

17.Kunitskaya O.A., Grigorev I.V., Davtyan A.B., Grigorev V.I., Nguyen T.N. [Technical and economic analysis of biofuel production from wood] // Remont. Vosstanovlenie. Modernizaciya. [Repair. Restoration. Modernization]. 2020. № 12. pp. 29-35. (InRuss.).

18.Kunitskaya O.A. [Estimation of the Economics of Wood Pellet Production in Russia] // Potencial nauki i obrazovaniya: sovremennye issledovaniya v oblasti agronomii, zemleustrojstva, lesnogo hozyajstva [Potential of Science and Education: Modern Research in Agronomy, Land Management, Forestry]. 2019. pp. 27-32. (InRuss.).

19.Zorin M.V., Kunitskaya O.A. [Modern prefabricated pavements for the construction of temporary forest roads and technological corridors] // Lesnaya inzheneriya, materialovedenie i dizajn. materialy 86-j nauchno-tekhnicheskoy konferencii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, nauchnyh sotrudnikov i aspirantov (s mezhdunarodnym uchastiem). Minsk [Forest Engineering, Material Science and Design. materials of the 86th scientific and technical conference of professors, researchers and graduate students (with international participation). Minsk], 2022. pp. 54-57. (InRuss.).

20.Grigorev I.V., Grigoreva O.I. [Ways to increase motivation of young people to work in the forestry complex] // Lesoekspluatatsiya i kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny. Sbornik statej IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Krasnoyarsk [Forest exploitation and integrated use of wood. Proceedings of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk], 2022. pp. 31-35. (InRuss.).

21.Grigoreva O.I., Grigorev I.V. [Increasing the effectiveness of staffing of the forestry complex of the Russian Federation] // Arhitektura universitetskogo obrazovaniya: postroenie edinogo prostranstva znanij. sbornik trudov IV Nacional'noj nauchno-metodicheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [Architecture of university education: building a common space of knowledge. Proceedings of IV National Scientific and Methodological Conference with international participation]. 2020. pp. 123-130. (InRuss.).

22.Grigorev I.V., Kunitskaya O.A., Rudov S.E., Grigoreva O.I., Voynash S.A. [Best practices of forest machine operators training] // Stroitel'nye i dorozhnye mashiny [Building and Road Machines]. 2020. № 10. pp. 42-48. (InRuss.).

23.Kunitskaya O.A., Grigorev I.V., Nguyen T.N. [Modern methods and forms of training forest machine operators] // Innovacii v himiko-lesnom komplekse: tendencii i perspektivy razvitiya. Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Otvetstvennye redaktory YU.A. Bezrukih, E.V. Mel'nikova [Innovations in the chemical and forestry complex: trends and prospects for development. Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference. A. Bezrukikh, E.V. Melnikova]. 2020. pp. 277-280. (InRuss.).

24.Grigorev I.V., Voinash S.A. [Increasing the effectiveness of forest machine operators training] // Lesoekspluatatsiya i kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny. Sbornik statej Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Krasnoyarsk [Forest exploitation and integrated wood use. Collection of articles of the All-Russian Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk], 2020. pp. 62-66. (InRuss.).

25.Alizadeh S.A. [Volumetric-block house-building: experience and prospects for development] // Arhitektura i dizajn [Architecture and Design]. 2017. № 1. pp. 38-52. (InRuss.).

©Leonova O.N. – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics Department, Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, e-mail: onl60@mail.ru.

УДК 674.04

УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ ШПОНА В СВЧ-ПОЛЕ

А.Н. Чемоданов, Р.Р. Сафин, А.Е. Кочетов, К.А. Никитин

В данной статье рассматривается проблема сушки шпона на производствах фанеры. Строганный и лущеный шпон – одни из самых распространенных производных в лесопромышленном комплексе. Для получения качественного материала для дальнейшего его использования требуется низкая влажность. Сушка шпона по сравнению с пиломатериалами имеет некоторую специфику, определяемую особенностями конструкций сушильных устройств, режимов сушки. Технология массовой сушки шпона при производстве фанеры достаточно хорошо отработана. Однако имеются большие объемы шпона и их отходов, которые могут быть использованы для выпуска некоторых

видов продукции и для которых требуются специальные сушильные устройства. Авторы предлагают устройство для сушки шпона в СВЧ-полях, которое представлено в разных проекциях, где детально описаны компоненты установки. При данном способе сушки шпон подвергается воздействию магнетронов, вследствие чего материал нагревается и в дальнейшем сушится в течение заданного времени без использования жестких высокотемпературных режимов. Были получены оптимальное время сушки, а также необходимая потребная мощность на единицу площади шпона.

Ключевые слова: сушка отходов шпона, фанерное производство, шпон нестандартных размеров, СВЧ-сушка.

Введение

Сушка шпона по сравнению с сушкой древесины имеет свои особенности. Малая толщина шпона и его большая площадь создают идеальные условия для его интенсивной сушки. Использование жестких температурных режимов, не причиняя ущерба шпону.

Отсутствие жесткой фиксации шпона между металлическими лентами позволяют избежать разрывов шпона, но влияют на качество высушенного шпона. Качество высушенного шпона невысокое, он характеризуется волнистостью и гофром. Поэтому ленточные сушилки не получили широкого распространения и требуют дальнейшей разработки.

Сегодня на фанерных заводах при лущении бревен, подготовке шпона для сушки накапливается большое количество отходов шпона. Обрывки шпона, заломы имеют неправильную форму, нестандартные размеры и не могут быть высушены на роликовых или ленточных сушильных установках, применяемых для размеров стандартного шпона. Объемы отходов шпона велики и могут быть с успехом использованы при производстве малогабаритной мебели, кухонных наборов, дачных гарнитуров. Наряду с механической обработкой очень широко применяется склеивание шпона. Влажность такого шпона достигает около 20%, что ухудшает качество склеивания, требуется сушка шпона до влажности 6÷12% [1].

Строганный шпон используется как облицовочный материал, а лущеный при производстве фанеры и древеснослоистых материалов. При производстве шпона получается большое количество отходов, которые могут быть использованы для изготовления каких-либо видов продукции. Эти отходы имеют влажность около 20%, что затрудняет его дальнейшую переработку и особенно склеивание, где требуется 6÷8% влажности [2].

В фанерном производстве основными сушильными устройствами являются роликовые или ленточные сушилки, сушильным агентом в них служит воздух или газоздушная смесь. Сушильные печи имеют несколько этажей, расположенных один под другим, по которым движутся листы шпона. Скорость движения сушильного агента по поверхности шпона достигает 15 м/с.

Методы и материалы

По заявке производства в ПГТУ на кафедре деревообрабатывающих производств было разработано несколько вариантов устройств для сушки древесины [3]. Было получено несколько патентов на разработанные конструкции сушильных установок, из них одна была разработана для сушки шпона [4], однако предпочтение было отдано устройству, изображенному на рис. 1.

Техническим результатом является непрерывность процесса сушки шпона любой влажности из древесины различных пород, простота устройства, отсутствие потерь энергии, возможность автоматизации работы устройств [5]. Изобретение поясняется чертежами, где на рис. 1 под литерой «а» показан вид секции сбоку, под литерой «б» вид секции сверху, на рис. 2 разрез по А-А.

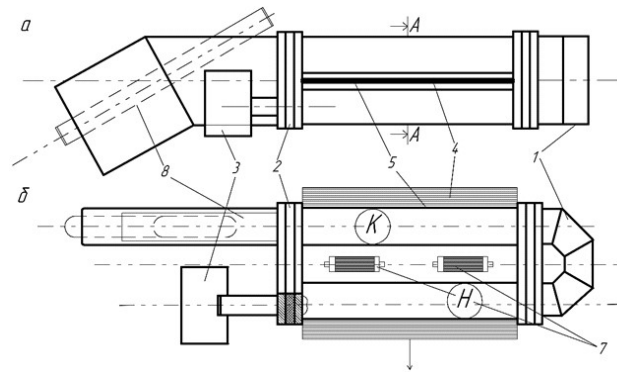


Рис. 1. Устройство для сушки шпона в СВЧ-поле: а – вид секции сбоку, б – вид секции сверху

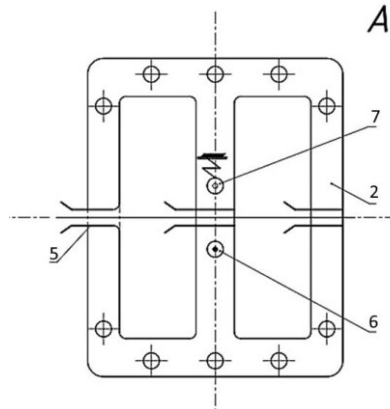


Рис. 2. Разрез по А-А устройства для сушки шпона в СВЧ-поле

Устройство для сушки шпона в СВЧ-поле, состоящее из одной или нескольких секций, имеет одинаковое функциональное назначение.

Корпус каждой секции является волноводом 1, который имеет U-образную форму, включающий два участка: первый – начальный «Н» и второй – конечный «К», расположенных в горизонтальной плоскости, параллельных друг другу и соединенных между собой при помощи фланцев 2. В начале первого участка «Н» волновода 1 присоединен магнетрон 3. Магнетрон 3 создает СВЧ-поле, поступающее в волновод 1, и, при движении по нему, нагревает ленту шпона 4, проходящую через горизонтальную щель 5, образованную в корпусе волновода. Для улучшения перемещения шпона каждая секция имеет необходимое количество пар роликов приводных 6 и прижимных 7. При вращении приводных роликов 6 имеет возможность менять число их оборотов для изменения скорости перемещения ленты шпона 4, обеспечивая тем самым необходимое натяжение ленты шпона для избегания волнистости и регулирования температуры нагрева.

Неиспользованная энергия СВЧ-поля гасится водяным буфером 8, расположенном в конце второго участка «К» волновода, для исключения выхода СВЧ-поля за пределы процесса устройства.

Высушиваемый шпон непрерывно перемещается в поперечном к корпусу волновода направлении при помощи подающих и прижимных роликов [6].

В качестве получения предварительных результатов использовалась экспериментальная установка с мощностью магнетрона до 900 Вт. Применялись 2 режима сушки шпона – 600 и 900 Вт, испытывались заготовки шпона из березы, длиной (l) 25,3-27,4 см, шириной (b) 5,8-6,8 см и толщиной 0,15 см. Проводились замеры температуры (T) в градусах Цельсия ($^{\circ}\text{C}$) и влажность (W) материала заготовки перед сушкой и после него в %. Совершалась фиксация времени прогрева в секундах. Рассчитывалась площадь заготовок (S), температура ΔT , на которую нагревался материал заготовки по сравнению с начальной температурой, а также потребные затраты энергии (Q_p) в $\text{Вт}\times\text{ч}/\text{м}^2$.

Результаты

В ходе экспериментальных исследований были выявлены значительные изменения влажности и температуры под влиянием мощности магнетрона за определенный промежуток времени. Результаты представлены в таблице 1. Исходя из полученных данных было решено получить расход энергии на сушку шпона, результаты представлены на таблице 2.

Таблица 1 – Результаты сушки шпона в СВЧ-поле

Номер образца	$T_{нач.}, ^\circ C$	$T_{конеч.}, ^\circ C$	$\Delta T, ^\circ C$	$W_{нач.}, \%$	$W_{конеч.}, \%$	Мощность магнетрона, Вт	Время прогрева, мин.
1-1	18	29,7	11,7	52,8	42,5	600	1
1-2	17,7	26,6	8,9	42,4	38,6	600	1
1-3	17,6	26,3	8,7	42,6	33,5	600	1
2-1	18,7	32,7	14	38,2	31,6	900	2
2-2	18,3	32,4	14,1	43	33,6	900	2
2-3	17,4	32,4	15	37,9	33,6	900	2
3-1	20,7	31,8	11,1	35,6	20,4	900	3
3-2	18,4	33,5	15,1	36,3	21,5	900	3
3-3	17,7	33,3	15,6	35,3	23	900	3
4-1	17,6	41,4	23,8	40,9	20,3	900	4
4-2	17,9	46,2	28,3	42,3	9,5	900	4
4-3	18,6	47,6	29	39,3	12,9	900	4
5-1	18	47	29	39,9	4,5	900	5
5-2	17,8	47,1	29,3	36,4	4,3	900	5
5-3	17,6	44,5	26,9	35,1	5,6	900	5

Таблица 2 – Расходы энергии при сушке шпона в СВЧ-поле

Номер образца	$l, м$	$b, м$	$S, м^2$	Мощность магнетрона, Вт	Время прогрева, сек.	$Q_p, Вт \times сек/м^2$	$Q_p, Вт \times время прогрева/м^2$
1-1	0,253	0,061	0,015433	600	60	10,7561718	645,3703104
1-2	0,272	0,063	0,017136	600	60	9,68720822	581,232493
1-3	0,271	0,068	0,018428	600	60	9,00803126	540,4818754
2-1	0,258	0,061	0,015738	900	120	15,8851188	1906,214258
2-2	0,259	0,065	0,016835	900	120	14,8500149	1782,001782
2-3	0,259	0,064	0,016576	900	120	15,0820463	1809,84556
3-1	0,271	0,063	0,017073	900	180	14,6430036	2635,740643
3-2	0,274	0,058	0,015892	900	180	15,7311855	2831,61339
3-3	0,27	0,063	0,01701	900	180	14,6972369	2645,502646
-1	0,253	0,062	0,015686	900	240	15,9377789	3825,066939
4-2	0,273	0,063	0,017199	900	240	14,5357288	3488,574917
4-3	0,271	0,064	0,017344	900	240	14,4142066	3459,409594
5-1	0,272	0,063	0,017136	900	300	14,589169	4376,7507
5-2	0,257	0,064	0,016448	900	300	15,1994163	4559,824903
5-3	0,257	0,066	0,016962	900	300	14,738828	4421,648391

Анализ таблицы 1 приводит к выводу, что получить довольно сухой шпон без ущерба качеству можно за 5 минут при мощности магнетрона 900 Вт. Показатель влажности получился ниже требованиям ГОСТ 2977-82 ($8 \pm 2\%$) [7]. Полученная температура заготовок считается допустимой в силу того, что при данных значениях невозможно самовозгорание. Полученные результаты, показанные на табл. 2, демонстрируют невысокую энергоёмкость процесса.

Заключение

Проведенные опыты по экспериментальному исследованию зависимости энергоёмкости сушки шпона показали, что энергоёмкость сушки шпона значительно меньше энергоёмкости сушки пиленных лесоматериалов [8, 9]. В данном методе нет необходимости воздействовать на шпон жесткими высокотемпературными режимами. Предлагаемая конструкция сушильной установки позволяет получать шпон ровным без гофров и волнистости вне зависимости от его размеров за короткий промежуток времени [10, 11]. Сейчас имеются запросы на изготовление предлагаемой конструкции сушильного устройства от ряда производственных организаций.

Литература

1. Скуратов Н.В. Тепловая обработка древесины / Н.В. Скуратов // Лесная индустрия. – 2017. – №6 (110). – С. 44-50.
2. Технология и оборудование для изготовления лушеного шпона // Современные Технологии Производства. URL: <https://extxe.com/7483/drevesina-materialy-i-izdelija-na-ee-osnove/> (дата обращения 17.08.2022)
3. Чемоданов А.Н. Сушка древесины: учебное пособие / А.Н. Чемоданов, Е.М. Царев, С.Е. Анисимов. – Йошкар-Ола, МарГТУ, 2005. – 240 с.
4. СВЧ-камера для сушки шпона: пат. № 2531709 РФ. заявл. 2013130475/06, 02.07.2013; опубл. 24.10.2014.
5. Чемоданов А.Н., Инородцева Н.А., Корякин В.А., Гайнуллин Р.Х. Сушка строганого шпона с использованием СВЧ-энергии // Наука и мир. 2013. № 2 (2). С. 73-75.
6. Устройство для сушки шпона в СВЧ-поле: заявка на патент РФ. заявл. 2022 120855, 29.07.2022.
7. ГОСТ 2977-82. Шпон строганный. Технические условия. – Введ. 1983-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. – 11 с.
8. Дьяконов К.Ф. Сушка древесины токами высокой частоты / К.Ф. Дьяконов, А.А. Горяев. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – 169 с.
9. Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие / А.И. Расев, А.А. Косарин. – М. Форум, 2010. – 416 с.
10. Тетерин Л.А. Применение установок с СВЧ нагревом древесины для сушки лесоматериалов / Л.А. Тетерин, Г.П. Паничев. – М, ЗАО «НПП МАГРАТЕП». 2003. – 56 с.
11. Чемоданов А.Н., Минина Е.А., Казанцев С.А. Возможность использования СВЧ-установок в современном деревообрабатывающем производстве // Сборник научных трудов III Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса» – Кострома: Костромской государственный технологический университет, 2015. С. 90-91.

© **Чемоданов А.Н.** – канд. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой деревообрабатывающих производств, ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет» (ФГБОУ ВО «ПГТУ»), e-mail: ChemodanovAN@volgatech.net; **Сафин Р.Р.** – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Архитектура и дизайн изделий из древесины» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВО «КНИТУ»), e-mail: cfaby@mail.ru; **Кочетов А.Е.** – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств, ФГБОУ ВО «ПГТУ», e-mail: KochetovAE@volgatech.net; **Никитин К.А.** – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств, ФГБОУ ВО «ПГТУ», e-mail: nikitin-konstantin-wood@yandex.ru.

UDC 674.04

A DEVICE FOR DRYING VENEER IN A MICROWAVE FIELD

A.N. Chemodanov, R.R. Safin, A.E. Kochetov, K.A. Nikitin

This article discusses the problem of drying veneer in plywood production. Planed and peeled veneer are one of the most common derivatives in the timber industry. To obtain high-quality material for its further use, low humidity is required. Drying of veneer in comparison with lumber has some specifics determined by the design features of drying devices, drying modes. The technology of mass drying of veneer in the production of plywood is quite well developed. However, there are large volumes of veneer and their waste, which can be used for the release of some types of products and for which special drying devices are required. The authors propose a device for drying veneer in microwave fields, which is presented in different projections, where the components of the installation are described in detail. With this drying method, the veneer is exposed to magnetrons, as a result of which the material is heated and subsequently dried for a specified time without using harsh high-temperature regimes. The optimal drying time was obtained, as well as the required required power per unit area of the veneer.

Keywords: drying veneer's waste, plywood production, veneer non-standard sizes, microwave drying.

References

1. Skuratov N.V. Teplovaya obrabotka drevesiny / N.V. Skuratov // Lesnaya industriya. – 2017. – №6 (110). – S. 44-50. (In Russ)
2. Tekhnologiya i oborudovanie dlya izgotovleniya lushchenogo shpona // Sovremennye Tekhnologii Proizvodstva. URL: <https://extxe.com/7483/drevesina-materialy-i-izdelija-na-ee-osnove/> (data obra-shcheniya 17.08.2022) (In Russ)
3. Chemodanov A.N. Sushka drevesiny: uchebnoe posobie / A.N. Chemodanov, E.M. Tsarev, S.E. Anisimov. – Joshkar-Ola, MarGTU, 2005. – 240 s. (In Russ)
4. SVCH-kamera dlya sushki shpona: pat. № 2531709 RF. zayavl. 2013130475/06, 02.07.2013; opubl. 24.10.2014. (In Russ)
5. Chemodanov A.N., Inorodtseva N.A., Koryakin V.A., Gajnullin R.H. Sushka stroganogo shpona s ispol'zovaniem SVCH-energii // Nauka i mir. 2013. № 2 (2). S. 73-75. (In Russ)
6. Ustrojstvo dlya sushki shpona v SVCH-pole: zayavka na patent RF. zayavl. 2022 120855, 29.07.2022. (In Russ)
7. GOST 2977-82. SHpon stroganyj. Tekhnicheskie usloviya. – Vved. 1983-01-01. – M.: IPK Iz-datel'stvo standartov, 2008. – 11 s. (In Russ)
8. D'yakonov K.F. Sushka drevesiny tokami vysokoj chastoty / K.F. D'yakonov, A.A. Goryaev. – M.: Lesn. prom-st', 1981. – 169 s. (In Russ)
9. Rasev A.I. Hidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny: uchebnoe posobie / A.I. Rasev, A.A. Kosarin. – M. Forum, 2010. – 416 s. (In Russ)
10. Teterin L.A. Primenenie ustanovok s SVCH nagrevom drevesiny dlya sushki lesomateria-lov / L.A. Teterin, G.P. Panichev. – M, ZAO «NPP MAGRATEP». 2003. – 56 s. (In Russ)
11. Chemodanov A.N., Minina E.A., Kazancev S.A. Vozmozhnost' ispol'zovaniya SVCH-ustanovok v sovremennom derevoobrabatyvayushchem proizvodstve // Sbornik nauchnyh trudov III Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii «Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa» – Kostroma: Kostromskoj gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2015. S. 90-91.

©**Chemodanov A.N.** – PhD in Engineering sciences, Associate Professor of the Department of Woodworking Industries, Volga State University of Technology (VSUT), e-mail: ChemodanovAN@volgatech.net; **Safin R.R.** – Grand PhD in Engineering sciences, Professor, Head of the Department of Architecture and Design of Wood Products, Kazan National Research Technological University (KNRTU), e-mail: cfaby@mail.ru; **Kochetov A.E.** – postgraduate student of the Department of Woodworking Industries, VSUT, e-mail: KochetovAE@volgatech.net; **Nikitin K.A.** – postgraduate student of the Department of Woodworking Industries, VSUT, e-mail: nikitin-konstantin-wood@yandex.ru.

УДК 678

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ПЛАСТИФИЦИРОВАННОГО ПВХ, ОТХОДОВ ПОТОЛОЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ И ДРЕВЕСНОЙ МУКИ

Ю.М. Кулаженко, А.Е. Шкуро, О.Е. Биктимирова, П.С. Захаров

Исследована возможность применения смесей поливинилхлорида марки СИ-67 и отходов эксплуатации потолочных ПВХ-панелей, в качестве полимерной фазы полимерных композиционных материалов с использованием древесной муки в качестве наполнителя. В качестве пластификатора применяли дибутиловый эфир фталевой кислоты (дибутилфталат). Смешение компонентов осуществлялось методом вальцевания. Стандартные образцы для испытаний были изготовлены методом прямого прессования. Для полученных образцов композиционных материалов были определены значения основных физико-механических свойств и установлены зависимости этих свойств от содержания в композитах поливинилхлорида марки СИ-67 и отходов эксплуатации потолочных ПВХ-панелей. Установлено, что увеличение содержания полимерной фазы в составе полимерного композиционного материала приводит к значительному росту большинства физико-механических свойств материала. Рост содержания отходов потолочных панелей в полимерной фазе