Соболева Н.В., Черемисина С.А.

Исследование эффективности энергосбережения с помощью автоматического регулирования системы управления лесосушильной камерой

*Дальневосточный государственный аграрный университет
(Россия, Благовещенск)*

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-45

idsp: 000001:lj-28-02-2018-45

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы эффективности энергосбережения в лесосушильных камерах. Проанализирована возможность автоматического регулирования системы управления основными параметрами с помощью микроконтроллера.

Ключевые слова: сушка древесины, динамические характеристики, автоматический процесс сушки, энерго- и ресурсосберегающих технологий.

В настоящее время приоритетной задачей развития науки и техники является освоение эффективных энерго- и ресурсосберегающих технологий и оборудования. Это особенно актуально для вопросов сушки древесины, которые представляют собой одну из важнейших и энергоемких стадий технологических процессов обработки древесины, в значительной степени определяющих качество выпускаемой продукции и эффективность производства.

Сушка древесины является одной из наиболее важных и в то же время длительных операций технологического процесса деревообрабатывающего производства. Увеличивающиеся объемы производства изделий из древесины, повышение качества и долговечности изделий из нее в значительной мере определяются своевременной и качественной сушкой.

В деревообрабатывающей промышленности наиболее распространенной является камерная сушка пиломатериалов. Для сушки пиломатериалов до эксплуатационной влажности применяют в основном лесосушильные камеры периодического действия. Одним из направлений повышения эффективности, качества и количества высушенной пилопродукции является интенсификация процессов сушки, повышение эффективности работы теплообменного оборудования и снижение энергопотребления путем модернизации малопроизводительных сушильных камер, создание новых высокопроизводительных сушильных камер, а также применение прогрессивных процессов сушки.[2,5,8]

Для высушивания длительносохнущих пиломатериалов в специализированных лесосушильных камерах необходимо выполнить высокие требования по аэродинамике лесосушильных камер для обеспечения равномерной циркуляции сушильного агента при его невысокой скорости, а также особые требования к тепловому оборудованию, которое кроме обладания высокими технологическими, конструктивными и энергетическими характеристиками. Для решения этих задач в конструкциях лесосушильных камер целесообразно применять современные высокоэффективные калориферы на основе биметаллических оребренных труб, удовлетворяющие низкоскоростной режимной технологии процесса сушки длительносохнущих пиломатериалов. [3]

Поэтому проведение специальных исследований в этом направлении, позволяющих решить задачи повышения эффективности сушки длительносохнущих пиломатериалов в камерах периодического действия, является актуальным.

Первоочередная задача автоматической регулировки процесса сушки - стабилизация режима сушки. Для этого устанавливаются регуляторы, которые должны обеспечить поддержание заданных, по режиму температуры и относительной влажности на определенном уровне. В большинстве случаев для этой цели используются

стандартные регуляторы. Тип регулятора, уставку регулятора и параметры настройки выбирают с учетом статических и динамических свойств сушильных камер и требований, которые выдвигаются к системе регуляции.[4,6]

Динамические характеристики определяют по дифференциальным уравнением объектов - уравнение связи между его входными и исходными величинами или экспериментально, когда эти уравнения получить трудно. Определять динамические характеристики опытным путем можно при автоматизации действующих установок.

При необходимости определить динамические параметры объектов регуляции в процессе их проектирования применяются только аналитические методы. Возможность определить динамические характеристики установки по ее технологическим и конструктивным параметрам позволяет не только решать задачи автоматической регулировки, но и в некоторых случаях влиять на конструкцию установки. При этом можно использовать полученные результаты для подобных объектов других типов. Совокупность аналитических и экспериментальных методов исследования динамических свойств объекта позволяет более достоверно определить его параметры [4].

Рассмотрим лесосушильную камеру как объект регуляции температуры агента сушки.

Количество тепла, которое передается от калорифера в камеру за время dt определяется уравнением теплового баланса:

$$Q = K_K F_K (Q_{\Pi} - Q_C) dt \quad (1)$$

Где K_K - коэффициент теплопередачи калориферу, ккал/м² град,

F_K - поверхность калорифера, м²,

Q_{Π} и Q_C - температура пара в калорифере и агента сушки в камере, °C.

Рассматривая динамику объекта по каналу «температура пара — температура агента сушки в камере», допускают, что температура агента сушки по объему одинаковая и отклонения температуры пара небольшие:

$$Q_n = Q_{no} \pm \Delta \Pi \quad (2)$$

Тепло, переданное в камеру от калорифера за бесконечно малый промежуток времени dt , тратится на: нагревание калорифера; металла в камере, покрытие потерь, теплообмен с древесиной.

Уравнение теплового баланса запишется:

$$k_K (Q_{\Pi,0} \pm \Delta Q_{\Pi} - Q_C) dt = c_M m_K \left(\frac{dQ_K}{dt} \right) + c_M m_M \left(\frac{dQ_C}{dt} \right) + k_{OG} F_{OG} (Q_C - Q_{НАР}) dt + \alpha F_D (Q_C - Q_D) dt \quad (3)$$

где c_M - теплоемкость металла;

m_K - масса металла в камере, кг;

F_{OG} - поверхность ограждений, м;

$Q_{НАР}$ — температура внешней среды °C;

k_{OG} -средний коэффициент теплопередачи ограждений;

α - коэффициент теплообмена древесины в процессе сушки;

F_D - поверхность древесины, м²;

Q_D — температура древесины.

В установленном режиме, когда $\frac{dQ}{dt} = 0$, уравнение (3) будет:

$$T \frac{d\Delta\theta_C}{dt} + \Delta\theta_C = k_o \Delta\theta_{\Pi}; \quad T = \frac{c_M \cdot m_M}{k_K F_K} + \frac{c_M \cdot m_M}{k_K F_K + k_{OG} + \alpha F_D} \quad (4)$$

где T — постоянная времени.

Из уравнения (4) очевидно, что по каналу «температура пара — температура агента сушки» в камере объект является инерционным звеном.

Камерная сушка древесины — сложный технологический процесс, для которого характерны следующие особенности: многочисленность параметров, их сложная взаимосвязь, наличие не контролируемых внешних факторов. Модель такого сложного объекта можно характеризовать совокупностью следующих параметров (рис.1):

- группа входных параметров X_1 , что совмещает контролируемые, но не регулируемые технологические параметры процесса, например количество и вид материала, который высушивается (порода и размер пиломатериалов, их начальная влажность);
- группа неконтролируемых входных параметров X_2 , которые характеризуют влияние таких факторов, как изменение окружающей среды, старения и износ оборудования, неоднородность материала и неравномерность распределения его по объекте регуляции и т.д.;
- группа управляющих параметров Y , что характеризует регулирующие влияния, которые поддерживают заданный режим, сюда относятся количество тепла и скорость циркуляции агента сушки;
- группа исходных параметров Q , которые характеризуют качество материала, который высушивается, например, задана конечная влажность при определенном перепаде влажности по пересечению пиломатериалов и величина остаточных внутренних напряжений;
- группа исходных параметров E , что характеризует экономическую эффективность объекта регуляции, а именно: наименьшую длительность процесса сушки при сохранении качества материала, который высушивается, и КПД сушильной установки.

При автоматизации процесса сушки нужно применять такую систему, которая бы обеспечила проведение сушки в режиме, близком к оптимальному, то есть должны быть получены заданные параметры Q при максимальных значениях параметров E . Эта задача может решаться при применении самонастраивающихся систем, которые выбирают такую комбинацию управляющих параметров Y , что обеспечивают экстремальное значение параметра F .

На рисунке 1 показана структурная схема системы автоматической оптимизации (CAO) процесса сушки.

Рисунок 1 - Структурная схема системы автоматической оптимизации (CAO): O - объект регуляции; P - регулятор; K_p - управляющее устройство; X_1 , X_2 — входные параметры; Y — регулирующее влияние; Q , E — параметры объекта, которые характеризуют качество и экономичность; H — ограничение.

Кроме основных узлов обычной системы автоматической регулировки объекта O и автоматического регулятора P , в схему введено управляющее устройство КП. Управляющее устройство анализирует и поддерживает на оптимальном уровне исходные величины объекта при соблюдении заданных ограничений H . Для поддержки оптимальных исходных параметров САО делает автоматический поиск, который сводится к изменению попытки входных параметров системы (входной величины X - P регулятора и регулирующих влияний Y), анализа результата этого изменения и определению направления последующего изменения для приведения системы к самому выгодному режиму сушки. За критерий оптимума процесса сушки выбирается один или несколько исходных параметров Q и E , при этом другие показатели задаются в САО в виде ограничений H . Например, за критерий оптимума выбирают интенсивность сушки, а как Ограничение задают сохранения определенных показателей качества материала при сушки [4].

Для создания САО необходимы, кроме экстремальных регуляторов и обычных средств автоматики, некоторые специальные измерительные устройства (рис 2.):

- а) для контроля качественных показателей материала в ходе сушки, например температуры и влажности древесины, перепаду влажности по толщине материала, внутренних напряжений в процессе сушки;
- б) для измерения энергетических показателей процесса сушки, например расходы тепла на сушку или на 1 кг влаги, которая испаряется;
- в) для измерения скорости сушки, например автоматический влагомер с устройством, которое дифференцирует, и так далее.

Рисунок 2 – Блок-схема регулировки процесса сушки по температуре и влажности

Схема регулировки процесса сушки по температуре и влажности сушильного агента разомкнута по параметрам, что характеризует состояние древесины, которая сушится (температура T , влажность W , показатели качества Q). Информация об этих параметрах не подается на регуляторы температуры и влажности сушильного агента. Эта система регулировки не обеспечивает заданную конечную влажность и необходимое качество высушенного материала. Поэтому с целью предотвращения нехватки, параметры режима сушки устанавливают заниженные, что препятствует интенсификации процесса.

Для выполнения выставленных к системе автоматизации требований выбираем комплекс построенный на базе микроконтроллера PIC16F877 и средств измерения и индикации состояния системы автоматизации.

В микроконтроллеры PIC16F87X встроен сторожевой таймер WDT, который может быть исключен только в битах конфигурации микроконтроллера. Для повышения надежности сторожевой таймер WDT имеет собственный RC генератор.

Система автоматизации имеет в своем составе каналы ввода/вывода. Все исходные каналы имеют дискретный (логический) характер и предназначенные для управления устройствами автоматизации.

Для автоматической регулировки процесса сушки применен принцип двухпозиционной регуляции.

Для качественного сбора технологических параметров использованы современные датчики температуры и влажности в камере, влажности пиломатериалов. Что дает возможность точнее, и главное быстрее реагировать на смену состояния объекта автоматизации. Также произошли изменения в измерении температуры: после автоматизации значения температуры снимаются цифровыми датчиками, значение которых обрабатывается микроконтроллером, который дает высокую скорость и точности обработки информации.

Система микроконтроля, вместе с комплексом дат сбора технологических параметров, позволит проводить сушку разных пород древесины по определенным программам, которые вносятся оператором, и имеют высокую степень гибкости. Также не исключена возможность адаптации программ в зависимости от потребностей, что возникают при сушке разных пород древесины.

Следует также заметить, что при разработке системы автоматизации были применены датчики, которые позволяют осуществлять измерение значений параметров в широких пределах и с высокой точностью, которые обеспечивают качественное управление процессом и высокое качество получаемой продукции, что фактически невозможно осуществить с помощью устаревших аналоговых приборов и влияния на процесс оператором вручную.

Автоматизация процесса сушки позволяет достигать стабильно высокого качества высушиваемого пиломатериала и снижает роль «человеческого фактора» на получаемые результаты.

1. Богданов Е.С., Мелехов В.И., Кунтыш В.Б. и др. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер. Под ред. Е.С. Богданова. – М.:Экология, 1993. -685 с.
2. Видин Ю.В., Федяев А.А. Энергосбережение при сушке текстильных материалов сложной формы // Вестн. Краснояр. гос. техн.ун-та. 1999. № 19. С. 139.
3. Гамаюнов, Н.И. Закономерности внутреннего переноса влаги и структурообразования при сушке различных материалов / Н.И. Гамаюнов, Л.И. Ильченко // Хим. пром-ть. – 1979. – № 6. – С. 344–348.
4. Емельянов А.И., Капник О.В. Проектирование систем автоматизациитехнологических процессов. Справочное пособие. 3-е изд. перераб. и доп. – М.:Энергоатомиздат, 1983. -399 с.
5. Качанов А.Н., Чукумов М.Н. Повышение качества сушки на ПМО “Арай”/ Проблемы комплексного развития регионов Казахстана. //Материалы международной научно-практической конференции. Часть 1. Алматы, КазгосИНТИ. 1996, с. 131 – 134
6. Лебедев П.Д. Расчёт и проектирование сушильных установок / М.–Л., Госэнергоиздат. 1962, с. 320.
7. Однокристалльные 8-розрядные FLASH CMOS микроконтроллерыкомпании Microchip. Перевод ООО “Микро-Чип”.М, 2002. -184с.16. Расев А.И. Сушка древесины: Учебное пособие. Изд. 4-е. – М.:МГУЛ, 2000. -178 с.
8. Федяев А.А. Энергосбережение при сушке пиломатериалов засчет кинетической оптимизации // Вестн. Краснояр. гос. ун-та. 2008.№ 1. С. 228-232.
9. Федяев А.А., Федяева В.Н., Видин Ю.В. Математическое моделирование динамики процессов тепловлажностной обработки капиллярно-пористых коллоидных материалов //. Техника и технологии. 2008. № 1. С. 68 – 75.

Суханов Д.А.

Структурообразование Индо-Персидского фосфористого булата

*АСК-МСЦ металлургия
(Россия, Москва)*

doi: 10.18411/lj-28-02-2018-46

idsp: 000001:lj-28-02-2018-46

Аннотация

Установлено, что старинный ножевой клинок принадлежит к восточной группе индо-персидских булатов с узором типа «кара-табан», что буквально означает черный-блестящий. Методами спектрального, рентгенофазового и микронзондового анализа показано, что булатный нож является высокочистой нелегированной высокоуглеродистой сталью с повышенным содержанием фосфора. Выявлено, что фосфор, обладая высоким