

ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ЗАГОТОВОК ИЗ ДРЕВЕСИНЫ КРАСНОГО И ЧЕРНОГО ДЕРЕВА 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

Приведен обзор литературных источников по физико-механическим свойствам красного и черного дерева. Дано описание характерных свойств древесины красного и черного дерева. Указаны места произрастания этих пород, разновидности их свойств в зависимости от ареала их распространения. Дан обзор литературных источников по режимным параметрам сушки заготовок из древесины красного и черного дерева. Приведены режимы сушки, которые зависят от текущей влажности древесины и отличаются друг от друга начальной и конечной температурой, а также степенью насыщенности агента сушки на начальном и конечном ее этапе. Рассмотрены принципы строения импульсных режимов сушки древесины. Представлены режимы импульсной сушки заготовок из красного дерева толщиной 50 мм и черного дерева толщиной 25 мм. Начальная влажность заготовок из красного и черного дерева определялась по ГОСТ 16588. Контроль за текущей влажностью осуществлялся методом контрольных образцов, а за развитием сушильных напряжений — по силовым образцам. Возникающие напряжения в процессе сушки заготовок оценивались по относительной деформации зубьев силовых секций, выпиливаемых из контрольных силовых образцов. Установлено, что применение импульсных режимов позволяет уменьшить потребление электроэнергии и повысить качество сушки.

Ключевые слова: заготовки, древесина красного дерева, древесина черного дерева, импульсная сушка, качество сушки, режимы сушки

Ссылка для цитирования: Моисеев С.А., Деянов Д.И., Косарин А.А., Курышов Г.Н. Импульсная сушка заготовок из древесины красного и черного дерева в конвективных сушильных камерах // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 5. С. 112–119. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-112-119

Красное дерево относится к роду (*Swietenia*) вечнозеленых деревьев, в котором насчитывается от 5 до 8 видов, произрастающих в центральной Южной Америки и на островах Карибского моря. Три близких вида, известных в странах Европы с середины XVII в. как красное дерево и обладающих красно-коричневым цветом древесины, получили общее название махагони.

Наиболее ценным по своим свойствам признан вид свитения махагони (*Swietenia mahagoni*) или махагониевое дерево. Высота этого дерева достигает 30...45 м, имеет диаметр ствола до 2 м у комля. Листья небольшие темного цвета, удлиненно заостренные. Цветы мелкие собраны в метелки. Плод по форме — коробочка. Распространен во влажных тропических лесах на увлажненных плодородных почвах, иногда в горах на высоте до 1200 м.

Махагониевое дерево стали вывозить во Францию, Великобританию, и другие страны Европы почти 400 лет тому назад, что превратило его в ценнейшую наиболее предпочитаемую для краснодеревных работ древесину.

За период с начала и до середины XX в. запасы махагониевой древесины на островах Карибского моря практически были истощены.

В 1946 г. правительства Кубы, Гаити и Доминиканской республики запретили экспорт круглых лесоматериалов и пиломатериалов этой породы. В 1960-х и 1970-х годах на Кубе и островах Карибского бассейна были заложены лесные плантации махагониевого дерева (около 3000 тыс. га). Кроме того, этот вид был интродуцирован англичанами на остров Шри-Ланка и в Индию.

Со временем место свитения махагони заняла другая родственная порода — свитения крупнолистная (*Swietenia macrophylla*) или каоба, получившая распространение в южной части Мексики и в атлантических зонах Центральной Америки, Колумбии, Боливии и Бразилии.

Дерево быстрорастущее, часто очень крупное, достигающее высоты до 45 м и диаметра до 2 м и более. В искусственных насаждениях растет очень быстро. При лучших почвенно-климатических условиях стволы этой породы формируются за 20 лет, а в средних условиях за 40 лет.

Менее известен третий вид *Swietenia humilis*, произрастающий на западе и юге Мексики в Сальвадоре, Никарагуа и Коста-Рике [1, 2].

В тропических лесах Африки, на Островах Зеленого Мыса и на Мадагаскаре произрастает африканский вид махагони, имеющий название Кайя (*Khaya*). Наиболее распространен вид *Khaya ivorensis* (африканское кайя, африканское

махагони, кайя-махагони, *Neaddon*). Африканское кайя произрастает в зоне сомкнутых и высокоствольных влажных лесов, не выше 800 м н. у. м. Ограниченный ареал имеет вид *Khaya anthotheca*. Встречается в глубине африканского континента. Известна под названием акация белая, кайя скручено-цветная, крапа, муниама. Представляет собой крупные деревья высотой от 15...50 м, диаметром ствола от 60...130 см. К африканскому красному дереву также относятся сапеле, сипо, косипо. Эти породы распространены на территории Сьерра-Леоне, Анголы, Заира и Уганды. Это крупные деревья высотой до 45 м и диаметром ствола до 2 м.

В Юго-Восточной Азии красным деревом называют меранти (Филиппины), а в Австралии некоторые виды эвкалипта. Австралийским махагони называется вид *Eucalyptus marginata* (япра). Тем не менее по своим свойствам все эти породы отличаются от истинного красного дерева — американского махагони [1–5].

Эбеновое дерево — название группы растений рода *Diaspyros* из семейства эбеновых *Ebenaceae*. К роду *Diaspyros* относится около 180 вечнозеленых деревьев, растущих во влажных экваториальных тропических лесах Западной, Центральной и Восточной Африки, на островах Индийского океана в Юго-Восточной Азии, Индонезии, на Филиппинах в Индии, в пределах полуострова Индокитай и Шри-Ланке. Эти деревья и кустарники имеют попеременные или супротивные листья и сложные соцветия. Цветки двудомные, белые или бело-зеленые. Плод — мясистая ягода.

К семейству эбеновых *Ebenaceae* принадлежит и черное дерево, получившее свое название вследствие окраски ядра в черный цвет, высоких плотности и твердости и устойчивости к биологическим повреждениям. Под черным или эбеновым деревом в торговле понимают древесину различных экзотических пород черного цвета [6, 7]. В европейских и африканских странах черным деревом называют африканский вид дальбергии *Dalbergia melanoxylon*, в США и Великобритании — черный или африканский палисандр, сенегальский или африканский эбони, в Португалии африканский гренадил (*Grenadil African Blackwood*), черное дерево (*Pau Preto*), в Германии гренадил (*Grenadil*). Иногда под названием «черное дерево» подразумевают южноамериканские виды дальбергии — дальбергию черную (*Dalbergia nigra*), бразильский черный палисандр (*Gabiuna*), кокоболо, гренадил (*Socobola, Grenadillo*), произрастающие в Мексике и Гватемале, намбар (*Nambar*) — в Никарагуа и Коста-Рике.

К африканскому эбеновому дереву относится габоновое эбеновое дерево (*Gabon Eboni*), каме-

рунское, нигерийское эбеновое дерево или криби (*Cameroons, Nigerian ebony* или *Kribi*). Мадагаскарское и занзибарское эбеновое дерево произрастает на востоке Экваториальной Африки и на островах Индийского океана.

Из Индонезии, Филиппин, п-ова Индокитай и Папуа-Новой Гвинеи эбеновое дерево вывозится под названием макассар, филиппинское эбони или камагонг (*Kamagong*), новогвинейский эбони (*Newo Guinea eboni*) [1, 3, 6–8].

Цель работы

Цель работы — разработка технологии импульсной сушки для заготовок из красного и черного дерева в конвективных сушильных камерах.

Материалы и методы исследования

Свитения (махагони) — это ядровая рассеяно-сосудистая листовая порода с узкой белой заболонью. Заболонь шириной 25...50 мм, желтовато-белого цвета, имеет разно выраженную границу с ядром. Ядро — буровато- или коричнево-красное с окраской разной интенсивности. На поперечном разрезе древесина имеет темно-розоватую окраску, видны границы годичных слоев. Сердцевинные лучи тонкие, мало заметные, на тангенциальном разрезе расположены горизонтальными рядами. Сосуды круглые, собраны по два-три в небольшие радиальные группы. Строение древесины обычно путано-свилеватое, на радиальных разрезах с однородным красивым рисунком. Древесина кайи по строению идентична с древесиной махагони, часто наблюдается свилеватость. Ядро имеет окраску от бледно-розового до красно-коричневого цвета. Сапеле, сипо и косипо обладают более плотной и тяжелой древесиной. Светлая заболонь шириной до 10 см отличается от ядра. Сосуды мельче, чем у махагони. Волокна свилеватые, образуют равномерный полосатый рисунок на радиальном разрезе. Перечисленные виды древесины относятся к породам средней плотности. Махагони имеет плотность от 495...560 кг/м³, кайя — 560...580 кг/м³, сипо, сапеле, косипо — 625...660 кг/м³ (при влажности 12 %) [4, 9]. Стоимость красного дерева составляет от 260 тыс. руб. за 1 м³ [10].

Эбеновое дерево — ядровая рассеянно-сосудистая порода с узкой белой заболонью. Годичные слои практически незаметны, узкие сердцевинные лучи не видны ни на одном разрезе. Сосуды мелкие, собраны в радиальные группы по два-три, полости сосудов иногда заполнены ядровыми веществами черного цвета. Заболонь — узкая, белая, желтовато-белая, серая, бежевая, темнеющая под воздействием солнца и воздуха. Волокна ядра прямые, иногда искривленные или волнистые.

Древесина эбенового дерева очень плотная и тяжелая. Плотность древесины всех видов эбенового дерева находится в пределах от 900 до 1000 кг/м³ (при влажности 12 %). Самое плотное — цейлонское эбони — 1190 кг/м³. Макасар — 850...1050 кг/м³. Предел прочности на изгиб для основных африканских и индийских видов — от 180 до 190 МПа. Усушка эбенового дерева в радиальном направлении — 5,5 %, в тангенциальном — 6,5 %. Все виды эбенового дерева трудно обрабатываются резанием вследствие высокой плотности и наличия минеральных включений в древесине. Очень плохо пропитываются различными жидкостями, обладают низкой гигроскопичностью и высокой стабильностью в различных условиях (по температуре и влажности). Стоимость эбенового дерева составляет от 78 тыс. руб. за 1 м³ [9, 11].

Сушка заготовок из древесины красного и черного дерева проводилась в опытно-экспериментальной сушильной камере кафедры древесиноведения и технологии деревообработки МГТУ им. Н.Э. Баумана (Мытищинский филиал) с использованием режимов импульсной сушки, хорошо зарекомендовавших себя при сушке твердых лиственных пород древесины (дуба, ясеня, бука, груши) [12–13].

Режимами импульсной сушки, в отличие от традиционных, регулирование степени насыщенности агента сушки не предусмотрено. Тепловая энергия передается древесине импульсно с определенной последовательностью, при этом режим сушки состоит из двух циклически повторяющихся стадий «импульс» и «пауза». На стадии «импульс» осуществляется передача тепла материалу и удаление испаряемой из материала влаги. На стадии «пауза» тепловая энергия в сушильную камеру не подается, что приводит к снижению температуры поверхностных слоев древесины. Влага, испаряемая из древесины, остается в сушильной камере, повышая степень насыщенности сушильного агента и одновременно снимая внутренние напряжения в древесине, которые возникают в ней на стадии «импульс». Стадии «импульс» и «пауза» повторяются до тех пор, пока древесина не достигает конечной влажности. Технологией импульсной сушки не предусмотрено проведение промежуточных и конечной влаготеплообработки [14].

Опытно-промышленная сушильная камера относится к типу сушильных камер, в которых агент сушки проходит через штабель в поперечном направлении, а траектория его кольцевого движения внутри камеры находится в горизонтальной плоскости [15]. Сушильная камера разделена вертикальным экраном на сушильное пространство и пространство, где расположено технологическое оборудование.

В сушильном пространстве на тележке, установленной на рельсовом пути, размещается штабель, сформированный из высушиваемых заготовок древесины. На боковой стене сушильной камеры расположен психрометрический узел, состоящий из «сухого» и «смоченного» термометров, выполненных на базе термометров сопротивления типа ТСМ.

В технологическом пространстве, расположенном в торцевой части камеры, находится осевой вентилятор № 6 и блок трубчатых электронагревателей ТЭНов мощностью 6 кВт.

Для подачи свежего воздуха и удаления отработанного в верхней части камеры установлены приточно-вытяжные каналы с заслонками, которые управляются исполнительным механизмом.

Контроль и регулирование процесса импульсной сушки выполняется двухканальным измерителем-регулятором температуры ТРМ202 (компания «ОВЕН» г. Москва), имеющего интерфейс для связи с ПК. Используемая программа, разработанная компанией «ОВЕН», позволяет вести контроль параметров сушки в режиме online и архивировать полученные данные [16]. Продолжительность стадий «импульс» и «пауза» устанавливается с использованием таймера УТ-1 (компания «ОВЕН»).

Заготовки из древесины красного дерева, подлежащие сушке имели следующие параметры:

Толщина, мм.....	50
Ширина, мм.....	200
Длина, мм.....	1200...1500

Процесс импульсной сушки заготовки из красного дерева включал в себя следующие технологические операции:

- прогрев заготовок (6 ч);
- многоступенчатую сушку (12 ступеней);
- кондиционирование (7 ч).

Температура агента сушки на стадии «импульс» поддерживалась в диапазоне 40...65 °С. Продолжительность стадий «импульс» и «пауза» в процессе сушки составляла 1...4 ч. Всего было высушено 4 м³ заготовок до конечной влажности 7...8 % по I и II категориям качества сушки. Продолжительность сушки заготовок из древесины красного дерева составила 23 сут. [16].

Заготовки из древесины черного дерева, подлежащие сушке, имели следующие параметры:

Толщина, мм.....	25
Ширина, мм.....	120
Длина, мм.....	1500
Начальная влажность, %.....	20

Процесс импульсной сушки заготовок из черного дерева включал в себя следующие технологические операции:

- прогрев заготовок (10 ч);
- многоступенчатую сушку (13 ступеней);
- кондиционирование (12 ч).

Температура агента сушки на стадии «импульс» поддерживалась в диапазоне 38...65 °С. Продолжительность стадий «импульс» и «пауза» в процессе сушки составляла 1...4 ч. Всего было высушено две партии заготовок до конечной влажности 8 ± 1 % по I и II категориям качества сушки. Продолжительность сушки заготовок из древесины черного дерева составила 25 сут. [17].

Процесс камерной сушки древесины красного и черного дерева включал в себя технологические и контрольные операции. Технологические операции: начальный прогрев, многоступенчатая сушка, кондиционирование, охлаждение материала. Контрольные операции: определение значений начальной и текущей влажности, величины полных внутренних напряжений и остаточных деформаций, а также показателей качества высушенного материала [18].

Начальная влажность древесины определялась по секциям влажности весовым способом согласно ГОСТ 16588 [19]. Секции влажности выпиливались из образцов, отбираемых из заготовок, предназначенных для сушки. Текущая влажность находилась по контрольным образцам влажности, закладываемым в сушильный штабель. По величине текущей влажности образцов определяли время перехода с одной ступени на другую или окончание процесса сушки.

Для определения полных внутренних напряжений и деформаций в штабель закладывали контрольные силовые образцы. В процессе сушки из контрольных образцов выпиливали силовые секции. О знаке и величине полных внутренних напряжений судили по направлению и величине изгиба зубцов силовых секций.

Величина вычисляемого показателя относительной деформации зубцов силовой секции f , % свидетельствует о наличии остаточных напряжений в древесине.

Качество высушенного материала определяли по показателям средней конечной влажности заготовок в штабеле, отклонению влажности отдельных заготовок от средней влажности штабеля, среднему квадратичному отклонению влажности, перепаду влажности по толщине заготовок и условному показателю остаточных напряжений.

Таким образом, выполнение при каждой сушке древесины всех контрольных операций и определение качественных показателей высушиваемого материала обуславливают необходимость наличия в сушильном производстве специальной лаборатории.

В состав лаборатории должно входить следующее оборудование: сушильный шкаф, технические весы с пределом взвешивания до 500 г, торговые весы с пределом взвешивания до 25 кг, влагомеры электрические, настольная ленточная

пила с электродвигателем, психрометры, анемометры (термоанемометры), ртутные лабораторные термометры, фонари электрические (аккумуляторные), измерительные приборы (рулетки стальные, складные метры, циркули и т. д.), а также техническая литература по сушке древесины [20].

Результаты и обсуждение

Результаты исследований физико-механических свойств, а также макроскопическое и микроскопическое описание древесины красного и черного дерева приведены в работах [7, 8, 21].

В частности, в работе [22] приведено описание шестиступенчатого режима сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм (табл. 1).

Семиступенчатое изменение параметров агента сушки предусмотрено режимом [23] для древесины красного дерева *Khaya Senegalensis* (*Benin mahogany*, *African mahogany*, *Senegal mahogany*) (табл. 2).

Т а б л и ц а 1

Шестиступенчатый режим сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм [23]

Six-stage drying mode for redwood blanks 50 mm thick [23]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Температура по мокрому термометру, °С	Степень насыщенности, %
> 30	41	38	84
25	43	38	73
20	47	39	62
15	54	41	46
12	57	43	43
8	57	42	40

Т а б л и ц а 2

Семиступенчатый режим сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм [24]

Seven-stage mode for redwood blanks 50 mm thick [24]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Температура по мокрому термометру, °С	Степень насыщенности, %
> 50	37,5	35,5	83
50...40	37,5	34	77
40...30	37,5	32	68
30...25	43,5	32	46
25...20	49,0	32	32
20...15	54,5	32	22
<15	65,5	37,5	18

Таблица 3

Восьмиступенчатый режим сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм [25]

Eight-stage drying mode for mahogany blanks with a thickness of 50 mm [25]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Температура по мокрому термометру, °С	Степень насыщенности, %
> 50	43,5	40,5	84
50...40	43,5	39,5	78
40...35	43,5	37,0	68
35...30	43,5	32,5	48
30...25	49,0	32,0	32
25...20	54,5	32,0	22
20...15	60,0	32,0	15
< 15	71,0	43,5	21

Таблица 4

Семиступенчатый режим сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм [24]

Seven-stage drying mode for ebony blanks 25 mm thick [24]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Температура по мокрому термометру, °С	Степень насыщенности, %
> 40	43,5	41	87
40...35	43,5	40,5	84
35...30	43,5	39,0	76
30...25	49,0	41,0	62
25...20	54,5	37,5	35
20...15	60	32,0	15
< 15	71	43,5	21

Таблица 5

Восьмиступенчатый режим сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм [24]

Eight-stage drying mode for ebony blanks 25 mm thick [24]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Температура по мокрому термометру, °С	Степень насыщенности, %
> 50	49,0	46,5	88
50...40	49,0	46,0	85
40...35	49,0	44,5	77
35...30	49,0	41,0	62
30...25	54,5	37,5	35
25...20	60,0	32,0	15
20...15	65,5	37,5	18
< 15	82,0	54,5	26

Таблица 6

Режим импульсной сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм

Impulse drying mode for redwood blanks 50 mm thick

Продолжительность сушки, сут	Температура агента сушки, °С	Режим сушки, ч		Текущая влажность, %
		Стадия «импульс»	Стадия «пауза»	
1	40	1,0	4,0	37,0
2	40	1,0	4,0	35,4
5	42	2,0	4,0	33,2
9	46	2,0	3,5	30,6
12	48	2,0	3,5	28,1
14	50	2,0	3,0	26,3
16	52	2,0	3,0	23,9
18	54	2,0	2,5	21,6
20	56	2,0	2,5	18,3
21	59	2,0	2,0	15,1
22	63	2,0	2,0	11,3
23	65	2,0	2,0	7,2

Таблица 7

Режим импульсной сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм

Impulse drying mode for ebony wood blanks 25 mm thick

Продолжительность сушки, сут	Температура агента сушки, °С	Режим сушки, ч		Текущая влажность, %
		Стадия «импульс»	Стадия «пауза»	
1	38	1,0	4,0	20,0
2	38	1,0	4,0	19,1
4	38	1,0	4,0	18,8
6	38	1,0	3,5	16,2
7	42	1,5	3,5	15,0
9	47	1,5	3,5	14,3
12	50	1,5	3,5	13,1
16	53	2,0	3,5	12,4
18	58	2,0	3,5	11,8
20	61	2,0	3,5	10,6
23	65	2,0	3,5	9,1
24	65	2,0	3,0	8,2
25	65	2,0	3,0	7,7

Восьмиступенчатое изменение параметров агента сушки приведено в табл. 3 для древесины красного дерева *Swietenia mahagoni* (*West indies mahogany*, *Honduras mahogany*, *Caoba*) [24].

В табл. 4 приведен семиступенчатый режим сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм (*Ebony*, *East Indian*) [24].

В табл. 5 приведен восьмиступенчатый режим сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм [24].

В табл. 6 приведен режим импульсной сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм.

В табл. 7 приведен режим импульсной сушки заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм.

Выводы

Проведенные сушки заготовок из древесины красного дерева толщиной 50 мм и заготовок из древесины черного дерева толщиной 25 мм в опытно-экспериментальной сушильной камере подтвердили возможность использования импульсных режимов для сушки этих пород древесины.

Список литературы

- [1] Древесные породы мира: в 3-х т. М.: Лесная пром-сть, 1982. Т. 2. 352 с.
- [2] Лесная энциклопедия: в 2-х т. / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Советская энциклопедия, 1985. Т. 1. 563 с.
- [3] Лесная энциклопедия: в 2-х т. / под ред. Г.И. Воробьева. М.: Советская энциклопедия, 1986. Т. 2. 631 с.
- [4] Красное дерево. Махагони // Дерево.RU, 2003. № 6. С. 10–12.
- [5] Сабинина И. Красное — значит, прекрасное // Дерево. RU, 2008. № 6. С. 14–15.
- [6] Эбеновое дерево. Ебону. Род *Diospyros* // Дерево. RU, 2004. № 6. С. 16–21.
- [7] Ванин С.И. Древесиноведение. Ленинград: Гослестехиздат, 1940. 460 с.
- [8] Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения. М.: МГУЛ, 2002. 340 с.
- [9] Боровиков А.М., Уголев Б.Н. Справочник по древесине. М.: Лесная пром-сть, 1989. 296 с.
- [10] WOODSTOCK. Эксперт по дереву. Пиломатериалы Орех // 2007–2021 WOODSTOCK. Материалы ценных пород. URL: <https://www.woodstock.su/prod/pilomaterialy/orekh/catalog.html> (дата обращения 24.04.2022).
- [11] WOODSTOCK. Эксперт по дереву. Доски Эбен Макасар 52 мм // 2007–2021 WOODSTOCK. Материалы ценных пород. URL: <https://www.woodstock.su/products/eben-makassar-52-mm/> (дата обращения 24.04.2022).
- [12] Косарин А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: автореф. дис. ... канд. тех. наук, 2012. 22 с.
- [13] 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
- [14] Расев А.А., Курышов Г.Н., Ляшенко С.В., Чучков С.В. Способ сушки пиломатериалов. Пат. №2027127 РФ / Оpubл. 20.01. 1995 г.
- [15] Серговский П.С., Расев А.И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Лесная пром-сть, 1987. 360 с.
- [16] Курышов Г.Н., Косарин А.А. Импульсная сушка заготовок из древесины махагони и мербау // Научные труды МГУЛ, 2010. Вып. 349. С. 46–48.
- [17] Косарин А.А. Особенности сушки древесины эбенового дерева // Научные труды МГУЛ, 2005. Вып. 326. С. 22–25.
- [18] Расев А.И. Сушка древесины. СПб: Лань, 2010. 416 с.
- [19] Пилопродукция и деревянные детали. Методы определения влажности. ГОСТ 16588. М.: Издательство стандартов, 1990. 464 с.
- [20] Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки пиломатериалов. Архангельск: Изд-во ОАО «Научдревпром–ЦНИИМОД», 2000. 125 с.
- [21] Перельгин Л.М. Древесиноведение М.: Лесная пром-сть, 1964. 284 с.
- [22] Селюгин Н.С. Сушка древесины. Ленинград: Гослестехиздат, 1940. 548 с.
- [23] 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, no. 30. pp. 4391–4395.
- [24] 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.

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, kuryshov@mgul.ac.ru

Поступила в редакцию 05.05.2022.

Одобрено после рецензирования 11.07.2022.

Принята к публикации 15.08.2022.

REDWOOD AND EBONY BLANKS IMPULSE CONVECTIVE DRYING

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

²OOO «Foreklad», 40, Partizanskaya st., 121359, Moscow, Russia

Kosarin2008@yandex.ru

A review of literature sources on the physical and mechanical properties of redwood and ebony is given. A description of the characteristic properties of redwood and ebony wood is given. The place of growth of these species, varieties of properties depending on the area of their distribution are indicated. A review of literature sources on regime parameters for drying redwood and ebony wood blanks is given. The drying modes are given, which depend on the current moisture content of the wood and differ from each other in the initial and final temperatures, as well as the degree of saturation of the drying agent at the initial and final stages of drying. The principles of the structure of pulse modes of wood drying are considered. The modes of pulsed drying of redwood 50 mm thick and ebony 25 mm thick blanks are presented. The initial moisture content of mahogany and ebony blanks was determined according to GOST 16588. The control over the current moisture content was carried out by the method of control samples. And the development of drying stresses is based on power samples. The stresses arising during the drying of the workpieces were evaluated by the relative deformation of the power sections teeth, sawn from the control power samples. The use of pulsed modes allows you to reduce energy consumption and improve the drying quality.

Keywords: redwood and ebony blanks, impulse drying, drying modes

Suggested citation: Moiseev S.A., Deyanov D.I., Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impul'snaya sushka zagotovok iz drevesiny krasnogo i chernogo dereva v konvektivnykh sushil'nykh kamerakh* [Redwood and ebony blanks impulse convective drying]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 5, pp. 112–119.

DOI: 10.18698/2542-1468-2022-5-112-119

References

- [1] *Drevesnye porody mira* [Timber species of the world], in 3 t. T. 2. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1982, 352 p.
- [2] *Lesnaya entsiklopediya* [Forest encyclopedia], in 2 vol. Ed. G.I. Vorobyov. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya [Soviet encyclopedia], 1985, t. 1, 563 p.
- [3] *Lesnaya entsiklopediya* [Forest encyclopedia], in 2 vol. Ed. G.I. Vorobyov. Moscow: Sovetskaya entsiklopediya [Soviet encyclopedia], 1985, t. 2, 631 p.
- [4] *Krasnoe derevo. Makhagoni* [Mahogany. Mahogany]. Derevo.RU, 2003, no. 6, pp. 10–12.
- [5] Sabinina I. *Krasnoe — znachit, prekrasnoe* [Red means beautiful]. Derevo.RU, 2008, no. 6, pp. 14–15.
- [6] *Ebenovoe derevo. Ebony. Rod Diospyros* [Ebony. Ebony. The genus Diospyros]. Derevo.RU, 2004, no. 6, pp. 16–21.
- [7] Vanin S.I. *Drevesinovedenie* [Wood science]. Leningrad: Gosleshtekhizdat [State Forest Technical Publishing], 1940, 460 p.
- [8] Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood science with the basics of forest commodity science]. Moscow: MSFU, 2002, 340 p.
- [9] Borovikov A.M., Ugolev B.N. *Spravochnik po drevesine* [Handbook of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1989, 296 p.
- [10] WOODSTOCK *Ekspert po derevu. Pilomaterialy Orekh* [Wood expert. Lumber Walnut]. Materials of valuable breeds 2007–2021. Available at: <https://www.woodstock.su/prod/pilomaterialy/orekh/catalog.html> (accessed 24.04.2022)
- [11] WOODSTOCK *Ekspert po derevu. Doski Eben Makassar 52 mm* [Wood expert. Boards Eben Makassar 52 mm]. Materials of valuable breeds 2007–2021. Available at: <https://www.woodstock.su/prod/pilomaterialy/orekh/catalog.html> (accessed 24.04.2022)
- [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] 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
- [14] Rasev A.A., Kuryshov G.N., Lyashenko S.V., Chuchkov S.V. *Sposob sushki pilomaterialov* [Method for drying lumber]. Pat. no. 2027127 RF / Publ. 20.01. 1995.
- [15] Sergovskiy P.S., Rasev A.I. *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny* [Hydrothermal treatment and preservation of wood]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1987, 360 p.
- [16] Kuryshov G.N., Kosarin A.A. *Impul'snaya sushka zagotovok iz drevesiny makhagoni i merbau* [Impulse drying of blanks from mahogany and merbau wood]. *Nauchnye trudy MGUL* [Scientific works of MSFU], 2010, iss. 349, pp. 46–48.
- [17] Kosarin A.A. *Osobennosti sushki drevesiny ebenovogo dereva* [Peculiarities of drying ebony wood] *Nauchnye trudy MGUL* [Scientific works of MSFU], 2005, iss. 326, pp. 22–25.
- [18] Rasev A.I. *Sushka drevesiny* [Drying wood]. St. Petersburg: Lan', 2010, 416 p.
- [19] GOST 16588 *Piloproduktsiya i derevyannye detali. Metody opredeleniya vlazhnosti* [Sawn products and wooden parts. Moisture determination methods]. Moscow: Izdatel'stvo standartov [Publishing house of standards], 1990, 464 p.
- [20] *Rukovodnyashchie tekhnicheskie materialy po tekhnologii kamernoy sushki pilomaterialov* [Guiding technical materials on the technology of chamber drying of sawn timber]. Arkhangel'sk: Nauchdrevprom-TsNIIMOD, 2000, 125 p.
- [21] Perelygin L.M. *Drevesinovedenie* [Wood science]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' [Timber industry], 1964, 284 p.
- [22] Selyugin N.S. *Sushka drevesiny* [Drying wood]. Leningrad: Goslestekhizdat, 1940, 548 p.

- [23] 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, no. 30. pp. 4391–4395.
- [24] 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.

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 «Forcklad»,
kosarin2008@yandex.ru

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

Received 05.05.2022.

Approved after review 11.07.2022.

Accepted for publication 15.08.2022.

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