

## ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ГРУШИ В КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

Д.И. Деянов<sup>1</sup>, С.А. Моисеев<sup>1</sup>, Г.Н. Курышов, А.А. Косарин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1

<sup>2</sup>ООО «Форскад», 121359, г. Москва, ул. Партизанская, д. 40

kosarin2008@yandex.ru

Дан обзор литературных источников по физико-механическим свойствам груши и использованию древесины этой породы в качестве конструктивных элементов мебели. Рассмотрены аэродинамические камеры, их достоинства и недостатки, а также направления модернизации. Обосновано использование импульсных режимов для сушки твердолиственных пород древесины, в том числе пиломатериалов из древесины груши толщиной 50 мм, опытно-промышленные сушки которой начались в модернизированной камере УРАЛ-72 в 1999 г. на ООО «Интар», Москва. Влажность образцов древесины и значение внутренних напряжений контролировались по ГОСТ 16588. Процесс импульсной сушки включал от 9 до 12 ступеней, температура на стадии «работа» находилась в диапазоне от 45 °С до 72 °С. Доказано, что использование импульсных режимов для сушки пиломатериалов из груши, позволяет экономить до 30 % электроэнергии.

**Ключевые слова:** пиломатериалы древесины груши, импульсная сушка, режимы сушки

**Ссылка для цитирования:** Деянов Д.И., Моисеев С.А., Курышов Г.Н., Косарин А.А. Импульсная сушка пиломатериалов из древесины груши в конвективных сушильных камерах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2021. Т. 25. № 4. С. 107–111. DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-107-111

Груша получила ботаническое название от двух латинских слов *pirus* (дерево) и *piru* (фрукт), поэтому второе название рода *piruspirasten*. Род главным образом листопадных деревьев, реже кустарников семейства розоцветных (*rosaceae*), широко распространенных по всей планете. Оно насчитывает около 100 родов и 3000 видов. Розоцветные включают в себя плодовые деревья (яблоню, грушу, сливу, айву и др.), декоративные (розу, боярышник и т. д.) и лекарственные растения (лавровишню, малину и т. д.) [1]. Высота груши составляет от 5 до 30 м. Ствол диаметром до 80 см, иногда до 120 см. Груша начинает плодоносить на третьем-четвертом, чаще на восьмом-десятом году. Стоимость одного кубического метра древесины груши составляет в среднем 90 000 руб.

Груша цветет в апреле — мае, одновременно с появлением листьев. Цветки бесполое, белые, реже розовые. Плод (дикий) похож на яблоко, созревает в июле — сентябре (в зависимости от климатической зоны), содержит многочисленные семена. Цвет плодов от желто-зеленого до желто-бурого. Живет груша от 50 до 300 лет. К почве довольно требовательна, засухоустойчива и сравнительно морозостойка. На территории России насчитывается до 40 видов [2, 3].

### Цель работы

Цель работы — разработка технологии импульсной сушки пиломатериалов из древесины груши в конвективных сушильных камерах.

### Материалы и методы исследования

Груша рассеянно-сосудистая, безъядровая, спелодревесная порода. На поперечном разрезе сосуды мало заметны вследствие своих малых размеров. Годичные слои и сердцевинные лучи на продольном разрезе слабо различимы. Древесина груши имеет окраску от розовато-желтого (у молодых деревьев) до буровато-красного (у более старых). Груша отличается высокой равноплотностью. Разница между ранней и поздней древесиной практически незаметна.

Груша относится к сильноусыхающим породам. В процессе сушки груша мало коробится и практически не растрескивается (при соблюдении основных параметров сушильного процесса). Влажность свежесрубленной древесины достигает 95...98 % [4]. Основные виды груши относятся к породам средней плотности. Плотность груши обыкновенной при влажности 12 % составляет 710 кг/м<sup>3</sup>, абсолютно-сухой древесины — 680 кг/м<sup>3</sup>, базисная плотность — 585 кг/м<sup>3</sup> [4–6]. Древесина груши обладает высокими прочностными показателями: предел прочности при статическом изгибе 106 МПа, при сжатии вдоль волокон — 57,5 МПа, модуль упругости при статическом изгибе — 11,9 МПа [5, 6].

Груша обладает приятным цветом, красивой текстурой, повышенной прочностью, хорошо подвергается полировке, шлифовке и удобна для отделочных работ. Древесина груши применяется

в различных областях, например, для изготовления деталей музыкальных инструментов, паркета, стеновых панелей, элементов лестниц, погонажных изделий и т. д. При этом она хорошо гармонирует с другими материалами: латунью, бронзой, хромированной сталью, медью [7, 8].

Среди многообразия сушильных камер периодического действия широко применяются сушильные камеры с аэродинамическим нагревом агента сушки (ПАПЗ2, УРАЛ–72, СКАН и т. д.). В этих камерах калориферы отсутствуют. Выделение тепла происходит за счет аэродинамических потерь, вызванных образующимися завихрениями и трением потока воздуха о полости роторного вентилятора, обладающего низким аэродинамическим коэффициентом полезного действия. Скорость нагрева сушильного агента определяется мощностью, потребляемой вентилятором, регулируется частотой вращения (используются четырехскоростные электродвигатели мощностью от 55 до 75 кВт). Недостатком камер аэродинамического подогрева является большой расход электроэнергии и невозможность проведения начального прогрева, влаготеплообработки и кондиционирования древесины из-за отсутствия системы увлажнения [9, 10].

На кафедре защиты древесины и древесиноведения Московского государственного университета леса (МГУЛ) в 1992–1995 гг. были выполнены работы по модернизации аэродинамических сушильных камер на ООО «Дриада» (г. Долгопрудный) и ООО «Интар» (г. Москва).

На ООО «Интар» аэродинамическая камера УРАЛ–72 была модернизирована по схеме конвективной сушильной камеры с поперечно-горизонтальной циркуляцией. Роторный вентилятор был замещен на два осевых вентилятора № 10 общей мощностью 11 кВт и трехсекционным электрокалорифером мощностью 60 кВт. Приточно-вытяжные каналы снабжены электрическим исполнительным механизмом, установлен психрометрический узел. Для применения импульсных режимов для сушки хвойных и лиственных пород древесины была установлена система автоматического контроля и управления [11].

Суть импульсных режимов состоит в следующем. Сушка материала проводится циклами, каждый из которых включает в себя две стадии. На первой стадии (стадия «импульс») сушка пиломатериалов проходит в воздухе при повышенной температуре и низкой влажности. В камере осуществляется циркуляция сушильного агента и воздухообмен с окружающей средой. Эта стадия характеризуется аккумулярованием древесиной тепла и высокой интенсивностью процесса сушки.

На второй стадии (стадия «пауза») прекращается работа систем циркуляции, теплоснабжения

и воздухообмена. Для этого периода характерно замедление процесса испарения влаги из древесины, использование тепла, полученного материалом на первой стадии («импульс»), повышение влажности агента сушки за счет влаги, поступающей из материала, увеличение влажности на поверхности вследствие возрастания равновесной влажности. При этом происходит выравнивание влажности по толщине материала, что снижает сушильные напряжения, понижает температуру на поверхности материала за счет испарения с поверхности воды, вызывая интенсивное движение влаги к поверхности [11, 12].

На ООО «Интар» после проведенной модернизации аэродинамической камеры с 1999 по 2002 гг. были начаты опытно-промышленные сушки необрезных пиломатериалов из груши, со следующими параметрами:

Толщина, мм ..... 50  
 Длина, м ..... 4,2...4,5  
 Начальная влажность, %..... 50...65

Импульсная сушка включала в себя следующие технологические операции:

- прогрев пиломатериалов продолжительностью от 3 до 5 ч;
- многоступенчатую сушку от 9 до 12 ступеней;
- кондиционирование пиломатериалов от 10 до 12 ч.

Температура сушильного агента на стадии «работа» поддерживались в диапазоне 45...72 °С. С помощью контрольных образцов в процессе сушки контролировалась текущая влажность и внутренние напряжения в древесине, а также прогнозировались внутренние напряжения в конце сушки. Пиломатериалы высушивались до конечной влажности 6...7 % по I и II категориям качества. Общий объем высушенных пиломатериалов из груши составил около 70 м<sup>3</sup> [13]. С 2008 по 2012 гг. сушка пиломатериалов из груши импульсными режимами проводилась в стационарных сушильных камерах периодического действия учебно-производственных мастерских МГУЛ (ныне Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана).

## Результаты и обсуждение

В работе [14] приведены статистические данные, связанные с изменением плотности, набухания, равновесной влажности и цвета, а также механических свойств (прочности на сжатие, прочности на изгиб и модуля упругости при изгибе образцов древесины дикой груши после термической обработки).

Использованию древесины груши при изготовлении из нее различных изделий препятствует отсутствие в специальной технической и нормативной литературе (ГОСТ, РТМ — Руководящих

технических материалах и справочниках по сушке древесины) режимов сушки этой породы в конвективных сушильных камерах [15–18].

Следует отметить, что иногда в технической литературе встречаются режимы сушки пиломатериалов из груши для паровых лесосушильных камер. Так, в работе [19] приведен трехступенчатый режим сушки, который начинается с пропарки при температуре 110 °С. После пропарки влажность материала достигает 130 %. Температура агента сушки после пропарки на первом этапе устанавливается 70 °С при реверсивной циркуляции воздуха со скоростью 1,5 м/с. На втором этапе при влажности 22 % проводится влаготеплообработка и устанавливается температура в 30 °С. Сушка заканчивается через 3...5 дней при достижении влажности 9...10 %. В другой работе [20] представлено шестиступенчатое изменение параметров агента сушки для грушевых пиломатериалов толщиной 50 мм (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

**Шестиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины груши толщиной 50 мм**

**Six-stage drying mode for 50 mm thick pear timber**

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С, $\Delta t$	Степень насыщения агента сушки, %
>30	43,5	2	90
30...25	49	2,5	88
25...20	54,5	3,5	84
20...15	60	5,5	75
15...10	71	14	51
<10	71	27,5	21

Т а б л и ц а 2

**Режимы импульсной сушки пиломатериалов из древесины груши толщиной 50 мм**

**Modes of pear wood 50 mm thick impulse drying**

Время, сут	Температура агента сушки, °С	Режимы сушки		Текущая влажность древесины, %
		Время работы, ч	Время паузы, ч	
1	45	1	3	44,3
6	47	1	3	35,6
9	50	2	3	32,2
13	53	2	3	30,4
17	56	2	3	27,4
22	60	2	2,5	22,0
25	63	2	2,5	18,7
28	66	2	2	15,1
31	69	2	2	13,0
33	72	2	2	10,4
38	72	2	2	7,1

Приведенные режимы с использованием водяного пара в качестве теплоносителя имеют ограниченное применение на предприятиях вследствие отсутствия парового хозяйства.

В табл. 2 приведен пример импульсной сушки пиломатериалов из древесины груши толщиной 50 мм, в котором вместо водяного пара, подаваемого в сушильное пространство камеры, используется влага, испаряемая из древесины [21–23].

## Выводы

Проведенные опытно-промышленные сушки пиломатериалов из древесины груши подтвердили возможность их использования в деревообрабатывающем производстве.

## Список литературы

- [1] Сукачев В.Н. Дендрология с основами геоботаники. М. Гослестехиздат, 1934. 616 с.
- [2] Лесная энциклопедия: в 2-х т. / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Советская энциклопедия, 1985. 563 с.
- [3] Кайгородов Д.Н. Беседы о русском лесе. М.: Белый город, 2010. 304 с.
- [4] Груша. Реар. Род *Pirus* // Дерево.RU, 2003, № 4. С. 22–26.
- [5] Джонс В.С. Древесные породы мира, их строение и отличительные признаки. М.: Гослестехиздат, 1932. 171 с.
- [6] Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесная пром-сть, 1989. 296 с.
- [7] Сологуб М. Тайна грушевого сундука // Дерево.RU, 2003, № 4. С. 28–29.
- [8] Проскурня Н. Уходящее ремесло // Дерево.RU, 2003, № 4. С. 106–109.
- [9] Серговский П.С. Режимы и проведение камерной сушки пиломатериалов. М.: Лесная пром-сть, 1976. 136 с.
- [10] Расев А.И. Сушка древесины. М.: Высшая школа, 1990. 224 с.
- [11] Расев А.И., Курышов Г.Н. Технология сушки пиломатериалов в аэродинамических камерах // Деревообработка в России, 1998. № 1. С. 3–4.
- [12] Косарин А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: автореф. дис. ... канд. тех. наук, 2012. 22 с.
- [13] Курышов Г.Н. Сушка пиломатериалов из груши импульсными режимами // Технология и оборудование для переработки древесины: науч. тр. МГУЛ. Вып. 319. М.: 2003. 198 с.
- [14] Gunduz G., Aydemir D., Karakas G. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties // Materials and Design, 2009, v. 30, pp. 4391–4395.
- [15] Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия. Пиломатериалы, заготовки, деревянные детали. М.: Издательство стандартов, 1990. 464 с.
- [16] Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск: ОАО «Научдревпром — ЦНИИМОД», 2000. 125 с.
- [17] Богданов Е.С., Козлов В.А., Кунтыш В.Б., Мелехов В.И. Справочник по сушке древесины. М.: Лесная пром-сть, 1990. 304 с.
- [18] Акулов Д.Г. Карманный справочник по сушке древесины и древесиноведению. URL: [https://www.intevesp-stanki.ru](https://www.intervesp-stanki.ru) (дата обращения 12.12. 2020).
- [19] Кедров А. Ценность древесины плодовых деревьев // ЛесПромИнформ, 2012. № 7 (89). С. 24–26.

- [20] Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J., Wengert E.M. Dry kiln schedules for commercial woods. Temperate and tropical. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-57. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988, 158 p.
- [21] Расев А.И., Курышов Г.Н., Косарин А.А., Расева Е.А. Способ сушки пиломатериалов. Пат. №2027127 Российской Федерация. Оpubл. 11.01.2017. Бюл. № 2.
- [22] Курышов Г.Н., Косарин А.А., Косарина А.А. Способ импульсной сушки пиломатериалов. Пат. №2637288. Российская Федерация. Оpubл. 01.12.2017. Бюл. № 34

## Сведения об авторах

**Деянов Дмитрий Игоревич** — магистрант МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), d.dejanov@yandex.ru

**Моисеев Сергей Андреевич** — магистрант МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), rf-baf2@mail.ru

**Курьшов Григорий Николаевич** — канд. техн. наук, доцент, kuryshov@mgul.ac.ru

**Косарин Анатолий Александрович** — канд. техн. наук, доцент, заместитель директора ООО «Форсклад», kosarin2008@yandex.ru

Поступила в редакцию 12.03.2021.

Принята к публикации 07.06.2021.

## CONVECTIVE HOT-AIR CHAMBERS IMPULSE DRYING OF PEAR WOOD LUMBERS

**Deyanov D.I.<sup>1</sup>, Moiseev S.A.<sup>1</sup>, Kuryshov G.N., Kosarin A.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

<sup>2</sup>ООО «Форсклад», 40, Partizanskaya st., 121359, Moscow, Russia

kosarin2008@yandex.ru

A review of literary sources on the physical and mechanical properties of pearwood and its use as structural elements of furniture is given. The aerodynamic chambers, their advantages and disadvantages, as well as their modernization are considered. The use of impulse modes for drying hardwood is substantiated, including sawn timber from pear wood 50 mm thick, pilot drying of which began in the modernized URAL-72 chamber in 1999 at Intar LLC, Moscow. The moisture content of the wood samples and the value of internal stresses were controlled in accordance with GOST 16588. The process of impulse drying included from 9 to 12 steps, the temperature at the operating stage ranged from 45 °C to 72 °C. It has been proved that the use of pulse modes for drying pear timber saves up to 30% of electricity.

**Keywords:** lumber of pear wood, impulse drying, drying modes

**Suggested citation:** Deyanov D.I., Moiseev S.A., Kuryshov G.N., Kosarin A.A. *Impul'snaya sushka pilomaterialov iz drevesiny grushi v konvektivnykh sushil'nykh kamerakh* [Convective hot-air chambers impulse drying of pear wood lumbers]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2021, vol. 25, no. 4, pp. 107–111.

DOI: 10.18698/2542-1468-2021-4-107-111

## References

- [1] Sukachev V.N. *Dendrologiya s osnovami lesnoy geobotaniki* [Dendrology with the basics of forest geobotany]. Leningrad: Gosleshtekhizdat, 1934, 616 p.
- [2] *Lesnaya entsiklopediya* [Forest encyclopedia], in 2 vol. Ed. G.I. Vorobyov. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya [Soviet encyclopedia], 1985, 563 p.
- [3] Kaygorodov D.N. *Besedy o russkom lese* [Conversations about the Russian forest]. Moscow: Belyy gorod, 2010, 304 p.
- [4] *Grusha. Pear. Rod Pirus* [Pear. Pear. Rod Pirus]. Derevo.RU, 2003, pp. 22–26.
- [5] Jons V.S. *Drevesnye porody, ikh stroenie i otlichitel'nye priznaki* [Tree species their structure and distinctive features]. Moscow: Gosleshtekhizdat [State Forest Technical Publishing], 1932, 171 p.
- [6] Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesiny* [Handbook of wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Timber industry], 1989, 296 p.
- [7] Sologub M. *Tayna grushevogo sunduchka* [The Mystery of the Pear Chest]. Derevo.RU, 2003, pp. 28–29.
- [8] Proskurnya N. *Ukhodyashchee remeslo* [The outgoing craft]. Derevo.RU, 2003, pp. 106–109.
- [9] Sergovskiy P.S. *Rezhimy i provedenie kamernoy sushki pilomaterialov* [Modes and chamber drying of lumber]. Moscow: Forest industry, 1976, 136 p.
- [10] Rasev A.I. *Sushka drevesiny* [Drying of wood]. Moscow: Vysshaya shkola [Higher school], 1990, 224 p.
- [11] Rasev A.I., Kuryshov G.N. *Tekhnologiya sushki pilomaterialov v aerodinamicheskikh kamerakh* [Technology of drying sawn timber in aerodynamic chambers]. *Woodworking in Russia*, 1998, no. 1, pp. 3–4.

- [12] Kosarin A.A. *Tekhnologiya impul'snoy sushki pilomaterialov: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk* [Technology of pulsed drying of lumber: author. Dis. ... Cand. Sci. (Tech.)], 2012, 22 p.
- [13] Kuryshov G.N. *Sushka pilomaterialov iz grushi impul'snymi rezhimami* [Drying of lumber from pears by impulse modes]. *Tekhnologiya i oborudovanie dlya pererabotki drevesiny: Nauchnye trudy* [Technology and equipment for wood processing: Scientific works]. Iss. 319. Moscow: MGUL, 2003, 198 p.
- [14] Gunduz G., Aydemir D., Karakas G. The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (*Pyrus elaeagnifolia* Pall.) wood and changes in physical properties. *Materials and Design*, 2009, v. 30, pp. 4391–4395.
- [15] *Pilomaterialy khvoynykh i listvennykh porod. Rezhimy sushki v kamerakh periodicheskogo deystviya. Pilomaterialy, zagotovki, derevyannye detali* [Lumber of coniferous and deciduous species. Drying modes in batch chambers. Lumber, blanks, wooden parts]. Moscow: Standards Publishing House, 1990, 464 p.
- [16] *Rukovodyashchie tekhnicheskie materialy po tekhnologii kamernoy sushki pilomaterialov* [Guiding technical materials on the technology of chamber drying of sawn timber]. Arkhangelsk: Nauchdrevprom-TsNIIMOD, 2000, 125 p.
- [17] Bogdanov E.S., Kozlov V.A., Kuntyshev V.B., Melekhov V.I. *Spravochnik po sushke drevesiny* [Handbook of wood drying]. Moscow: Lesnaya prom-st' Publ. [Forest Industry], 1990, 304 p.
- [18] Akulov D.G. *Karmannyi spravochnik po sushke drevesiny i drevesinovedeniyu* [Pocket guide to wood drying and wood science]. Available at: [www.intervest-stanki.ru](http://www.intervest-stanki.ru) (accessed 12.12.2020).
- [19] Kedrov A. *Tsennost' drevesiny plodovykh derev'ev* [The value of the wood of fruit trees]. *LesPromInform*, 2012, no. 7 (89), pp. 24–26.
- [20] Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J., Wengert E.M. Dry kiln schedules for commercial woods. Temperate and tropical. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-57. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988, 158 p.
- [21] Rasev A.I., Kuryshov G.N., Kosarin A.A., Raseva E.A. *Sposob sushki pilomaterialov* [Lumber drying method]. Pat. No. 2027127 Russian Federation. Publ. 11.01.2017. Bul. no. 2.
- [22] Kuryshov G.N., Kosarin A.A., Kosarina A.A. *Sposob impul'snoy sushki* [Pulse drying method]. Pat. No. 2637288. Russian Federation. Publ. 12.01.2017.

## Authors' information

**Deyanov Dmitriy Igorevich** — Master graduand of the BMSTU (Mytishchi branch), [d.dejanov@yandex.ru](mailto:d.dejanov@yandex.ru)

**Moiseev Sergey Andreevich** — Master graduand of the BMSTU (Mytishchi branch), [rf-baf2@mail.ru](mailto:rf-baf2@mail.ru)

**Kuryshov Grigoriy Nikolaevich** — Cand. Sci. (Tech.), [kuryshov@mgul.ac.ru](mailto:kuryshov@mgul.ac.ru)

**Kosarin Anatoliy Aleksandrovich** — Cand. Sci. (Tech.), Deputy Director of the LTD «Forcklad», [kosarin2008@yandex.ru](mailto:kosarin2008@yandex.ru)

Received 12.03.2021.

Accepted for publication 07.06.2021.