

ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ГРЕЦКОГО И АМЕРИКАНСКОГО ЧЕРНОГО ОРЕХА В КОНВЕКТИВНЫХ СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ

С.А. Моисеев¹, Д.И. Деянов¹, А.А. Косарин^{2✉}, Г.Н. Курышов

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал), 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1
²ООО «Форскад», 121359, г. Москва, ул. Партизанская, д. 40

Kosarin2008@yandex.ru

Представлен обзор литературных источников по физико-механическим свойствам грецкого ореха и области его применения. Проведена опытно-промышленная сушка пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной 50...60 мм в модернизированных сушильных камерах УРАЛ–72 на ООО «ИНТАР» г. Москва с использованием импульсных режимов сушки. Приведен пример импульсного режима сушки для грецкого ореха толщиной 50...60 мм. Начальная влажность древесины определялась в соответствии с ГОСТ 16558–91. Изложены физико-механические свойства американского черного ореха. Режим сушки американского черного ореха толщиной 32...35 мм включал 9 ступеней. Температура агента сушки — от 49 °С до 83 °С. Степень насыщенности агента сушки — от 79 до 31 %. Импульсная сушка пиломатериалов из древесины американского черного ореха толщиной 32...35 мм проводилась в опытно-промышленной сушильной камере на кафедре «Древесиноведение и технология деревообработки» МГУЛ. Начальная влажность древесины американского черного ореха определялась в соответствии с ГОСТ 16588–91. Осуществлен контроль за текущей влажностью и внутренними напряжениями в древесине грецкого и американского черного ореха при сушке импульсными режимами с помощью метода контрольных образцов. Определение качества высушенных пиломатериалов проводилось в соответствии с «Руководящими техническими материалами по технологии камерной сушки пиломатериалов» и техническим условиям ГОСТ 2695–83. Использование импульсных режимов при сушке пиломатериалов из древесины грецкого и американского черного ореха позволяет экономить от 30 до 50 % электроэнергии.

Ключевые слова: пиломатериалы, древесина грецкого ореха, древесина американского черного ореха, импульсный режим, показатель качества, сушильная камера периодического действия

Ссылка для цитирования: Моисеев С.А., Деянов Д.И., Косарин А.А., Курышов Г.Н. Импульсная сушка пиломатериалов из древесины грецкого и американского черного ореха в конвективных сушильных камерах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 2. С. 85–91. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-2-85-91

Орех (*Juglans*) относится к роду листопадных деревьев семейства ореховых. Высота дерева составляет от 5 до 50 м при диаметре ствола 0,5...2,0 м. В лесу орех образует прямой стройный ствол с высоко поднятой небольшой округлой кроной. На открытых местах — крона мощная, шаровидная, низко опущенная, кора серая, бурая или почти черная. Корневая система — мощная с заглубляющимся до 3–4 м стержневым корнем и отходящими на 15...20 м в сторону боковыми корнями. Цветет орех в апреле — мае, одновременно с распусканием листьев. Плоды созревают в сентябре — октябре. Продолжительность жизни — до 200 лет (иногда и более). Известно около 20 видов ореха — в России 3 вида: орех грецкий (*J. regia*), орех маньчжурский (*J. mandshurica*) и орех айлантолистный (*J. ailanthifolia*). Произрастает орех в смешанных широколиственных лесах, образуя контактные насаждения [1, 2].

Цель работы

Цель работы — обобщение опыта использования импульсных режимов при сушке твердолиственных пород древесины для разработки режимов сушки пиломатериалов из древесины ореха в конвективных сушильных камерах.

Материалы и методы

Орех — ядровая рассеяно-сосудистая порода с крупными сосудами; заболонь широкая сероватого цвета, нередко ограничена от коричневатого серого ядра. Годовые слои заметны слабо, сердцевинные лучи узкие, слегка заметные. Граница годичного слоя состоит из 3–4 рядов сильно сжатых клеток. Сосуды в ранней части слоя крупные овальные, располагаются поодиночке или группами по 2, по 3 в радиальном направлении; к концу годичного слоя их размеры заметно уменьшаются. Плотность грецкого ореха составляет 594 кг/м³, предел прочности при статическом изгибе 108 МПа, при сжатии вдоль волокон — 55,4 МПа. Древесина ореха хорошо поддается

обработке, полировке, имеет красивый внешний вид — все это определяет область ее применения в столярно-мебельном и токарном производстве. Кроме того, древесина ореха используется при изготовлении лож охотничьих ружей. На стволах грецкого ореха часто образуются наплывы (капы), отличающиеся красивой текстурой. Стоимость пиломатериалов из древесины грецкого ореха составляет до 93 тыс. руб. за 1 м³ [3–7].

Орех американский черный (*J. nigral*) произрастает на обширной территории в пределах Северной Америки — от южной части канадской провинции Онтарио к югу до штата Техас, на востоке — от штата Мэн до Флориды. В благоприятных условиях произрастания черный орех в высоту достигает 30 м, а диаметр ствола — 1,5 м и более. Стволы нередко бывают высотой до 15...18 м. Заболонь черного ореха обычно узкая, бледно-коричневая. Цвет ядра варьируется от интенсивно шоколадно-коричневого до багрово-черного. Древесина отличается ровной, крупной текстурой. Плотность около 660 кг/м³ в сухом состоянии. Умеренно твердая, вязкая и прочная древесина легко поддается механической обработке с получением доброкачественной поверхности, поэтому используется в мебельном и краснодеревном производстве, для изготовления музыкальных инструментов и декоративного облицовочного шпона [8].

Импульсная сушка пиломатериалов из древесины грецкого ореха осуществлялась на ООО «Интар» г. Москва в сушильных камерах периодического действия УРАЛ–72, относящихся к типу бескалориферных электрических сушильных камер с аэродинамическим нагревом. Основным элементом этой камеры является роторный вентилятор. Воздух нагревается в самом вентиляторе, поскольку при вращении ротора механическая энергия эквивалентно превращается в тепловую. Этот же вентилятор осуществляет циркуляцию сушильного агента в камере [9, 10]. Несмотря на простоту конструкций этих камер, они не обеспечивают требуемое качество сушки вследствие нерациональной циркуляции агента сушки, неудовлетворительного регулирования температуры и степени насыщенности сушильного агента, имеют высокую себестоимость сушки в связи со значительным расходом электроэнергии [11].

Модернизация сушильной камеры включала в себя замену роторного вентилятора на два осевых, установку в торцевой части камеры блока трубчатых электронагревателей (ТЭНов), психрометрического узла, системы кондиционирования и автоматического регулирования и управления [12].

Необрезные пиломатериалы из древесины грецкого ореха, подлежащие сушке, имели следующие размеры:

Толщина, мм от 50 до 60
 Длина, м от 2,5 до 4,0
 Начальная влажность, % от 40 до 60

Процесс импульсной сушки грецкого ореха включал в себя технологические операции: прогрев от 6 до 8 ч, многоступенчатую сушку от 6 до 12 ступеней, кондиционирование от 6 до 10 ч. Температура сушильного агента на стадии «работа» в процессе сушки поддерживалась в диапазоне от 40 до 68 °С. Продолжительность стадий «работа» и «пауза» составляла от 2 до 3 ч. В процессе сушки по образцам, закладываемым в сушильный штабель, контролировали текущую влажность древесины. Возникающие напряжения в древесине оценивали по относительной деформации $f(\%)$ зубцов силовых секций, выпиливаемых в момент контроля из контрольных образцов. Всего было высушено около 30 м³ ореховых пиломатериалов по I и II категориям качества и в соответствии с техническими условиями ГОСТ 2695–83 до конечной влажности 6,5...7,3 %. Общая продолжительность сушки составила от 26 до 32 сут [13].

Импульсная сушка пиломатериалов из древесины американского черного ореха проводилась в опытно-экспериментальной сушильной камере кафедры «Древесиноведение и технология деревообработки». Камера имеет поперечно-горизонтальную циркуляцию, осуществляемую осевым вентилятором № 6, расположенным в торцевой части камеры. Там же находится блок ТЭНов, общей мощностью 6 кВт. Заслонки приточно-вытяжных каналов управляются исполнительным механизмом. Температура и степень насыщенности агента сушки контролируется «сухим» и «мокрым» термометрами, выполненными на базе термометров сопротивления ТСМ. Регулирование процесса сушки осуществляется двухканальным измерителем-регулятором температуры ТРМ 202 (компания «ОВЕН», Москва), имеющим интерфейс для связи с ПК. Используемая программа, разработанная компанией «ОВЕН», позволяет вести контроль параметров сушки в режиме on-line и архивировать полученные результаты [14].

Образцы пиломатериалов из древесины американского черного грецкого ореха имели размеры:

Толщина, мм от 32 до 35
 Длина, м от 2,5 до 3,0
 Начальная влажность, % от 25 до 30

Процесс импульсной сушки американского черного ореха включал в себя технологические операции: прогрев от 3 до 4 ч, многоступенчатую сушку от 3 до 5 ступеней и кондиционирование от 4 до 6 ч. Температура сушильного агента на стадии «работа» в процессе сушки поддерживалась в диапазоне от 58 до 74 °С. Продолжительность стадий «работа» и «пауза» составляла от 2 до 3 ч. В процессе сушки осуществлялся контроль за

текущей влажностью и сушильными напряжениями с помощью специальных образцов, закладываемых в штабель. Всего было высушено 7 м³ пиломатериалов до влажности 6–7 %, по I и II категории качества сушки и в соответствии с техническими условиями ГОСТ 2695–83 [13, 15].

Продолжительность сушки составляла от 5 до 7 сут [16]. Стоимость сухих пиломатериалов из древесины американского черного ореха составляет от 240 тыс. руб. за 1 м³ [17].

Следует отметить, что неперменной принадлежностью сушильного цеха или участка сушки является специальная лаборатория. В ней проводится определение начальной, текущей и конечной влажности материала, осуществляется контроль за величиной внутренних напряжений, как во время процесса сушки, так и при дальнейшей обработке древесины, и определяется качество высушиваемого материала. Лаборатория должна быть укомплектована сушильным шкафом, техническими весами с пределом взвешивания до 500 г с точностью до 0,01 г, торговыми весами с пределом взвешивания до 25 кг, влагомерами электрическими различного принципа действия, настольной ленточной пилой с электродвигателем, ртутными лабораторными термометрами, психрометрами, анемометрами (термоанемометрами), технической и нормативной литературой по сушке древесины [11]. Отсутствие на предприятии лаборатории делает не возможным проведение контроля за древесиной в процессе сушки, а также определение качественных показателей высушиваемого материала по отечественным и зарубежным нормативным документам.

Результаты и обсуждение

Результаты исследования физико-механических свойств пиломатериалов из древесины грецкого и американского черного ореха приведены в работах [4–6, 18, 19].

Режим сушки пиломатериалов из древесины американского черного ореха, толщиной 32...35 мм приведены в табл. 1 [19].

В «Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов» приводится трехступенчатый режим сушки ореха, граба, толщиной 50...60 мм (табл. 2) [20].

В ГОСТ 19773–84 приводится пятиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины дуба, граба и ореха толщиной 50...60 мм (табл. 3) [21].

Семиступенчатое изменение параметров агента сушки для вишни, красного дерева, дуба и ореха толщиной 50...60 мм предусмотрено режимом (табл. 4) [22].

Восьмиступенчатое изменение параметров агента сушки для древесины грецкого ореха приведены в (табл. 5) [23].

Т а б л и ц а 1

Режим сушки пиломатериалов из древесины американского черного ореха толщиной 32...35 мм
Drying mode for American walnut wood with a thickness of 32...35 mm

Средняя влажность, %	Температура агента сушки, °C	Психрометрическая разность, °C	Степень насыщенности, %
>40	49	4	79
40	49	5	75
35	49	8	62
30	53	12	49
25	60	19	32
20	66	22	29
15	72	25	24
Стабилизация	77	24	31
Кондиционирование	83	8	71

Т а б л и ц а 2

Трехступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины ореха, граба, толщиной 50...60 мм
Three-stage mode for drying walnut, hornbeam timber 50...60 mm thick

Средняя влажность древесины, %	Температура агента сушки, °C	Психрометрическая разность, °C, Δt	Степень насыщенности, %
>30	52	4	80
30–20	55	7	68
<20	70	22	31

Т а б л и ц а 3

Пятиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины дуба, граба и ореха толщиной 50...60 мм
Five-stage mode for drying oak, hornbeam and walnut wood with a thickness of 50...60 mm

Средняя влажность древесины, %	Температура агента сушки, °C	Психрометрическая разность, °C, Δt	Степень насыщенности, %
>35	43	2	89
35–25	45	3	83
25–20	49	4	79
20–15	53	8	64
<15	61	17	38

Приведенные режимы сушки пиломатериалов из древесины грецкого ореха отличаются друг от друга начальной и конечной температурой, степенью насыщенности агента сушки, количеством ступеней и сочетанием пород древесины (табл. 6).

Т а б л и ц а 4

Семиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины вишни, красного дерева, дуба и ореха толщиной 50...60 мм

Seven-stage drying mode for cherry, mahogany, oak and walnut wood with a thickness of 50...60mm

Средняя влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С, Δt	Степень насыщенности, %
30 и более	40	2	84
25	43	5	73
20	47	8	62
15	54	13	46
12	57	14	43
8	57	15	40
Окончание	57	15	40

Т а б л и ц а 5

Восьмиступенчатый режим сушки пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной 50...60 мм

Eight-stage mode for drying walnut wood with a thickness of 50...60 mm

Средняя влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С, Δt	Степень насыщенности, %
>50	43,5	3,5	84
50-40	43,5	4,0	78
40-35	43,5	6,5	68
35-30	43,5	11,5	48
30-25	49	17,0	32
25-20	54,5	22,5	22
20-15	60	28,0	15
<15	71	27,5	21

Т а б л и ц а 6

Сводная таблица различий в режимах сушки пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной от 50 до 60 мм [20-23]

Summary table of differences in the modes of walnut wood with a thickness of 50 to 60 mm [20-23]

Источник	Температура агента сушки, °С		Степень насыщенности		Количество ступеней	Сочетание пород
	начальная	конечная	начальная	конечная		
РТМ [20]	52	70	80	31	3	Граб, ясень
ГОСТ 19773-84 [21]	43	61	89	38	5	Дуб, граб
Кротов Е.Г. [22]	40	57	84	40	7	Красное дерево, дуб, вишня
Dry Kiln Schedules for Commercial Woods [23]	43,5	71	84	21	8	—

Т а б л и ц а 7

Режим импульсной сушки пиломатериалов из древесины американского черного ореха толщиной 32...35 мм

Impulse drying mode for drying American walnut wood with a thickness of 32...35 mm

Продолжительность сушки, сут	Температура агента сушки, °С	Режим сушки, ч		Текущая влажность, %
		«рабо-та»	«пау-за»	
1	58	2	3	30,0
2	62	2	3	26,8
3	64	2	2,5	22,7
4	67	2,5	2,5	17,1
5	70	2,5	2	12,8
6	72	3,0	2	9,4
7	72	3,0	2	6,2

Т а б л и ц а 8

Режим импульсной сушки пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной 50...60 мм

Mode of impulse drying of walnut wood with a thickness of 50...60 mm

Продолжительность сушки, сут	Температура агента сушки, °С	Режим сушки, ч		Текущая влажность, %
		«рабо-та»	«пау-за»	
1	44	2	3	40,0
8	48	2	3	32,4
11	52	2	3	27,6
14	56	2	2,5	22,1
18	60	2	2,5	16,7
22	63	2	2	10,8
28	63	2	2	7,3

Все режимы сушки, представленные в табл. 1–5, были предназначены для применения в паровых сушильных камерах, которые в настоящее время имеют очень ограниченное применение вследствие высокой стоимости технологического водяного пара или же его отсутствия [24].

Решением задачи качественной сушки пиломатериалов из древесины американского черного ореха толщиной 32...35 мм и пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной 50...60 мм является использование импульсных режимов сушки, хорошо зарекомендовавших себя при сушке твердолиственных пород древесины [25, 26].

Режим импульсной сушки пиломатериалов из древесины американского черного ореха толщиной 32...35 мм приведен в табл. 7.

Режим импульсной сушки пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной 50...60 мм приведен в табл. 8.

Выводы

Проведенные опытно-промышленные сушки в сушильных камерах периодического действия пиломатериалов из древесины грецкого ореха толщиной от 50 до 60 мм и американского черного ореха толщиной 32–35 мм импульсными режимами подтвердили возможность использования этих режимов в условиях производства.

Список литературы

- [1] Лесная энциклопедия: в 2-х т. / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Сов. энциклопедия, 1985. 563 с.
- [2] Сукачев В.Н. Дендрология с основами геоботаники. М. Гослестехиздат, 1934. 616 с.
- [3] Джонс В.С. Древесные породы мира, их строение и отличительные признаки. М.: Гослестехиздат, 1932. 171 с.
- [4] Перельгин Л.М. Древесиноведение М.: Лесная промышленность, 1964. 284 с.
- [5] Ванин С.И. Древесиноведение. Ленинград: Гослестехиздат, 1940. 460 с.
- [6] Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесная промышленность, 1989. 296 с.
- [7] Tiu – Торговая площадка России. URL: <https://moskva.tiu.ru/p409773134-oreh-doska-neobreznaya.html> (дата обращения 05.05.2021).
- [8] Древесные породы мира, в 3-х т. Т. 2. М.: Лесная промышленность, 1982. 352 с.

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

Косарин Анатолий Александрович — канд. техн. наук, доцент, заместитель директора ООО «Форсклад», Kosarin2008@yandex.ru

Курышов Григорий Николаевич — канд. техн. наук, доцент

- [9] Сергеев В.В., Меллер В.Л., Серговский П.С. Безкалориферные и конденсационные сушильные камеры. М.: Изд-во ВНИПИЭИлеспром, 1980. 56 с.
- [10] Соколов П.В., Харитонов Г.Н., Добрынин С.В. Лесосушильные камеры. М.: Лесная промышленность, 1980. 216 с.
- [11] Расев А.И. Тепловая обработка и сушка древесины. М.: МГУЛ, 2009. 360 с.
- [12] Расев А.И., Курышов Г.Н. Технология сушки пиломатериалов в аэродинамических камерах // Деревообработка в России, 1998. № 1. С. 3–4.
- [13] ГОСТ 2695–83 Пиломатериалы лиственных пород. Технические условия. М.: Издательство стандартов, 1990. 446 с.
- [14] Косарин А.А., Курышов Г.Н. Определение эффективности импульсной сушки березовых пиломатериалов в опытно-экспериментальной установке. Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2014. № 2. С. 100–104.
- [15] ГОСТ 16588–91 Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности. М.: Издательство стандартов, 1990. 446 с.
- [16] Косарин А.А., Курышов Г.Н., Красухина Л.П., Петяйкина Е.Г. Сушка американского ореха импульсными режимами. Научные труды МГУЛ. Вып. 377. М.: МГУЛ, 2015. С.91 – 93.
- [17] WOODSTOCK. Эксперт по дереву [Электронный ресурс] // 2007 – 2021 WOODSTOCK – Материалы ценных пород. URL: <https://www.woodstock.su/prod/pilomaterialy/orekh/catalog.html> (дата обращения 05.05.2021).
- [18] Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: МГУЛ, 2002. 340 с.
- [19] Denig J., Wengert E.M., Simpson W.T. Dryinghardwood lumber. General technical report FPL; GTR-118. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2000, 138 p.
- [20] Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск: Изд-во ОАО «Научдревпром — ЦНИИМОД», 2000. 125 с.
- [21] ГОСТ 19773–84 Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия. Пиломатериалы, заготовки, деревянные детали. М.: Издательство стандартов, 1990. 464 с.
- [22] Кротов Е.Г. Технология дерева. М.; Л.: Гослестехиздат, 1934. 450 с.
- [23] Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J., Wengert E.M. Dry kiln schedules for commercial woods-temperate and tropical. General technical report FPL; GTR-57. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988, 158 p.
- [24] Расев А.И. Сушка древесины. СПб.: Лань, 2010. 416 с.
- [25] Косарин А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: автореф. дис. ... канд. тех. наук, 2012. 22 с.
- [26] Курышов Г.Н., Косарин А.А., Расева Е.А. Способ импульсной сушки пиломатериалов. Пат. №2615854 Российская Федерация. Оpubл. 11.04.2017. Бюл. № 11.

Поступила в редакцию 02.11.2021.

Одобрено после рецензирования 29.11.2021.

Принята к публикации 02.12.2021.

WALNUT AND AMERICAN WALNUT WOOD IMPULSE DRYING IN CONVECTIVE DRYING TUNNELS

S.A. Moiseev¹, D.I. Deyanov¹, A.A. Kosarin^{2✉}, G.N. Kuryshov

¹BMSTU (Mytishchi branch), 1, 1st Institutskaya st., 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia

²ОО «Forcklad», 40, Partizanskaya st., 121359, Moscow, Russia

Kosarin2008@yandex.ru

A review of the literature on the physical and mechanical properties of the walnut and the scope of its application is presented. Pilot drying of walnut wood with a thickness of 50...60 mm was carried out in modernized drying chambers using impulse drying modes URAL-72 at INTAR LLC, Moscow. An example of an impulse drying mode for a walnut with a thickness of 50...60 mm is given. The initial moisture content of wood was determined in accordance with GOST 16558–91. The physical and mechanical properties of American walnut are outlined. The drying mode of American walnut 32...35 mm thick included 9 steps. The temperature of the drying agent is from 49 °C to 83 °C. The degree of saturation of the drying agent is from 79 to 31 %. Impulse drying of American walnut wood with a thickness of 32...35 mm was carried out in a pilot drying tunnel at the Department of Wood Science and Woodworking Technology of Moscow State Forest University. The initial moisture content of American walnut wood was determined in accordance with GOST 16588–91. The control over the current moisture content and internal stresses in the wood of walnut and American black walnut during drying in impulse modes was carried out using the method of control samples. Determination of the quality of dried timber was carried out in accordance with the «Guiding technical materials on the technology of tunnel drying of sawn timber» and the technical conditions of GOST 2695–83. The use of impulse modes when drying walnut and American walnut wood allows saving from 30 to 50 % of electricity.

Keywords: timber, walnut wood, American walnut wood, impulse mode, quality indicator, charge dry kiln

Suggested citation: Moiseev S.A., Deyanov D.I., Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impul'snaya sushka pilomaterialov iz drevesiny gretskogo i amerikanskogo chernogo orekha v konvektivnykh sushil'nykh kamerakh* [Walnut and American walnut wood impulse drying in convective drying tunnels]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 2, pp. 85–91. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-2-85-91

References

- [1] *Lesnaya entsiklopediya* [Forest encyclopedia], in 2 vol. Ed. G.I. Vorobyov. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya [Soviet encyclopedia], 1985, 563 p.
- [2] Sukachev V.N. *Dendrologiya s osnovami lesnoy geobotaniki* [Dendrology with the basics of forest geobotany]. Leningrad: Gosleshtekhizdat [State Forest Technical Publishing], 1934, 616 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. *Drevesinovedenie* [Wood science]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1964, 284 p.
- [5] Vanin S.I. *Drevesinovedenie* [Wood science]. Leningrad: Gosleshtekhizdat [State Forest Technical Publishing], 1940, 460 p.
- [6] Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesine* [Handbook of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1989, 296 p.
- [7] Tiu. Available at: <https://moskva.tiu.ru/p409773134-oreh-doska-neobreznaya.html> (accessed 05.05.2021).
- [8] *Drevesnye porody mira* [Timber species of the world], in 3 v. V. 2. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1982, 352 p.
- [9] Sergeev V.V., Meller V.L., Sergovskiy P.S. *Bezkalorifernye i kondensatsionnye sushil'nye kamery* [Non-calorifier and condensation drying chambers]. Moscow: VNIPIEI Lesprom, 1980, 56 p.
- [10] Sokolov P.V., Kharitonov G.N., Dobrynin S.V. *Lesosushil'nye kamery* [Timber drying chambers]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1980, 216 p.
- [11] Rasev A.I. *Teplovaya obrabotka i sushka drevesiny* [Heat treatment and drying of wood]. Moscow: MSFU, 2009, 360 p.
- [12] 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.
- [13] GOST 2695–83 *Pilomaterialy listvennykh porod. Tekhnicheskie usloviya* [Hardwood sawn timber. Technical conditions]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Standards Publishing House], 1990, 446 p.
- [14] Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Opreделение эффективности импульсной сushki березовых пиломатериалов в опытно-экспериментальной установке* [Determination of the efficiency of impulse drying of birch lumber in a pilot plant]. *Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik*, 2014, no. 2, pp. 100–104.
- [15] GOST 16588–91 *Piloproduktsiya i derevyannye detali. Metody opredeleniya vlazhnosti* [Sawn products and wooden parts. Moisture determination methods]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing house of standards], 1990, 446 p.
- [16] Kosarin A.A., Kuryshov G.N., Krasukhina L.P., Petyaykina E.G. *Sushka amerikanskogo orekha impul'snymi rezhimami* [Drying of American walnuts by impulse modes]. *Nauchnye trudy MGUL* [Scientific works of MSFU], 2015, iss. 377, pp. 91–93.
- [17] WOODSTOCK *Ekspert po derevu* [Wood expert]. Materials of valuable breeds 2007–2021. Available at: <https://www.woodstock.su/prod/pilomaterialy/orekh/catalog.html> (accessed 05.05.2021).
- [18] Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science with the basics of forest commodity science]. Moscow: MSFU, 2002, 340 p.

- [19] Denig J., Wengert E.M., Simpson W.T. Dryinghardwood lumber. General technical report FPL; GTR-118. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2000, 138 p.
- [20] *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.
- [21] GOST 19773–84 *Pilomaterialy khvoynykh i listvennykh porod. Rezhimy sushki v kamerakh periodicheskogo deystviya. Pilomaterialy, zagotovki, derevyannye detali* [Coniferous and deciduous sawn timber. Drying modes in batch chambers. Lumber, blanks, wooden parts]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing house of standards], 1990, 464 p.
- [22] Krotov E.G. *Tekhnologiya dereva* [Wood technology]. Moscow – Leningrad: Gosudarstvennoe lesnoe tekhnicheskoe izdatel'stvo [State forestry technical publishing house], 1934, 450 p.
- [23] Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J., Wengert E.M. Dry kiln schedules for commercial woods-temperate and tropical. General technical report FPL; GTR-57. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 1988, 158 p.
- [24] Rasev A.I. *Sushka drevesiny* [Drying wood]. Saint Petersburg: Lan', 2010, 416 p.
- [25] 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.
- [26] Kuryshov G.N., Kosarin A.A., Raseva E.A. *Sposob impul'snoy sushki pilomaterialov* [Method of impulse drying of sawn timber]. Pat. no. 2615854. Russian Federation. Publ. 11.04.2017. Bul. no. 11.

Authors' information

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

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

Kosarin Anatoliy Aleksandrovich✉ — Cand. Sci. (Tech.), Deputy Director of the LTD «Foreklad»,
kosarin2008@yandex.ru

Kuryshov Grigoriy Nikolaevich — Cand. Sci. (Tech.), kuryshov@mgul.ac.ru

Received 02.11.2021.

Approved after review 29.11.2021.

Accepted for publication 02.12.2021.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest