

П. А. Кайнов, П. А. Кайнов

ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В РАЗРЕЖЕННОЙ СРЕДЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Ключевые слова: сушка пиломатериалов, циркуляция агента сушки, вакуумно-конвективная сушка.

Статья посвящена промышленной реализации результатов исследований процесса вакуумно-конвективной сушки пиломатериалов. Представлена разработанная промышленная установка, результаты ее испытаний.

Keywords: drying of timber, circulation of drying agent, heat conductivity, vacuum and convective drying.

The article is devoted to industrial implementation of research results vacuum-convective drying of sawn timber. Presents developed industrial installation, the results of its tests.

Введение

Одним из основных технологических процессов, оказывающих влияние на качество, себестоимость продукции и продолжительность производственного цикла на деревообрабатывающих предприятиях является сушка древесины. Современные тенденции совершенствования сушильного оборудования носят в последнее время не только эволюционный характер, направленный на улучшение характеристик действующего комплекса, но и революционный, принципиальным образом устраняющий недостатки существующих технологий и оборудования [1, 2].

Основная часть

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показали, что способ конвективной сушки пиломатериалов в разреженной среде теплоносителя позволяет значительно сократить продолжительность процесса без ущерба качеству, особенно для мягких пород древесины [2, 3].

На основе аналитического и патентного исследования разработана вакуумная установка для реализации исследуемого способа сушки [4, 5]. Внешний вид сушильной камеры представлен на рис. 1.

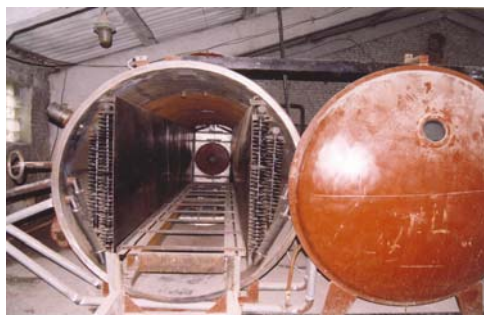


Рис. 1 – Внешний вид вакуумной сушильной камеры

Получившие наибольшее распространение в аппаратостроении цилиндрические обечайки отличаются простотой изготовления, рациональным расходом материала и хорошей сопротивляемостью давлению среды. Поэтому при конструировании аппаратов, если это не идет в разрез с какими-либо особыми тре-

бованиями, предъявляемыми к аппарату, рекомендуется применять цилиндрические обечайки.

Цилиндрические обечайки из пластичных материалов при работе аппарата под вакуумом изготавливаются преимущественно из листов вальцовкой с последующим соединением стыков сваркой [6].

При конструировании цилиндрических обечайек, независимо от материала и технологии изготовления, в соответствии с ГОСТ 9617–67 придерживаются внутренних базовых диаметров. Расчетную толщину корпуса сушильной установки, выполненной из стали марки X18H10T, исходя из устойчивости в пределах упругости, можно определять по номограмме, представленной на рис. 2 и полученной для различных диаметров и длин обечайки [7].

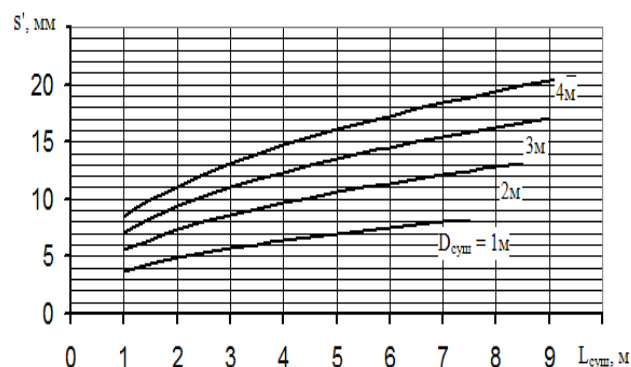


Рис. 2 – Номограмма расчета толщины цилиндрических обечайек для вакуумных сушильных камер, выполненных из стали марки X18H10T

Для перемещения агента сушки через штабель пиломатериалов используется центробежный вентилятор № 6 с удаленной улиткой, установленный в торце сушильной камеры. Вентилятор обладает следующими характеристиками: производительность – 31000 м³/ч; напор – 83 кгс/м²; потребляемая мощность на валу электродвигателя – 7,5 кВт. В аппарате организована продольная циркуляция агента сушки относительно штабеля пиломатериалов, поэтому прокладки между рядами досок сделаны специальной конструкции, обеспечивающей прохождение теплоносителя [6, 7].

Скорость циркуляции агента сушки вдоль штабеля пиломатериалов составила 5 м/с.

Вращение вентилятора происходит с помощью электродвигателя, расположенного вне камеры. Для герметизации сушильной камеры разработана упрощенная конструкция ввода вращения, позволяющая снизить себестоимость данного узла

Для откачки воздуха из рабочего пространства аппарата используются водокольцевые вакуумные насосы ВВН1-6. Для создания разрежения в свободном пространстве камеры достаточно использование одного вакуум-насоса, комплектация сушилки вторым насосом необходима для проведения плановых мероприятий по обслуживанию насоса без простоя всего сушильного комплекса.

Для передачи теплоты от теплоносителя к сушильному агенту используются масляные калориферы (рис. 3). Калориферы представляют собой замкнутую систему сообщающихся оребренных трубопроводов.



Рис. 3 – Расположение калориферов в сушильном аппарате

Нагрев масла происходит в электронагревателе, представляющем систему цилиндров с последовательным соединением, в торцы которых смонтированы трубчатые электронагреватели. Движение горячей органической жидкости между электронагревателем и теплоиспользующим аппаратом (вакуумная сушилка) осуществляется с помощью циркуляционного насоса. Вследствие значительного увеличения объема масла при его нагревании над сушильной установкой установлен расширительный бак.

Масло является наиболее дешевым органическим высокотемпературным теплоносителем. Также по сравнению с обогревом перегретой водой обогрев маслом позволяет получать высокую температуру практически без давления в системе [7-10].

Однако минеральные масла обладают низкими коэффициентами теплоотдачи, которые снижаются еще больше при термическом разложении и окислении масел. Их окисление и загрязнение поверхности теплообмена продуктами разложения усиливается в случае работы масел при температурах, близких к их температуре вспышки, и приводит к значительному ухудшению теплопередачи. Поэтому для получения достаточных тепловых нагрузок разность температур масла и температурой нагреваемого продукта должна быть не менее 15-20°.

Для теплоизоляции сушильной камеры вследствие дешевизны и удобства эксплуатации были использованы маты из стекловаты, максимальная температу-

ра эксплуатации которых составляет 150°С, что удовлетворяет условиям работы аппарата.

В ходе испытаний сушильная установка работала в сумме около 1600 часов. За это время до требуемой влажности было высушено порядка 48 м³ разных пород пиломатериалов. В это количество не вошел некондиционный продукт, полученный в ходе пуско-наладочных работ [11, 12].

Регулирование процесса сушки происходило по режимным параметрам, полученным в результате моделирования на ЭВМ процесса сушки соответствующих пород древесины.

Для неавтоматизированного управления процесса конвективной сушки при пониженном давлении в аппарате, были разработаны технологические регламенты в зависимости от толщины и различной влажности древесины, которые представлены в таблице 1. Описанные регламенты обеспечивают сушку пиломатериалов по II категории качества.

Указанные в таблице значения могут быть рекомендованы для сушки до 6-8% влажности пиломатериалов. Режимы, регламентируемые в таблицах предназначены для сушильных камер, обеспечивающих скорость циркуляции сушильного агента 5 м/с [13].

Таблица 1 - Параметры сушильного агента

Влажность древесины сосны %	Параметры сушильного агента перед штабелем при толщине пиломатериала, мм			
	25 - 50		50 - 60	
	t _{ср}	P _{ост}	t _{ср}	P _{ост}
>25	81-86	50	81-84	50
<25	88	54	86	56
<20	90	62	89	64

Начальный прогрев штабеля пиломатериалов происходит при атмосферном давлении. Чтобы максимально интенсифицировать процесс и минимизировать удаление влаги с поверхности древесины нагрев ведется в среде с высокой степенью насыщения. Продолжительность начального прогрева проводится согласно руководящим техническим материалам по технологии камерной сушки древесины [5, 14-16].

Закключение

Анализ продуктов сушки показал, что отклонение влагосодержания отдельных пиломатериалов от средней влажности по штабелю составило не более 2,5 %; перепад влагосодержания по толщине пиломатериалов не превышает 2 %; условный показатель остаточных напряжений (относительная деформация зубцов силовой секции) не более 1,5%. Кроме того, цветовая гамма высушенной древесины не претерпела заметных изменений. Таким образом, анализ продуктов сушки свидетельствует о II категории качества высушиваемой древесины.

Литература

1. Сафин, Р.Р. Вакуумно-конвективная сушка пиломатериалов: Монография / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов. – Казань: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2009 г. – 260 с. – ISBN 978-5-7882-0770-4.
2. Сафин, Р.Р. Математическая модель процесса конвективной сушки пиломатериалов в разряженной среде / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин // Известия Высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2006. - № 4. - С. 64-71.
3. Хасаншин, Р.Р. Математическая модель конвективной сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов при давлении ниже атмосферного / Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин, Р.Г. Сафин // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2005. - № 1. - С. 266-268.
4. Патент № 2425305 Российская Федерация, МПК В27N3/28. Способ сушки и термической обработки древесины / Р.Р. Сафин, Е.Ю. Разумов, Р.Г. Сафин, Р.Р. Хасаншин [и др.]; патентообладатель НТЦ РПО. - № 2010108198/06; заявл. 04.03.2010; опубл. 27.07.2011. – 10 с.: ил.
5. Патент № 2425306 Российская Федерация, МПК F26B9/06, F26B5/04. Установка для сушки древесины / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин [и др.]; патентообладатель НТЦ РПО. - № 2009143195/06; заявл. 23.11.2009; опубл. 27.07.2011. – 6 с.: ил.
6. Хасаншин, Р.Р. Предварительная термическая обработка древесного наполнителя в производстве ДПКМ / Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2012. - № 7. - С. 62-63.
7. Сафин, Р.Р. Новые подходы к совершенствованию вакуумно-конвективных технологий сушки древесины / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.Г. Сафин, П.А. Кайнов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2005. – № 5. – С. 16-18.
8. Сафин, Р.Р. Повышение эксплуатационных характеристик композиционных материалов, созданных на основе термически модифицированной древесины / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Р.В. Данилова // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2012. - № 7. - С. 64-66.
9. Сафин, Р.Р. Термомодифицирование древесины в среде топочных газов / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Е.Ю. Разумов, Н.А. Оладышкина // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. Москва. - 2010. - № 4. - С. 95-98.
10. Razumov, E.Y. Studies on mechanical properties of composite materials based on thermo modified timber / E.Y. Razumov, R.R. Safin, Štefan Barchnk, Monika Kvietkov, R.R. Khasanshin // Journal “Drvna industrija” (“Wood industry”) 64(1) 3-6 Zagreb, CROATIA, 2012, P. 3-8.
11. Хасаншин, Р.Р. Экспериментальные исследования динамики избыточного давления внутри древесины при ее термическом модифицировании / Р.Р. Хасаншин // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2013. - № 14. - С.
12. Хасаншин, Р.Р. Исследование изменения химического состава древесины, подвергнутой термомодифицированию, с помощью ИК-спектрометра / Р.Р. Хасаншин, Р.Р. Сафин // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2010. - № 9. - С. 116-117.
13. Хасаншин, Р.Р. Исследование режимов сушки в вакуум-осциллирующей установке / Р.Р. Хасаншин, Ш.Р. Мухаметзянов // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2011. - № 6. - С. 207-211.
14. Сафин, Р.Р. Снижение расхода энергии на проведение процессов сушки древесины посредством вакуумно-конвективной технологии / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, Ф.Г. Валиев, Р.Р. Гильмиев // Деревообрабатывающая промышленность. М. - 2008. - № 5. - С. 22-23.
15. Хасаншин, Р.Р. Экспериментальные исследования динамики избыточного давления внутри древесины при ее термическом модифицировании / Р.Р. Хасаншин // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2013. - № 14. - С. 116-117.
16. Сафин, Р.Р. Обзор современных решений сотрудников ФГБОУ ВПО «КНИТУ» в области техники и технологии сушки пиломатериалов / Р.Р. Сафин, Р.Р. Хасаншин, П.А. Кайнов // Вестник Казанского государственного технологического университета. Казань. - 2013. - № 23. - С. 76-78.

© П. А. Кайнов – канд. техн. наук, доц. каф. архитектуры и дизайна изделий из древесины КНИТУ; П. А. Кайнов – канд. техн. наук, ассистент той же кафедры, olambis@rambler.ru.