

Научная статья

УДК 674.047

EDN QUQKEJ

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0635-4-237-245>

Современные технологии и оборудование для сушки древесины

Наталья Алексеевна Тимченко¹, кандидат биологических наук, доцент
Виктория Васильевна Сергеева², кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Максим Анатольевич Федорович³, студент магистратуры
^{1, 2, 3} Дальневосточный государственный аграрный университет

Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ timchenko-nat@mail.ru, ² grafik-71@mail.ru, ³ surf028@mail.ru

Аннотация. Описаны традиционные распространенные и новые методы сушки пилопродукции. По данным способам раскрыты принципы действия, возможности и предпочтения практического применения, преимущества и недостатки, способы повышения качества сушки. Дан анализ особенностей сушки крупномерных лесоматериалов энергией электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Обоснованы главные прикладные и фундаментальные проблемы, от решения которых зависит успешность применения в производственных условиях данного метода.

Ключевые слова: сушка, штабель лесоматериалов, способы укладки, теплоноситель, сушильные камеры, связанная и свободная влага, конденсат, циркуляция

Для цитирования: Тимченко Н. А., Сергеева В. В., Федорович М. А. Современные технологии и оборудование для сушки древесины // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 18–19 апреля 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 237–245.

Original article

Modern technologies and equipment for drying wood

Natalia A. Timchenko¹, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Victoria V. Sergeeva², Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
Maksim A. Fedorovich³, Master's Degree Student

^{1, 2, 3} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ timchenko-nat@mail.ru, ² grafik-71@mail.ru, ³ surf028@mail.ru

Abstract. The traditional widespread and new methods of drying saw products

are described. According to these methods, the principles of action, possibilities and preferences of practical application, advantages and disadvantages, ways to improve the quality of drying are disclosed. The analysis of the features of drying large-sized timber with the energy of an ultrahigh frequency electromagnetic field is given. The main applied and fundamental problems are substantiated, the solution of which determines the success of the application of this method in production conditions.

Keywords: drying, timber stack, laying methods, coolant, drying chambers, bound and free moisture, condensate, circulation

For citation: Timchenko N. A., Sergeeva V. V., Fedorovich M. A. Modern technologies and equipment for drying wood. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 18–19 aprelya 2024 g.)* (PP. 237–245), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024 (in Russ.).

Введение. Среди множества натуральных материалов древесина относится к широко востребованному виду конструкционного сырья для переработки в различных сферах и отраслях народного хозяйства. Без соблюдения режимов гидротермической обработки невозможно получить высококачественную готовую продукцию и материалы из древесины.

Большинство распространенных традиционных методов сушки не отвечают требованиям, предъявляемым к качеству древесины в современных условиях, по многим характеристикам, в том числе из-за длительного режима, неравномерности сушки, и, как следствие, покоробленностей пиломатериалов, трещин из-за высоких внутренних напряжений [1].

Для совершенствования технологического режима, получения лучшего качества высушенных древесных материалов в последние годы ведутся научные разработки, которые позволяют сократить период сушки и снизить энергопотребление установок [2].

В целях защиты древесины от повреждений вредителями и гнилями, а также для минимизации внутренних напряжений разработано несколько способов хранения лесоматериалов, которые учитывают природно-климатиче-

ские условия, особенности производственных процессов для многих лесоперерабатывающих предприятий [3, 4].

Цель исследования – провести анализ технологических процессов и современного оборудования для сушки древесины.

Результаты исследований. При длительном складировании леса происходит посинение, появляется гниль; доход от продажи подпорченного леса снижается, что нежелательно допускать, но это не всегда удается. Решением проблемы становится совершенствование технологии и качества хранения лесоматериалов.

Лесоматериалы хвойных пород после рубок (особенно сосны обыкновенной *Pinus sylvestris* L.) и пилопродукция из них подвергаются повреждениям грибов, приводящим к коррозионным и деструктивным гнилям, после заселения плесневыми и деревоокрашивающими патогенами, а в дальнейшем древесина поражается и дереворазрушающими формами.

Технологические режимы должны обеспечивать неблагоприятные условия, препятствующие поселению и развитию вредителей, защищать от воздействия климатических факторов и предотвращать возможность заражения древесной продукции.

При заготовке лесоматериалов, их последующей обработке и хранении наиболее известны следующие способы гидротермической обработки: индукционная; аэродинамическая; конвективная; контактная, сушка в поле токов высокой частоты (ТВЧ) и в сверхчастотном поле (СВЧ); в жидкостных средах (в петролатуме); ротационная; вакуумная; ультразвуковая; инфракрасная и особенно распространенная и чаще всего применяемая (даже в настоящее время) атмосферная [5].

Атмосферная сушка применяется в случае подсушки пилопродукции на предприятиях, когда доминирует сезонная отгрузка продукции. Укладка лесоматериалов

материалов производится в штабели на открытом воздухе, под навесом и в необогреваемых помещениях. Достоинства метода в том, что не требуется использовать сушильные установки и отсутствуют затраты на теплоносители.

С целью повышения качества изделий влагу из древесины удаляют принудительно – сушкой в камерах или на открытом воздухе, что требует длительного времени [6]. К недостаткам атмосферной сушки можно отнести: нерегулируемость технологических процессов (из-за погодных условий) и направлений ветров; востребованность больших производственных площадей, так как для высушенных материалов нужны дополнительные пространства; кроме того, минимальная влажность древесины по окончании сушки составляет 20–25 %, и для дальнейшей переработки требуется дополнительная сушка до требуемой промышленной влажности 8–12 %.

При **конденсационной сушке** укладка пиломатериалов проводится в штабели рядовым способом, загрузка ведется в закрытые камеры. При формировании штабеля необходимо создавать пространства для размещения металлических пластин (желательно алюминиевых с полостями), по которым циркулирует теплоноситель высокой температуры. Оборудование снабжено системой охлаждения и сбора конденсата, который сбрасывается в локальные канализационные установки.

При данном способе затраты на электроэнергию минимальны, но сама установка дорогостоящая. Способ не рекомендуется для сушки ценных твердолиственных пород. Время сушки древесины в 1,5–2 раза продолжительней, чем при конвективной сушке.

Конвективная сушка древесины возможна в производственных условиях исключительно в закрытых сушильных камерах. Для циркуляции теплоносителя создаются просветы между уложенными рядами пиломатериалов посредством прокладок. Для подогрева и поддержания высоких температур топочных газов, водяного пара, горячего воздуха применяются калориферы.

Процесс сушки предусматривает три стадии: нагрев, собственно сушка и охлаждение (кондиционирование). Для равномерности высыхания в сушильной камере предусмотрена регулируемость скорости сушильного агента. Нагрев теплоносителей должен превышать 100 °С. Невысокая цена сушильной установки, сравнительно простое устройство и управление режимом сушки – основные преимущества данной технологии. Имеется ряд недостатков: выброс в воздух конденсатов с содержанием вредных веществ; попадание частиц от теплоносителей на пиломатериалы; низкое качество пиломатериалов (влажность выше 15 %); длительность процесса сушки.

Нагрев от инфракрасного излучения лесных древесных материалов осуществляется **инфракрасной сушкой**, с помощью которой возможно осуществлять поверхностный или глубинный нагрев. Однако малое проникновение в древесину инфракрасных волн ограничивает применение данного способа в промышленности.

Сушка древесины **ультразвуковыми волнами** предусматривает удаление влаги из древесины посредством кавитации. Кавитация (cavitas – пустота) (гидродинамическая кавитация) – образование в жидкости пузырьков или полостей, заполненных паром, газом или их смесью, при обтекании жидкостью твердых тел. Данные процессы возникают при вскипании жидкости за счет гидродинамического понижения давления. Это явление способствует разрушению капиллярных связей между молекулами воды и волокнами древесины, облегчая выход влаги. Кавитация при сушке древесины с использованием ультразвука представляет собой многообещающий подход, который может привести к значительным улучшениям в процессе сушки. Однако успешное применение этой технологии требует глубокого понимания процессов, происходящих на микро-молекулярном уровне, тщательного контроля параметров обработки и дальнейшего совершенствования.

Технология **индукционной сушки** заключается в нагреве ферромагнитных элементов для передачи тепла пиломатериалам, помещенным в электромагнитное поле промышленных установок, что позволяет сократить временные затраты на сушку в два раза, чем при конвективном методе. Образование высоких внутренних напряжений в древесине, дороговизна сушильных установок, а также локальность перегревов, снижающих качество высушенной древесины, являются недостатками данной технологии.

Получение пилопродукции высокого качества сушки, почти без микротрещин, возможно в **вакуумных установках**, позволяющих обеспечить как высокое, так и низкое атмосферное давление. В таком оборудовании в режиме низкого давления снижается температура кипения воды, что обеспечивает мягкий режим сушки. Тем не менее, высокая цена, сложность в обслуживании автоклавов и ограничение в объемах загрузки – недостатки данного способа. Такие технологии применяются в производствах для сушки ценных твердolistвенных пород.

Сушка древесины в **поле токов высокой частоты (ТВЧ)** обеспечивается посредством нагрева лесоматериалов за счет диэлектрических потерь между обкладками высокочастотного конденсатора. Для данного способа необходимо применение высоко-сложного технологического оборудования, потребляющего большое количество электроэнергии; при этом сушка в поле ТВЧ относится к интенсивному скоростному процессу. Удаление влаги контролируется специальными приборами – кондуктометрическими электровлагомерами, или весовым методом, основанном на выделении воды из древесины разными способами [6].

В основе **сверхвысокочастотной сушки (СВЧ)** лежит процесс преобразования электромагнитного поля сверхвысокой частоты в тепловую энергию при прохождении через облучаемый древесный материал. Свободная и гигроскопическая влага, находящаяся в клеточных стенках, в полостях клеток и

межклетниках, а также энергия СВЧ-поля обеспечивают быстрый разогрев древесины по всему объему и интенсивность диффузии пара из внутренних слоев к периферии. В промышленных установках при сушке крупномерных лесоматериалов (например, клееный брус, бревна, пластины, пиловочник любых размеров, доски толщиной более 32 мм, в том числе ценных пород) используют частоты 435 и 915 МГц, при которых качественная сушка без образования трещин, покوروبленностей в других установках затруднена или невозможна.

Так, для оцилиндрованных бревен из лиственницы Гмелина (*Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr.) (породы, характеризующейся высокими механическими свойствами) время сушки сокращается в 50 раз по сравнению с конвективной сушкой. Основные преимущества сушки в поле СВЧ – объемный нагрев древесины за короткое время, что позволяет мгновенно подвести к высушиваемой древесине энергию; возможность применения саморегулируемого бесконтактного избирательного способа увеличения температуры нагрева материала; высокое качество продукта; экологичность режима сушки. К недостаткам можно отнести затруднения в равномерности обеспечения сверхвысокочастотного поля и высокую цену оборудования.

Заключение. 1. Предпочтительнее использовать комбинирование СВЧ-нагрева древесины с обдувом потоком горячего воздуха, так как реализация вакуумирования повышает сложность и стоимость технологического оборудования. По типу действия более рационально использовать лесосушильные установки волноводные СВЧ- и СВЧ-конвективные.

2. По совокупности критериев наиболее перспективными методами сушки древесины являются СВЧ-сушка и комбинирование СВЧ-сушки с вакуумированием или обдувом древесины потоком горячего воздуха.

3. Традиционные методы сушки древесины не обеспечивают в полной мере требуемый уровень качества высушенного материала и характеризуются

высокой продолжительностью процесса сушки.

4. Для практической реализации преимуществ СВЧ-сушки древесины необходимо проводить: научные изыскания, направленные на разработку способов формирования однородного СВЧ-поля в открытых и закрытых резонаторах сложной геометрической формы, заполненных различными средами; исследования влияния СВЧ-полей на электромагнитные и физические параметры сред; исследования взаимозависимости тепловых и электромагнитных полей и их влияния на материальные среды, их элементов в приложении к микроволновым технологическим установкам.

Список источников

1. Кизина О. А., Адамович А. Л., Грозберг Ю. Г. Анализ современных методов и оборудования для сушки древесины // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2011. № 3. С. 32–37.
2. Сушка древесины // Символ науки. 2021. № 4.
3. Комяков А. Н., Диев Р. И. Теория и практика хранения древесного сырья с использованием снегования и заморозки // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 4 (16). С. 123–127.
4. Чемоданов А. Н., Царев П. Е. Резервные запасы лесоматериалов и способы их хранения на лесопромышленных складах и складах сырья потребителей // Вестник Поволжского государственного технологического университета. 2012. № 2.
5. Пейч Н. Н., Царев Б. С. Сушка древесины. М. : Высшая школа, 1971. 220 с.
6. Сергеева В. В., Тимченко Н. А., Новеченок А. П. Влажность древесины как физический фактор // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. С. 359–364.

References

1. Kizina O. A., Adamovich A. L., Grozberg Yu. G. Analysis of modern methods and equipment for drying wood. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya B. Promyshlennost'. Prikladnye nauki*, 2011;3:32–37 (in Russ.).
2. Drying of wood. *Simvol nauki*, 2021;4 (in Russ.).

3. Komyakov A. N., Diev R. I. Theory and practice of storage of wood raw materials using snowing and freezing. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2012;4(16): 123–127 (in Russ.).

4. Chemodanov A. N., Tsarev P. E. Reserve stocks of timber and methods of their storage in timber industry warehouses and consumer raw materials warehouses. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2012;2 (in Russ.).

5. Peych N. N., Tsarev B. S. *Drying of wood*, Moscow, Vysshaya shkola, 1971, 220 p. (in Russ.).

6. Sergeeva V. V., Timchenko N. A., Novechenok A. P. Wood moisture as a physical factor. Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: *Vserossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya* (PP. 359–364), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2022 (in Russ.).

© Тимченко Н. А., Сергеева В. В., Федорович М. А., 2024

Статья поступила в редакцию 25.03.2024; одобрена после рецензирования 08.04.2024; принята к публикации 07.06.2024.

The article was submitted 25.03.2024; approved after reviewing 08.04.2024; accepted for publication 07.06.2024.