

УДК 674.037.4

DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-76-80

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

Г.Н. Курышов<sup>1</sup>, А.А. Косарин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1  
<sup>2</sup>ООО «Форсклад», 121359, г. Москва, Партизанская ул., д. 40

kosarin2008@yandex.ru

Дан обзор литературных источников по режимам и параметрам сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм. Приведены зависящие от текущей влажности пиломатериалов режимы сушки, рассмотренные в трудах П.В. Соколова, П.С. Сергеевского, Е.С. Богданова, а также в трудах и Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов. Указанные режимы различаются по начальной и конечной температуре агента сушки и по степени насыщенности на начальном и конечном этапах процесса сушки. Процесс сушки включает в себя от 2 до 9 ступеней в зависимости от режима. Первые импульсные сушки пиломатериалов из древесины бука проведены в 1992 г. в сушильной камере УЛ-2М сушильного цеха ДОК № 1 (г. Москва). Даны параметры режима сушки на ООО «Интар» (г. Москва) в модернизированной сушильной камере «Урал-72» с поперечно-горизонтальной циркуляцией агента сушки. Начальную влажность древесины определяли в соответствии с ГОСТ 16588–91. Применяя импульсные режимы сушки бука, можно сэкономить до 60 % электроэнергии.

**Ключевые слова:** пиломатериал из древесины бука, импульсная сушка, режимы сушки

**Ссылка для цитирования:** Курышов Г.Н., Косарин А.А. Импульсная сушка пиломатериалов из древесины бука в конвективных сушильных камерах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2018. Т. 22. № 2. С. 76–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-76-80

**Б**ук лесной европейский (*Fagus sylvatica*) имеет и другие названия: английский, голландский, датский, французский, словенский и т. д. в зависимости от района произрастания. Плодоносить начинает с 40–50 лет. Кора стволов светло-серая, гладкая, на молодых ветвях красновато-бурая. Деревья бука европейского могут достигать высоты 45 м. Очищенный ствол имеет высоту около 15 м (обычно он бывает около 9 м) при диаметре 1,2 м, а иногда и больше. Цветет бук одновременно с распусканием листьев, цветы раздельнополюе. Бук, развивая широкие большие кроны, доживает до 500 лет. В пределах России встречаются 3 вида бука, различающиеся рядом признаков и ареалами [1, 2].

### Цель работы

Обобщение опыта использования импульсных режимов для сушки пиломатериалов из древесины бука в конвективных сушильных камерах.

### Материалы и методы исследования

Бук — безъядровая порода. В свежесрубленном виде древесина бледно-коричневого цвета, под действием внешних факторов изменяет свой цвет на красно-коричневый. Годовые кольца ясные и заметны благодаря уплотненной темной зоне осенней древесины. Сердцевинные лучи двух типов: одни очень тонки и незаметны, другие — средней ширины, хорошо видны и четко ограничены. Широкие лучи заметно расширя-

ются при пересечении годовых колец [3]. Древесина бука отличается плотностью и твердостью, которые зависят от места произрастания. Бук из Центральной Европы (словенский бук) и Румынии мягче и легче (плотность около 672 кг/м<sup>3</sup>), чем бук из Великобритании, Дании, Северной Европы (плотность около 720 кг/м<sup>3</sup>) [2]. В свежесрубленном состоянии древесина бука по основным механическим характеристикам похожа на древесину дуба. После сушки большинство показателей улучшаются, бук становится прочнее дуба при изгибе и при ударных нагрузках, превосходит дуб по жесткости и сопротивлению сдвигу на 20 %. [2].

Бук широко используется для производства мебели, столярных и токарных изделий, строительных конструкций, для покрытия полов.

Древесина бука относится к породам, трудно поддающимся сушке. Очень часто встречаются продольное, поперечное и винтовое коробление, растрескивание боковых поверхностей и торцов.

Первые опытные сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм начальной влажностью 70...73 % с использованием импульсной технологии были в 1992–1993 гг. проведены в сушильной камере УЛ-2М сушильного цеха ДОК № 1 (г. Москва). Всего было высушено около 30 м<sup>3</sup> пиломатериалов по второй категории качества. В период с 1995 по 2005 г. проводилась импульсная сушка пиломатериалов из

древесины бука в модернизированной сушильной камере «Урал-72» ООО «Интар» (г. Москва). Модернизация предусматривала замену теплового и циркуляционного оборудования, установку психрометрического узла и системы автоматического управления. Буковые пиломатериалы имели толщину 50 мм, длину от 4,2 до 5,0 м, начальная влажность варьировалась от 57 до 68 %. Процесс сушки включал в себя технологические операции прогрева (2...4 ч), многоступенчатую сушку (от 6 до 10 ступеней) и кондиционирование продолжительностью 8...10 ч. Температура сушильного агента в процессе сушки поддерживалась в диапазоне 50...78 °С. Общая продолжительность сушки составляла 20...26 сут, продолжительность операций «работа–пауза» — 2...3 ч. В процессе сушки в сушильный штабель закладывались контрольные образцы для контроля текущей влажности и сушильных напряжений в древесине. Всего было высушено около 60 м<sup>3</sup> буковых пиломатериалов толщиной 50 мм до конечной влажности 6...7 % по второй категории качества. С 2006 по 2012 г. импульсная сушка буковых пиломатериалов осуществлялась в сушильных камерах ООО «АТОН» (г. Красноармейск Московской обл.), ООО «АМТ» (пос. Лесной Пушкинского р-на), ООО «Концептум» (г. Ивантеевка, Московской обл.), а также в сушильных камерах учебно-производственных мастерских МГУЛ.

## Результаты и обсуждение

Результаты исследований физико-механических свойств пиломатериалов приведены в работах [4–6].

П.С. Серговский [7] описывает двухступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм (табл. 1).

В справочнике по сушке древесины [8] приводятся данные о трехступенчатом режиме сушки пиломатериалов бука толщиной 50 мм (№ 6Б) (табл. 2).

Пятиступенчатое изменение параметров агента сушки предусмотрено режимом [9] для буковых пиломатериалов толщиной 50 мм (табл. 3).

Шестиступенчатое изменение параметров агента сушки предусмотрено режимом [10] для древесины бука толщиной 50 мм (табл. 4), где бук объединен с ясенем, кленом и лиственницей.

Восьмиступенчатое изменение параметров агента сушки приведено в табл. 5 для древесины бука, клена и лиственницы [11].

Одиннадцатиступенчатое изменение параметров режима сушки буковых пиломатериалов толщиной 50 мм, включающее операции прогрева и кондиционирование предусмотрено режимом № 12 [12] в табл. 6.

Т а б л и ц а 1

### Двухступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм [7]

Two-stage drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick [7]

| Влажность древесины $W$ , % | Температура агента сушки, °С | Температура мокрого термометра, °С | Степень насыщенности, % | Продолжительность влагообработки, ч |
|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| $W > 20$                    | 80                           | 75                                 | 81                      | 16                                  |
| $W < 20$                    | 97                           | 75                                 | 40                      |                                     |

Т а б л и ц а 2

### Трехступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм [8]

Three-stage drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick [8]

| Влажность древесины $W$ , % | Температура агента сушки, °С | Психрометрическая разность, °С | Степень насыщенности, % |
|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| $> 30$                      | 57                           | 3                              | 85                      |
| 30–20                       | 61                           | 6                              | 74                      |
| $< 20$                      | 77                           | 22                             | 34                      |

Т а б л и ц а 3

### Пятиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм по [9]

Five-step drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick [9]

| Средняя влажность древесины, % | Температура агента сушки, °С | Психрометрическая разность, °С | Степень насыщенности, % |
|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| $> 35$                         | 56                           | 3                              | 84                      |
| 35–25                          | 59                           | 5                              | 77                      |
| 25–20                          | 63                           | 6                              | 74                      |
| 20–15                          | 69                           | 11                             | 58                      |
| $< 15$                         | 78                           | 21                             | 36                      |

Т а б л и ц а 4

### Шестиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм [10]

Six-step drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick [10]

| Влажность древесины, % | Температура агента сушки, °С | Температура по мокрому термометру, °С | Степень насыщенности, % |
|------------------------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| $> 40$                 | 56                           | 52,5                                  | 82                      |
| 40–30                  | 60                           | 55                                    | 72                      |
| 30–20                  | 63                           | 54                                    | 62                      |
| 20–15                  | 66                           | 53,5                                  | 52                      |
| 15–10                  | 69                           | 53                                    | 44                      |
| $< 10$                 | 71                           | 49                                    | 31                      |

Приведенные режимы сушки буковых пиломатериалов различаются начальной и конечной температурой, степенью насыщенностью сушильного агента, количеством ступеней и сочетанием пород древесины (табл. 7).

Кроме того, все вышеприведенные режимы сушки предусматривают в технологическом процессе использование водяного пара, который в настоящее время не применяется вследствие высокой стоимости и отсутствия на деревоперерабатывающих предприятиях парового хозяйства.

Решением данной проблемы является применение импульсной сушки древесины [13], предусматривающей использование влаги, испаряемой из древесины, вместо технологического пара, подаваемого в сушильное пространство камеры.

Т а б л и ц а 5

**Восьмиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука, клена и лиственницы толщиной 50 мм [11]**  
**Eight-step drying of sawn timber from beech, maple and larch wood 50 mm thick [11]**

| Влажность древесины, % | Температура агента сушки, °С | Психрометрическая разность, °С | Степень насыщенности, % |
|------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| > 40                   | 53                           | 2,5                            | 87                      |
| 40–35                  | 55                           | 3,5                            | 83                      |
| 35–30                  | 57                           | 4,5                            | 79                      |
| 30–25                  | 60                           | 6,5                            | 73                      |
| 25–20                  | 62                           | 8,5                            | 65                      |
| 20–15                  | 64                           | 12                             | 56                      |
| 15–10                  | 66                           | 15                             | 45                      |
| < 10                   | 69                           | 32                             | 32                      |

Т а б л и ц а 6

**Одиннадцатиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм [12]**  
**The eleven-step drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick [12]**

| Влажность древесины, % | Вид обработки       | Температура агента сушки, °С | Температура мокрого термометра, °С | Степень насыщенности, % | Продолжительность обработки, ч |
|------------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| $W_n$                  | Прогрев             | 62                           | 62                                 | 100                     | 10–12                          |
| $W_n-45$               | Сушка               | 56                           | 53                                 | 85                      | –                              |
| 45                     | Тепловлагообработка | 59                           | 59                                 | 100                     | 6–8                            |
| 45–35                  | Сушка               | 59                           | 55                                 | 81                      | –                              |
| 35                     | Тепловлагообработка | 63                           | 63                                 | 100                     | 6–8                            |
| 35–25                  | Сушка               | 63                           | 57                                 | 74                      | –                              |
| 25                     | Тепловлагообработка | 69                           | 68                                 | 96                      | 6–8                            |
| 25–15                  | Сушка               | 69                           | 59                                 | 61                      | –                              |
| 15                     | Тепловлагообработка | 78                           | 77                                 | 96                      | 6–8                            |
| $15-W_k$               | Сушка               | 78                           | 59                                 | 40                      | –                              |
| $W_k$                  | Кондиционирование   | 78                           | 67                                 | 61                      | 12                             |

*Примечание:  $W_n, W_k$  — начальная и конечная влажность древесины соответственно.*

Т а б л и ц а 7

**Сводная таблица различий в режимах сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм**  
**Summary table of differences in drying conditions for sawn timber from beech wood 50 mm thick**

| Источник информации  | Температура агента сушки, °С |          | Степень насыщенности, % |          | Количество ступеней | Сочетание пород          |
|----------------------|------------------------------|----------|-------------------------|----------|---------------------|--------------------------|
|                      | начальная                    | конечная | начальная               | конечная |                     |                          |
| П.С. Серговский [7]  | 80                           | 97       | 81                      | 40       | 2                   | –                        |
| Е.С. Богданов [8]    | 57                           | 77       | 85                      | 34       | 3                   | Клен                     |
| Е.С. Богданов [9]    | 56                           | 78       | 84                      | 36       | 5                   | Клен                     |
| П.С. Серговский [10] | 56                           | 71       | 82                      | 31       | 6                   | Ясень, клен, лиственница |
| П.В. Соколов [11]    | 53                           | 69       | 87                      | 32       | 8                   | Клен, лиственница        |
| РТМ [12]             | 56                           | 78       | 85                      | 40       | 9                   | –                        |

Режим импульсной сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм  
Mode of impulse drying of sawn timber from beech wood 50 mm thick

| Время, сут | Температура агента сушки, °С | Режим сушки     |                | Текущая влажность, % |
|------------|------------------------------|-----------------|----------------|----------------------|
|            |                              | Время работы, ч | Время паузы, ч |                      |
| 1          | 50                           | 2               | 3              | 68,6                 |
| 3          | 52                           | 2               | 3              | 60,4                 |
| 5          | 54                           | 2               | 3              | 53,4                 |
| 7          | 58                           | 2               | 3              | 44,6                 |
| 9          | 62                           | 2               | 3              | 36,6                 |
| 11         | 64                           | 2               | 3              | 30                   |
| 13         | 66                           | 2               | 3              | 24,1                 |
| 15         | 68                           | 2               | 3              | 21,4                 |
| 17         | 70                           | 2               | 3              | 13,6                 |
| 19         | 72                           | 2               | 3              | 10,4                 |
| 22         | 74                           | 2               | 2,5            | 9,1                  |
| 26         | 76                           | 2               | 2              | 7,08                 |

Параметры импульсной сушки буковых пиломатериалов приведены в табл. 8.

## Выводы

Практический опыт применения импульсных режимов подтвердил возможность их использования для сушки пиломатериалов из древесины бука толщиной 50 мм.

## Список литературы

- [1] Сукачев В.Н. Дендрология с основами лесной геоботаники. Л.: Гослестехиздат, 1934. 616 с.
- [2] Древесные породы мира. В 3 т. Т. 2 / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Лесная пром-сть, 1982. 352 с.
- [3] Джонс В.С. Древесные породы, их строение и отличительные признаки. М.: Гослестехиздат, 1932. 171 с.
- [4] Перельгин Л.М. О физико-механических свойствах древесины бука // Сб. работ по исследованию физико-механических свойств древесины / отв. ред. М.П. Смирнов-Чубриков. М.: Гослестехиздат, 1933. 132 с.
- [5] Шуханова И., Горбачева Г.А. Влияние термической обработки на плотность и разбухание древесины бука лесного // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2012. № 2 (85). С. 154–158.
- [6] Горбачева Г.А., Уголев Б.Н., Санаев В.Г., Белковский С.Ю. Характеризация эффекта памяти и формы древесины бука методом термомеханической спектроскопии // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2016. № 20. С. 10–14.
- [7] Серговский П.С. Исследование реологических свойств и режимов сушки древесины бука и лиственницы // Матер. науч.-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ 1965 года. Рефераты докладов. Секция технологии деревообработки. Москва, 11–27 апреля 1966 г. М.: МЛТИ, 1966. 42 с.
- [8] Богданов Е.С., Козлов В.А., Кунтыш В.Б., Мелехов В.И. Справочник по сушке древесины. М.: Лесная пром-сть, 1990. 304 с.
- [9] Богданов Е.С. Расчет, проектирование и реконструкция лесосушильных камер. М.: Экология, 1993. 352 с.
- [10] Серговский П.С. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1968. 448 с.
- [11] Соколов П.В. Сушка древесины. М.: Гослестехиздат, 1955. 418 с.
- [12] Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск: Научдревпром – ЦНИИМОД, 2000. 125 с.
- [13] Расев А.И., Курышов Г.Н. Технология сушки пиломатериалов в аэродинамических камерах // Деревообработка в России, 1998. № 1. С. 3–4.

## Сведения об авторах

**Курышов Григорий Николаевич** — канд. техн. наук, доцент кафедры древесиноведения и технологии деревообработки МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), [kuryshov@mgul.ac.ru](mailto:kuryshov@mgul.ac.ru)

**Косарин Анатолий Александрович** — канд. техн. наук, доцент, заместитель директора ООО «Форсклад», [kosarin2008@yandex.ru](mailto:kosarin2008@yandex.ru)

Поступила в редакцию 15.01.2018.

Принята к публикации 22.02.2018.

## IMPULSE DRYING OF SAWS FROM WOOD BUCK IN CONVECTIVE DRYING CAMERAS

G.N. Kuryshov<sup>1</sup>, A.A. Kosarin<sup>2</sup>

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

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

kosarin2008@yandex.ru

A review of literature sources on the modes and parameters of drying of sawn timber from beech wood with a thickness of 50 mm is made. The drying regimes are shown, depending on the current moisture content of the sawn timber presented in the works of Sokolov P.V., Sergovskiy P.S., Bogdanova E.S. and RTM on the technology of chamber drying of sawn timber. The presented modes differ in the initial and final temperature of the drying agent by the degree of saturation at the initial and final stages of the drying process. The drying process in different sources includes 2 to 9 steps. The first impulse drying of sawn timber from beech wood began in 1992 in the drying shop of Woodworking Integrated Plant no. 1 (Moscow) in the drying chamber UL-2M. Also the parameters of the drying regime are shown at «Intar» (Moscow), on a modernized drying chamber Ural-72 with transversely horizontal circulation of the drying agent. The control over the humidity of the wood during the drying process was carried out by the method of control samples. The development of drying stresses is based on force samples. The initial moisture content of the wood was determined in accordance with GOST 16588–91. The use of pulse regimes allows reducing energy consumption when drying beech to 60 %.

**Keywords:** beech timber, impulse drying, drying modes

**Suggested citation:** Kuryshov G.N., Kosarin A.A. *Impul'snaya sushka pilomaterialov iz drevesiny buka v konvektivnykh sushil'nykh kamerakh* [Impulse drying of saws from wood buck in convective drying cameras]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2018, vol. 22, no. 2, pp. 76–80. DOI: 10.18698/2542-1468-2018-2-76-80

### References

- [1] Sukachev V.N. *Dendrologiya s osnovami lesnoy geobotaniki* [Dendrology with the basics of forest geobotany]. Leningrad: Gosleshtekhizdat, 1934, 616 p.
- [2] *Drevesnye porody mira. V. 3 t. 2* [Wood species of the world, in 3 vol. V. 2.]. Ed. G.I. Vorob'ov. Moscow: Lesnaya prom-st' Publ. [Forest Industry], 1982, 352 p.
- [3] 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.
- [4] Pereygin L.M. *O fiziko-mekhanicheskikh svoystvakh drevesiny buka* [On the physical and mechanical properties of beech wood]. Collection of works on the study of physical and mechanical properties of wood. Moscow: Gosleshtekhizdat [State Forest Technical Publishing], 1933, 132 p.
- [5] Shukhan'ova I., Gorbacheva G.A. *Vliyaniye termicheskoy obrabotki na plotnost' i razbukhanie drevesiny buka lesnogo* [Influence of heat treatment on the density and swelling of the wood of the beech forest]. *Moscow State Forest University Bulletin — Lesnoy vestnik*, 2012, no. 2 (85), pp. 154–158.
- [6] Gorbacheva G.A., Ugolev B.N., Sanaev V.G., Belkovskiy S.Yu. *Kharakterizatsiya effekta pamyati i formy drevesiny buka metodom termomekhanicheskoy spektrometrii* [Characterization of the memory effect and the shape of beech wood by the method of thermomechanical spectrometry]. *Moscow State Forest University Bulletin — Lesnoy vestnik*, 2016, no. 20, pp. 10–14.
- [7] Sergovskiy P.S. *Issledovanie reologicheskikh svoystv i rezhimov sushki drevesiny buka i listvennitsy* [Investigation of rheological properties and modes of drying of beech and larch wood]. Scientific and technical conference, abstracts of reports. Section of technology of wood processing. Moscow: MLTI, 1966, 42 p.
- [8] 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.
- [9] Bogdanov E.S. *Rashchet, proektirovaniye i rekonstruktsiya lesosushil'nykh kamer* [Calculation, design and reconstruction of timber drying chambers]. Moscow: Ecology Publ., 1993, 352 p.
- [10] Sergovskiy P.S. *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovaniye drevesiny* [Hydrothermal treatment and preservation of wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' Publ. [Forest Industry], 1968, 448 p.
- [11] Sokolov P.V. *Sushka drevesiny* [Drying of wood]. Moscow: Gosleshtekhizdat, 1955, 418 p.
- [12] *Rukovodyashchie tekhnicheskkiye materialy po tekhnologii kamernoy sushki pilomaterialov* [Guidance technical materials on the technology of chamber drying of sawn timber]. Arkhangelsk: Nauchdrevprom – TsNIIMOD Publ., 2000, 125 p.
- [13] 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.

### Authors' information

**Kuryshov Grigoriy Nikolaevich** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor of the Chair of Wood Science and Technology of Woodworking of BMSTU (Mytishchi branch), kuryshov@mgul.ac.ru

**Kosarin Anatoliy Aleksandrovich** — Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Deputy Director of «Forsklad», kosarin2008@yandex.ru

Received 15.01.2018.

Accepted for publication 22.02.2018.