местах и собирать ведущему шины информацию по простому 2-проводному кабелю (прямой и обратный провод). Основные узлы:

- 64-разрядное, записанное лазером ПЗУ;
- температурный датчик;
- энергозависимые температурные сигнальные триггеры;
- регистр конфигурации.

Связь с DS 18B20 осуществляется через однопроводной порт. Пока протокол функции ПЗУ не будет установлен, память и функции управления прибором будут недоступны. Ведущий шины сначала должен обеспечить одну из пяти команд функции ПЗУ. Эти команды управляют 64- разрядным

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

лазерным ПЗУ прибора и могут выделить нужный из множества приборов, присутствующих на однопроводной шине. После успешного выполнения функциональной команды ПЗУ память и управление микросхемой доступны, и ведущий может обеспечить выполнение любой из 6 команд памяти и функциональных команд управления.

### 3.2. Выбор контроллера

Современным продуктом компании HOLZMEISTER является контроллер для сушильных камер DELPHI. Контроллер Delphi - современный промышленный контроллер, предназначенный для полностью автоматического управления циклом сушки, включая промежуточные влаготеплообработки, согласно классическим режимам сушки различных пород древесины. Контроллер Delphi имеет жидкокристаллический дисплей, удобное меню, обеспечивающее быстрый доступ ко всем функциям. В исходном состоянии дисплеи показывают измеряемую температуру (Temperature), равновесную влажность (E.M.C.Equilibrium moisture content) и влажность древесины (Timber moisture content), отражает положение всех исполнительных механизмов. Эти значения обновляются в непрерывном режиме. Все измеряемые параметры записываются в память контроллера, где они сохраняются даже в случае выключения питания.

Контроллер оснащен системой iButton, которая представляет собой считывающее устройство, расположенное непосредственно на панели контроллера и набор электромагнитных ключей. С помощью этой системы можно не только заблокировать клавиши контроллера, но также обновить программное обеспечение, сохранить или вызвать программу сушки.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		





Рисунок 3.2 – Контроллер DELPHI.

Технические характеристики:

- диапазон измерения температуры сушильной камеры 0 - 130° С;
- диапазон измерения влажности древесины 6 - 90% при 25° С;
- диапазон измерения равновесной влажности 4 - 30% при 25° С;
- 6 датчиков влажности древесины;
- 2 датчика температуры;
- 2 датчика EMC;
- цифровой интерфейс: RS232 для прямого подключения ПК, RS485 для подключения сети сушильных камер.

Основные характеристики программного обеспечения:

- автоматический цикл сушки состоит из 8 этапов;
- каждый этап сушки может определяться значением EMC, градиентом и длительностью;
- программное обеспечение состоит из программы начальной загрузки (обновляется только на заводе изготовителя) и программы управления процессом сушки (обновляется пользователем);

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- управление режимом увлажнения, режимом работы клапана нагрева, режимом работы воздушных заслонок, режимом работы вентиляторов, реверсом вентиляторов;

- при аварийной ситуации на панели контроллера загорается красный светодиод.

#### Дисплей (LG28):

- Высококонтрастный жидкокристаллический графический дисплей;
- 2 светодиода;
- Строка текущего состояния и строка меню на каждой странице экране.

#### Блок коммутации и реле (LG29):

- Выходы реле для увлажнения, нагрева (открытие + закрытие), воздушных заслонок (открытие + закрытие), вентиляторов, сигнала тревоги (24В - макс. 4А для всех выходов);

- Аналоговый выход для управления скоростью вентиляторов (0 - 5 или 0 -10В);

- Питание: 24 Vac/dc - 1А;

- Интерфейс соединения блоков KILN-BUS.

#### Блок измерения (LG25):

- 6 датчиков влажности древесины (6 -90% при 25° С, погрешность 0,1%);

- 2 датчика EMC (4 - 30% при 25° С, погрешность 0,1%);

- 2 датчика температуры (0 - 120° С, погрешность 1° С);

- Цифровой фильтр шумоподавления сети питания (MNR);

- Цифровая автоматическая калибровка;

- Интерфейс соединения блоков KILN-BUS.

Стандартное оборудование:

- Контроллер DELPHI;

- Внешний усилитель [LG25](#);

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

- 2 панели датчиков для установки внутри сушильной камеры (каждая включает: датчик температуры, ЕМС зажим, три вилки бананового типа для влажности древесины, десяти метровый изолированный тефлоновый кабель);
- 6 кабелей датчиков древесины;
- по 14 электродов влажности древесины разной длины (15, 25, 40мм);
- [100 целлюлозных пластин для определения ЕМС;](#)
- детали и аксессуары для установки;
- 3 ключа iButton с 3 программами сушки + 2 ключа iButton для блокировки клавиш;
- Руководство по эксплуатации.

По сравнению с отечественными аналогами контролер DELPHI более качественно следит за процессом сушки, что позволяет уменьшить количество брака с 16% до максимальных 5%. Единственным недостатком контролера является его дороговизна ( в 2 раза выше отечественных).

### 3.3. Вентиляторы

Циркуляция воздуха в камере обеспечивается осевыми вентиляторами. Двигатели «SIEMENS» в тропическом исполнении (степень защиты IP-55, класс теплостойкости изоляции h) предназначены для работы в условиях высокой влажности и температуры. Крыльчатка вентилятора (производство фирмы «DLK», Швеция) диаметром 800 мм отлита под давлением из алюминиевого сплава и динамически сбалансирована, что придает ей легкость и коррозионную стойкость. Скорость воздушного потока сквозь пакеты досок достигает 3,2 – 4,2 м/с. Поток воздуха реверсируется примерно каждые 5 часов (в зависимости от типа и размера досок). Мощность двигателя одного вентилятора - 3 кВт.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		



Рисунок 3.3 – Осевые вентиляторы

Вентиляторы обеспечивает подачу в камеру сухого воздуха, циркулирование в камере горячего воздуха и вывод отработанного воздуха, насыщенного водяными парами. Система воздухообмена представляет собой алюминиевые клапаны, расположенные в потолке камеры и снабженные заслонками, которые автоматически управляются компьютером с помощью исполнительных механизмов «BELIMO».

						220400.62.0000ВКР00000ПЗ	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

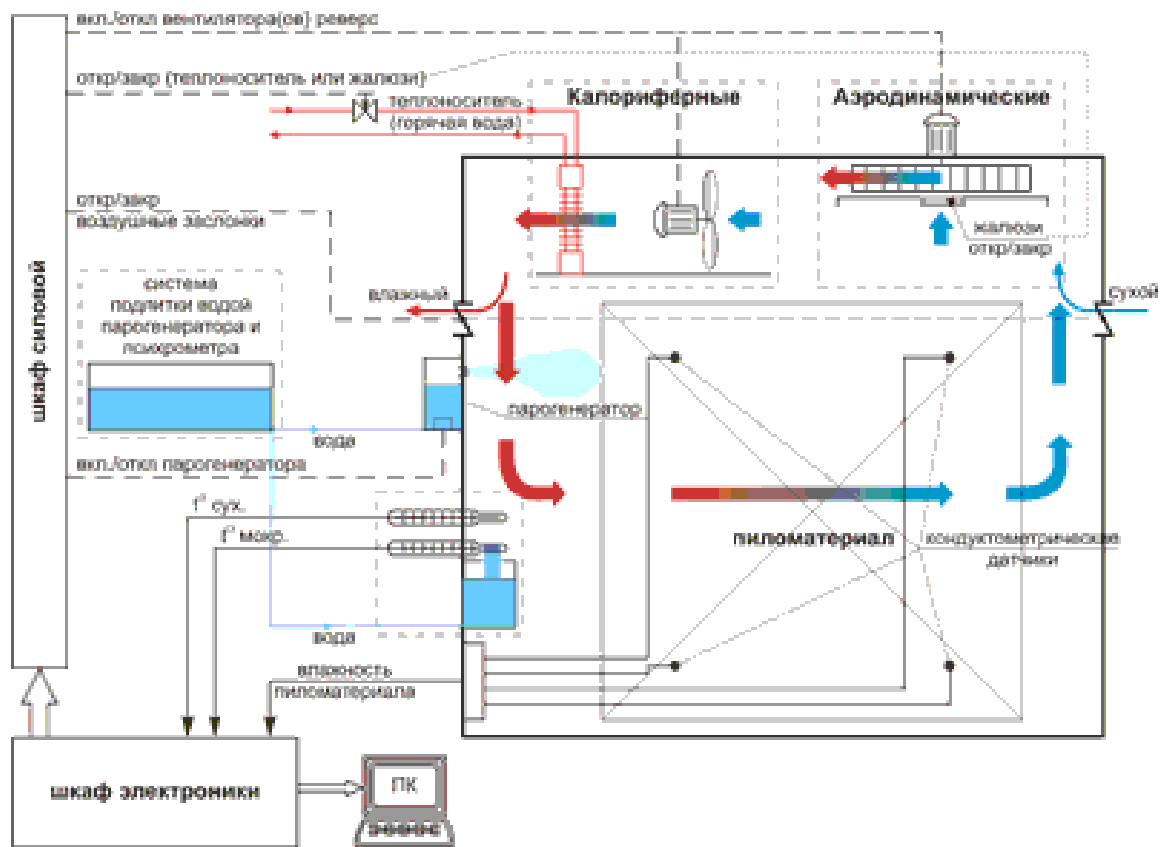


Рисунок 3.4 – Система воздухообмена

### 3.4. Электропривод

Электроприводы Velimo применяются для управления воздушными заслонками в системах вентиляции и кондиционирования воздуха зданий, фирмы Velimo Automation AG, Швейцария. Исполнительные механизмы отличаются принципиально новой конструкцией, основное достоинство прямая установка привода на вал заслонки.

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		





Рисунок 3.4 – Электропривод Belimo

В моем дипломном проекте используется привод марки NM24A-SR - для управления воздушными заслонками площадью приблизительно до 2 м<sup>2</sup>.

- крутящий момент 10 Нм.
- номинальное напряжение 24 В
- управление: плавная регулировка 0 .. 10В, обратная связь 2 .. 10В

						<b>220400.62.0000ВКР00000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док	Подпись	Дата		

#### 4. Параметрический синтез систем автоматического управления температуры в сушильной камере.

##### 4.1. Идентификация объекта звеном I – ого порядка

В результате эксперимента получена переходная функция изменения температуры в сушильной камере, которая представлена на рисунке 4.1.

Для определения величины запаздывания  $\tau$  и постоянной времени  $T$  находим точку перегиба переходной характеристики. Для этого проводим касательную прямую в точке перегиба к переходной характеристике.

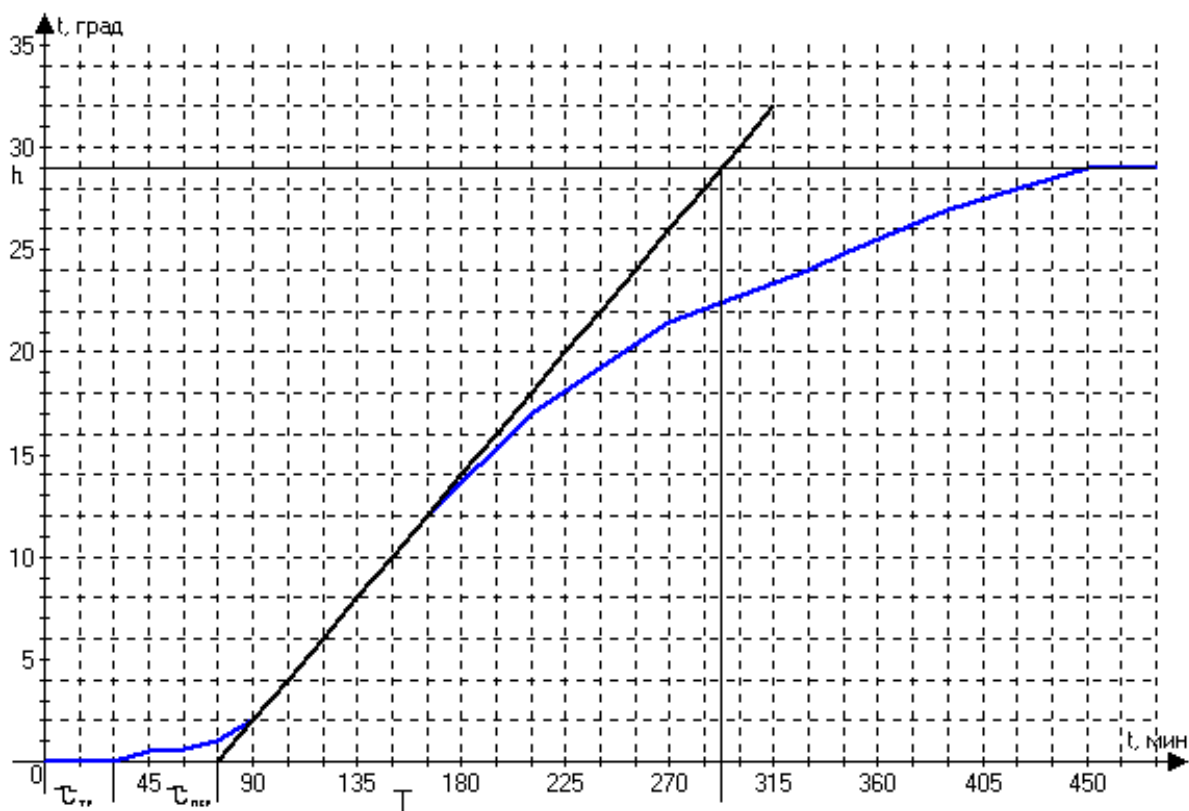


Рисунок 4.1 - Экспериментальная характеристика