

Технология конвективной сушки пиломатериалов на основе метода корреляционного анализа

Сергей Гаев, Александр Кузнецов, Мария Бахметьева (РТУ МИРЭА)

В статье рассмотрены возможности и преимущества применения метода корреляционного анализа для технологического процесса сушки пиломатериалов в сушильной камере конвективного типа. Приведён пример внедрения подсистемы корреляционного анализа в информационно-управляющую систему.

Введение

Сушка древесины в сушильных камерах является важным аспектом в деревообработке, так как обеспечивает получение заданных физико-химических свойств готового продукта. Процесс обработки характеризуется непрерывностью протекающих физических и химических реакций, которые, в свою очередь, зависят от многих показателей. Как показывает опыт многочисленных специалистов данной области, информационно-управляющие системы для сушки древесины в большинстве производимых сушильных установок опираются на стандартный набор данных о сушильном процессе для поддержания определённой технологии и качества конечного продукта, не учитывая, таким образом, все внешние и внутренние факторы в полной мере. Это не позволяет организовать максимально оптимальные условия функционирования, что часто приводит к появлению дефектов в высушен-

ной древесине, а также к перерасходу теплоносителя. Такие отклонения от параметров технологического процесса ведут к повышению себестоимости сушки и снижению качества высушенной древесины.

Основная часть

Процесс удаления влаги из древесины до определённого процента влажности называется сушкой древесины. Её целью стоит превращение из природного сырья древесины в промышленный материал с улучшенными биологическими и физико-механическими свойствами. В зависимости от наличия технических или финансовых средств возможно использовать естественную или камерную сушку. Большинство промышленных предприятий используют конвективные сушильные камеры, которые позволяют быстрее просушить доски и снизить влажность до уровня ниже, чем при просыхании на воздухе. Изделия укладываются

через прокладки в штабели с созданием циркуляции горячего воздуха вдоль поверхности каждого слоя. Влага перемещается от центра доски к поверхности, затем пар выносится наружу вместе с теплом.

На производствах, где требуется провести качественную сушку древесины, внедряются разнообразные средства автоматизации, управления и мониторинга. В основе управления этим автоматическим оборудованием и процессами лежит программное управление. Режим сушки древесины – это пошаговая программа поддержания определённой среды в сушильной камере в зависимости от конечных параметров высушенной древесины. Для того чтобы правильно соблюдать режим сушки, необходим постоянный контроль и регулирование основных показателей среды в сушильной камере, а также самой древесины. В России основными документами, в которых изложены правила укладки и сушки пиломатериала, требования к качеству, режимы, методы контроля и другие нормативные и расчётные материалы, являются «Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины» (ЦНИИМОД, Архангельск) (РТМ) [7], ГОСТ 19773-84, ГОСТ 18867-84, ГОСТ Р 51564-2000, ГОСТ 16588-91. Найти стандартные диапазоны и значения большинства вышеописанных параметров можно в этих документах. Оператор имеет возможность создавать и редактировать режимы по своему усмотрению, а также вносить изменения в систему, однако для этого от него требуется много знаний, опыта и научного подхода. Соответственно, персоналу необходимо предоставить функциональные возможности проведения исследований условий процесса сушки в перспективных направлениях с целью дальнейших обоснованных модернизаций.

В результате анализа предметной области были выделены основные, а также дополнительные технологические данные, которые могут подвергаться сбору, обработке и анализу

Таблица 1. Данные для сбора и обработки в системе

Переменная	Описание	Единицы измерения	Диапазон значений
T	Температура сушильного агента	°C	57...200
Ф	Влажность сушильного агента	%	0...100
t	Продолжительность сушки древесины	ч	20...200
M	Толщина древесины в штабеле	мм	10...75
ρ	Плотность древесины	т/м³	0,42...1,16
S	Твёрдость древесины	МПа	16,4...83,5
O	Электропроводность древесины	Ом×см	1,7×10⁹...6,6×10¹⁷
K	Степень газопроницаемости древесины	см²/с	0,00013...0,0562
z	Звукопроводность древесины	м/с	500...3900
λ	Теплопроводность древесины	Вт/(м·град)	0,1...0,26
C	Теплоёмкость древесины	Дж/(кг·град)	1250...2700
P	Атмосферное давление окружающей среды	мм рт. ст.	647,5...814
Ts	Температура окружающей среды	°C	-50...+50
Rvp	Паропроницаемость материала ограждения	мг/(м·ч·Па)	0...7,3
l	Расстояние между прокладками в ряду пиломатериалов	мм	400...2100
kl	Количество калориферов	шт.	1...12
vl	Количество вентиляторов	шт.	2...10

в процессе сушки. Часть из них представлена в табл. 1.

Для указанных выше исследований условий процесса сушки было решено выбрать метод корреляционного анализа, так как он широко распространён в сфере анализа статистических данных, коэффициенты корреляции относительно просты в подсчёте, а результаты могут быть использованы в дальнейшем в более сложных методах [5].

Совершенствование функционала происходило на базе разработанного ранее собственного прототипа информационно-управляющей SCADA-системы для регулирования и визуализации переходного процесса сушки, позволяющего осуществлять сбор информации в режиме реального времени с удалённых объектов с целью управления ими, а также обработки полученных данных [1, 2]. В связи с этим была спроектирована её архитектура (рис. 1), включающая в себя новую подсистему корреляционного анализа.

Информационно-управляющая система рассматриваемого технологического объекта состоит из следующих элементов.

- 1) Клиентская зона. Включает в себя пользовательские интерфейсы, с помощью которых пользователи могут получать информацию о работе системы, осуществлять ручное управление и отладку.
- 2) Элементы обработки, анализа и хранения данных. Включает в себя модуль обработки данных (OPC-сервер, SCADA-пакет), базу данных, резервную базу данных, модуль мониторинга (SCADA-пакет), подсистему корреляционного анализа. На схеме рассмотрен опциональный вариант удалённого расположения элементов обработки, анализа и хранения данных и элементов управления и контроля на дополнительном вычислительном оборудовании, но в данной работе они располагались и взаимодействовали на одном персональном компьютере.
- 3) Элементы управления и контроля. Включает в себя модули коммуникации (OPC-сервер PLC) и управления (программа PLC).
- 4) Объекты управления и контроля. Включает в себя исполнительные устройства и устройства контроля (датчики).

База данных системы реализована при помощи свободной реляционной

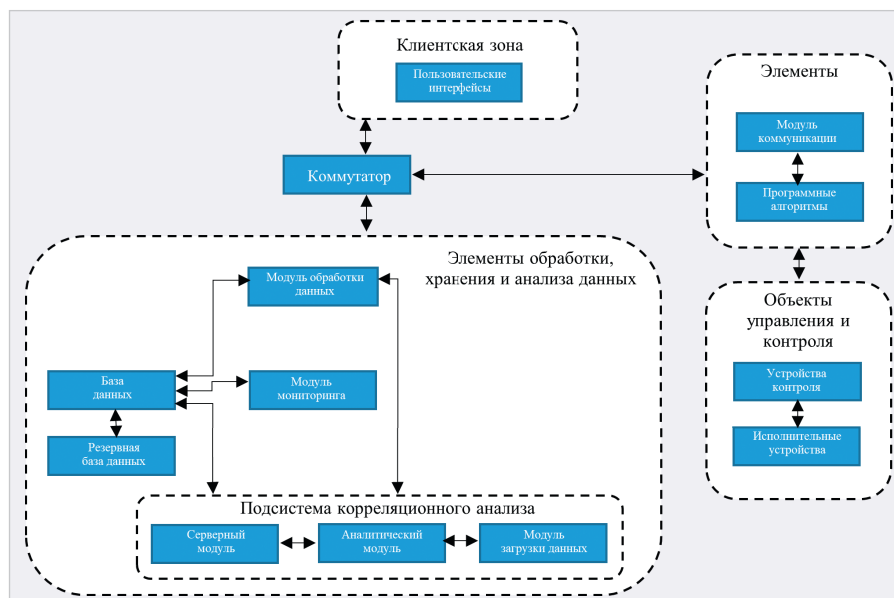


Рис. 1. Архитектура системы

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	B	UN	ZF	AZ	G	Default/Expression
id	INT	☒	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
timestamp	TIMESTAMP	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
testrez	VARCHAR(1000)	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
koefrez	DOUBLE	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL
statrez	DOUBLE	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐	NULL

Рис. 2. Свойства таблицы анализа

id	timestamp	Ts	Palm	Wk	DW
1	2022-05-07 18:22:17	17	758	40	1.5
2	2022-05-07 18:22:19	17.5	758	40	1.5
3	2022-05-07 18:22:32	18	758	40	1.5
4	2022-05-07 18:22:36	18.4	758	40	1.5
5	2022-05-07 18:22:38	18	759	40	1.5
6	2022-05-07 18:22:40	19	758	40	1.5
7	2022-05-07 18:22:43	19	758	40	1.5
8	2022-05-07 18:22:43	19.2	758	40	1.5
9	2022-05-07 18:22:45	19.3	759	40	1.5
10	2022-05-07 18:22:46	19	759	40	1.5
11	2022-05-07 18:22:50	19.1	759	40	1.6
12	2022-05-07 18:22:52	19.5	759	40	1.6
13	2022-05-07 18:22:53	20	759	39	1.6
14	2022-05-07 18:22:54	20.2	758	39	1.6
15	2022-05-07 18:22:57	20.4	758	39	1.6
16	2022-05-07 18:22:59	20.3	758	39	1.7
17	2022-05-07 18:23:02	20.4	758	39	1.7
18	2022-05-07 18:23:04	20	759	38	1.7
19	2022-05-07 18:23:07	20	759	39	1.7
20	2022-05-07 18:23:09	20.7	760	38	1.7

Рис. 3. Свойства таблицы с набором данных для выборки

системы управления базами данных MySQL. На рис. 2, 3 представлены некоторые примеры созданных для системы корреляционного анализа таблиц, в которых присвоено название полей, задан тип данных и установлены различные атрибуты для полей. В таблице анализа собраны данные, полученные в результате каждой из операций анализа: дата проведения, значения коэффициента корреляции, статистической значимости, а также текстовые интерпретации. Для выборки в данной рабо-

те в качестве примера был использован подготовленный набор данных (рис. 3).

Принцип работы системы корреляционного анализа заключается в расчёте коэффициента корреляции, статистической значимости и их интерпретации на основе заданных пользователем (оператором, технологом) входных параметров (характеристики, временной промежуток). Для обеспечения поставленных задач установлена связь между базой данных MySQL, компонентами Simple-

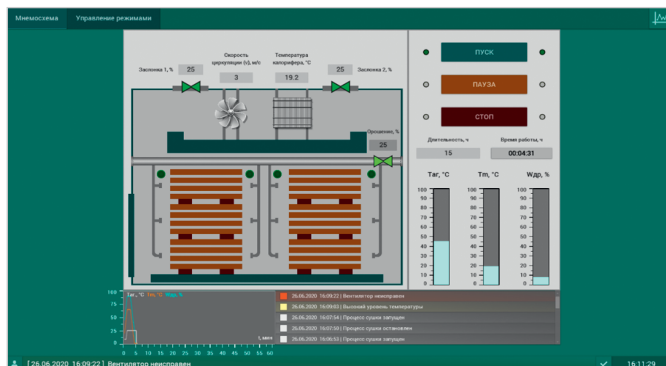


Рис. 4. Окно «Мнемосхема»

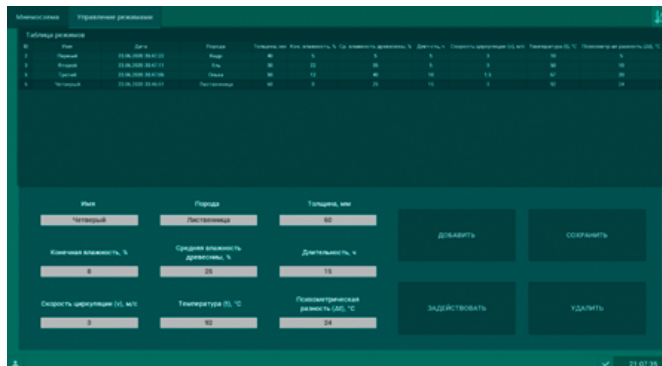


Рис. 5. Окно «Управления режимами»

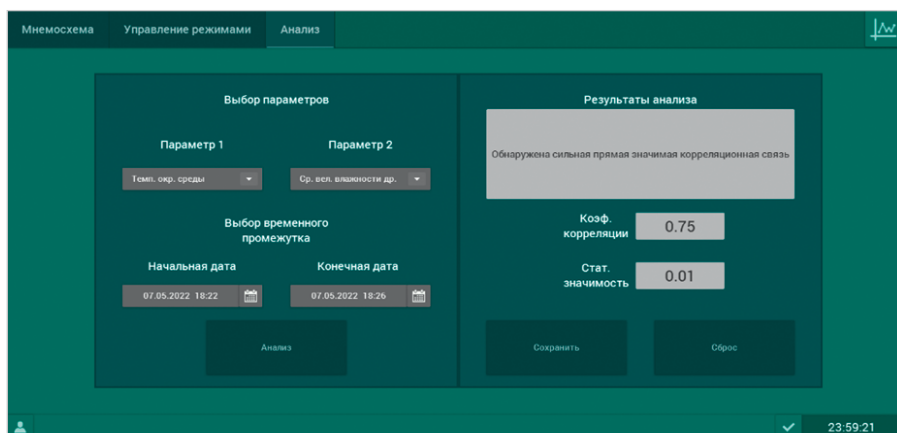


Рис. 6. Окно «Анализ»

SCADA 2 и вычислительным сервером (с помощью протокола HTTP, сценарного языка Simple-SCADA 2 и веб-фреймворка), определены необходимые переменные, на языке программирования Python написана программа, которая реализует серверную и аналитическую составляющие. Она может храниться как на жёстком диске локального компьютера, так и на удалённом сервере. Основные процессы аналитических вычислений выполняются благодаря использованию подключаемых библиотек для обработки и анализа данных («Scipy», «Pandas») [4]. Встроенный же редактор Simple-SCADA 2 использует Object Pascal компилятор, а также синтаксис, команды и операторы, присущие языкам Pascal/Delphi. Это позволяет создавать высокопроизводительные сценарии любой сложности для манипуляции объектами проекта (включая переменные, окна, тренды, сообщения) и свойствами этих объектов. В базе данных хранятся данные выборки, а также архивируются данные обо всех когда-либо выполненных операциях анализа.

Описание интерфейса стоит начать с основных элементов информационно-управляющей системы. Интерактивное меню Simple-SCADA 2 Client

позволяет эффективно управлять процессом сушки. Все параметры процесса сушки отображаются в виде удобных наглядных элементов (схем, полей и т.п.) в интерфейсе системы. В окне на рис. 4 непосредственно можно наблюдать за процессом сушки и управлять им.

В окне «Управление режимами» пользователь может увидеть список хранящихся в базе данных режимов сушки и их параметров (в таблице и в полях), а также произвести редактирование и активирование (рис. 5).

Получив в процессе сушки пиломатериалов необходимые данные, можно приступить к анализу. В добавленном окне «Анализ» (рис. 6) пользователь может увидеть панель с предварительной настройкой входных данных, а также зону с выводом результатов. Сначала из списков («Параметр 1» и «Параметр 2») нужно выбрать параметры, для которых будет проводиться корреляционный анализ, затем отметить в календарях («Начальная дата» и «Конечная дата»), за какой временной промежуток будет производиться выборка. После этого можно активировать кнопку «Анализа» и дожидаться вывода результатов. В текстовом поле будет выведена интерпретация дан-

ных на основе вычислений, а также конкретные значения коэффициента корреляции и статистической значимости. Полученные результаты можно сохранить в текстовый файл (кнопка «Сохранить»), который будет находиться в папке SCADA-проекта. После всех успешно проведённых процедур рекомендуется сбросить настройки окна к исходному состоянию (кнопка «Сброс»).

Коэффициент линейной корреляции [7] принимает значения от минус 1 до 1. Модуль коэффициента свидетельствует о степени зависимости: чем ближе его значение к 0, тем слабее линейная зависимость. Чем ближе коэффициент корреляции от 0 к 1, тем сильнее прямая линейная зависимость, чем ближе от 0 к минус 1, тем сильнее обратная линейная зависимость. На практике считается, что если модуль коэффициента корреляции больше 0,7, то линейная зависимость сильная, а если менее 0,3, то почти отсутствует. Стоит заметить, что низкая степень корреляции не означает отсутствие других, нелинейных зависимостей (для них в дальнейшем может быть организовано вычисление корреляционного отношения, измеряемого от 0 до 1). Кроме того, при построении линейных моделей стоит рассматривать входные факторы внимательнее, так как они могут быть использованы для проектирования признаков. Статистическая значимость (Р-значение) показывает величину достоверности и в данном случае должна быть меньше 0,05.

На основании полученных и сохранённых данных технолог может начать более глубокие исследования в различных направлениях, а затем перейти к проведению опытов: корректировке режимов сушки, изменению конструкции сушильной камеры, перенастройке или смене оборудования,

смене географического расположения для проведения технологического процесса и т.д.

Приведённый пример демонстрирует простоту и удобство проведения корреляционного анализа в рамках информационно-управляющей системы.

Заключение

На данный момент системы управления процессом сушки в большинстве производимых сушильных установок опираются на стандартизированные данные сушильного процесса и не учитывают в полной мере все возможные факторы, не позволяя организовать наиболее точную и эффективную настройку. Вышеописанная разработка даёт соответствующие возможности для исследования условий процесса сушки в перспективных направлениях и дальнейших обоснованных изменений, позволяя повысить качество продукции и энергоэффективность технологического процесса – основные показатели производства.

Литература

1. Рябов И.В. Автоматизированные информационно-управляющие системы: учебное пособие. Йошкар-Ола: ПГТУ, 2015. 200 с.
2. Смирнов Ю.А. Технические средства автоматизации и управления: учебное пособие. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2020. 456 с.
3. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: учебное пособие / И.А. Елизаров, А.А. Третьяков, А.Н. Пчелинцев и др. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. 160 с.
4. Федоров Д.Ю. Программирование на языке высокого уровня Python: учебное пособие для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2021. 210 с.
5. Шихалёв А.М. Корреляционный анализ. Непараметрические методы. Казань: Каз. ун-т, 2015. 58 с.
6. Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. Прикладные методы анализа статистических данных: учеб. пособие // Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2012. 310 с.
7. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов / Архангельск: ОАО «Научдревпром – ЦНИИМОД», 2000. 125 с.
8. Михеев А.А. Методы и средства автоматизированного управления сушильной камерой (промышленность): дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. ИРНИТУ. Ижевск, 2015. 133 с.
9. Standard Australia (2001). Timber – Assessment of Drying Quality. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS) 4787. Sydney, 2016. 24 p.
10. Standard Australia (2000). Timber – Classification into Strength Groups. Australian/New Zealand Standard (AS/NZS) 2878. Sydney, 2017. 36 p.
11. Siau J.F. Transport processes in wood. Springer-Verlag, New York, 1984. 245 p.
12. Sjostrom E. Wood Chemistry: Fundamentals and Applications. Academic Press Limited, London, 1993. 293 p.
13. Skaar C. Wood Water Relations. Springer-Verlag, New York, 1988. 283 p.
14. Stamm A.J. Wood and Cellulose Science. Ronald Press, New York, 1964. 509 p.
15. Langrish T.A.G., Walker J.C.F. Transport Processes in Wood. In: Walker, J.C.F. Primary Wood Processing. Chapman and Hall, London, 1993. 121–152 p.
16. Haque M.N. The Chemical Modification of Wood with Acetic Anhydride. MSc Dissertation. The University of Wales, Bangor, UK, 1997. 99 p.



НОВОСТИ МИРА

Глава НЦФМ рассказал об отечественной альтернативе литографическому оборудованию от ASML

На просторах Сети уже появлялась информация о том, что в России ведутся работы по литографической установке, способной выпускать 7-нм чипы, и даже говорилось о первых образцах полупроводников, а теперь появились новые данные по разработкам в этом направлении.

По словам научного руководителя НЦФМ Александра Сергеева, которые он привёл, выступая на завершившемся сегодня форуме «Атомэкспо 2022», в основе российского литографического оборудования будут лежать три отечественных достижения.

В пример, на который нужно ориентироваться и даже обойти его, Сергеев привёл литограф от ASML с модельным номером NXE:3400B, имеющий 13,5-нанометровую длину волны. Принцип функционирования данного оборудования заключается в испарении лазерной установкой капля из олова, в результате чего образуется плазма, а уже рентген-излучение от неё используется непосредственно для самой фотолитографии.

Что же касается «трёх достижений» – это активная разработка сканера с высокой мощностью, подготовка к применению рабочего тела, отличающегося от применяемого в машинах ASML олова, чем сейчас занимаются специалисты РЯЦ-ВНИИЭФ, а также разработка рентгеновских зеркал для фокуса излучения – по ним работы идут в ИПФ РАН, а также Федеральном ядерном центре (г. Саров).

Как утверждает Сергеев, совместная агрегация вышеуказанных разработок при участии специалистов НЦФМ и непосредственной поддержке «Росатомом», в ближайшие 2–3 года позволит создать российское литографическое оборудование с мощностью, которая будет в разы превосходить аналоги от ASML, а длина волны будет такой же – 13,5 нм.

techcult.ru

Российские разработчики должны создать 2300 новых программ до 2030 года

Как пишет издание «Ведомости», которое получило доступ к правительственным планам, изложенным в дорожной карте «Новое индустриальное программное обеспечение», от российских разработчиков к 2030 году требуется создать более 2300

новых программных продуктов. Информацию подтвердил источник в правительстве.

По плану, иностранные системы автоматизированного проектирования и управления жизненным циклом изделий (CAD и PLM) среднего и тяжёлого классов, которые используются в промышленности, будут почти полностью заменены. В настоящее время менее четверти (23%) таких программ разработаны в России.

Согласно установленному графику, в 2021 году количество российских CAD- и PLM-решений составляло 1323 единицы. К 2025 году их должно быть уже 2082 (почти 60% рынка), а к 2030-му – 3669 (около 90% рынка).

Предполагается, что к 2025 году объём российского рынка технологических решений увеличится до 58 млрд рублей, а к 2030-му – до 113 млрд. Внебюджетные вложения в развитие отрасли до 2025 года составят более 30 млрд рублей, ещё около 10 млрд рублей добавит государство.

Опрошенные эксперты считают, что создать российские решения необходимого качества и стандарта будет очень сложно из-за отсутствия в стране наработок по такому ПО и достаточного количества компетентных специалистов.

ixbt.com