

ИМПУЛЬСНАЯ СУШКА ДУБОВЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ ТОЛЩИНОЙ 50 ММ В КОНВЕКТИВНЫХ КАМЕРАХ

А.А. КОСАРИН, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾,
Г.Н. КУРЫШОВ, доц., МГУЛ, канд. техн. наук⁽¹⁾

kosarin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я институтская, д. 1, МГУЛ

Сделан обзор литературных источников по режимам и параметрам сушки дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм. Приведены режимы сушки в зависимости от времени, представленные Соколовым П.В., режимы, зависящие от текущей влажности пиломатериалов, представленные в трудах Богданова Е.С., Расева А.И., Кречетова И.В., ГОСТ 19773-84 и Руководящих технических материалах по технологии камерной сушки пиломатериалов. Также приведена характеристика процесса сушки дуба толщиной 50 мм в конвективных сушильных камерах чешского производства. Представленные режимы отличаются начальной и конечной температурой агента сушки, степенью насыщенности на начальном и конечном этапах процесса сушки. Процесс сушки в разных источниках включает в себя от трех до восьми ступеней. Первые импульсные сушки дубовых пиломатериалов начались в 1992 г. на ДОК № 1, г. Москва. После чего был получен патент на импульсную сушку. В статье приведены режимы импульсной сушки от 90-х годов прошлого века, проводимых на ООО «ИНТАР», г. Москва, на модернизированной сушильной камере «Урал-72» с поперечно-горизонтальной циркуляцией. Также приведены параметры режима сушки в конвективных сушильных камерах УПМ МГУЛ с поперечно-вертикальной циркуляцией агента сушки. Контроль за влажностью древесины в процессе сушки осуществлялся методом контрольных образцов. А развитие сушильных напряжений – по силовым образцам. Начальная влажность древесины определялась в соответствии с ГОСТ 16588 – 91. В статье приводится усредненная зависимость изменения величины текущей влажности от продолжительности процесса сушки для двух представленных режимов. Применение импульсных режимов позволяет снизить потребление электроэнергии при сушке дуба до 60 %.

Ключевые слова: дубовый пиломатериал, импульсная сушка, режимы сушки

Дуб относится к роду листопадных или вечнозеленых деревьев, семейства буковых. Высотой до 30–40 м (изредка до 55 м), диаметром ствола от 1 до 1,5 м. Продолжительность жизни дуба – до 500 лет, однако некоторые дубы живут и до 1000 и более лет. В роде дубовых около 600 видов. Например, черешчатый, грузинский, восточный, каштановый и т.д. [1].

Одним из наиболее трудносохнущих материалов является древесина дуба черешчатого, произрастающего в Европейской России [2]. Плотность древесины дуба черешчатого, по данным А.М. Боровикова [3], в

зависимости от района произрастания колеблется в пределах от 663 до 703 кг/м³.

Несмотря на сложный период для рынка деревообрабатывающей продукции сухой дубовый пиломатериал пользуется устойчивым спросом. Цена на дубовый пиломатериал колеблется от 45 до 65 тыс. руб. за м³. Сушка дубовых пиломатериалов представляет определенные сложности вследствие повышенной склонности к растрескиванию. Имеющиеся в литературных источниках режимы сушки [4–6] предусматривают технологические операции начального прогрева, многоступенчатой сушки и влаготеплообработки (промежуточной и конечной).

Т а б л и ц а 1

Режимы сушки дуба [4]
Tumble dryer oak [4]

Текущая влажность пиломатериалов, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %	Продолжительность, ч
Выше 40	44	2,0	90	–
40 – 35	46	2,5	87	48
35 – 30	48	3,5	81	60
30 – 25	50	4,5	76	66
25 – 20	52	6,5	69	84
20 – 15	55	9,0	60	108
15 – 10	57	13,0	47	150
Ниже 10	60	18,0	35	–

Т а б л и ц а 2

Режимы сушки дуба [6]
Tumble dryer oak [6]

Текущая влажность пиломатериалов, %	Вид обработки	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %
W _н – 35	Сушка	45	2	88
35 – 25	Сушка	47	3	83
25	Влаготеплообработка	51	0	100
25 – 20	Сушка	51	4	79
20 – 15	Сушка	57	7	67
15 – W _к	сушка	65	18	37

Т а б л и ц а 3

Режимы сушки дуба [7]
Tumble dryer oak [7]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %	Равновесная влажность, %
>35	43	2	89	20
35 – 25	45	3	83	17
25 – 20	49	4	79	15
20 – 15	53	8	74	12,3
< 15	61	17	38	6,3

Т а б л и ц а 4

Режимы сушки дуба [8, 9]
Tumble dryer oak [8, 9]

Влажность древесины, %	Температура агента сушки, °С	Психрометрическая разность, °С	Степень насыщенности, %
>30	47	2	90
30 – 20	50	5	75
< 20	62	18	36

Т а б л и ц а 5

Сводная таблица по режимам сушки
Summary table for tumble dryer

Источник информации	Кол-во ступеней сушки, шт.	Температура агента сушки		Степень насыщенности	
		начальная, °С	конечная, °С	начальная, %	конечная, %
Соколов П.В. «Сушка древесины»	8	44	60	90	35
Богданов Е.С. «Справочник по сушке древесины»	5	45	65	88	37
Расев А.И. «Тепловая обработка и сушка древесины»	5	43	61	89	38
Кречетов И.В. «Сушка древесины», Руководящие технические материалы	3	47	62	90	36

П.В. Соколов [4] приводит режим сушки по времени дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм состоящий из 8 ступеней с изменением температуры агента сушки от 44 °С и влажности 90 % до температуры 60 °С и влажности 35 %.

Режимы, разработанные Львовским лесотехническим институтом [6] предусматривают семиступенчатый режим сушки с промежуточной влаготеплообработкой (табл. 2).

А.И. Расев [7] приводит пятиступенчатый режим сушки дубовых пиломатери-

Т а б л и ц а 6

Параметры процесса сушки на ООО «ИНТАР», 1997 г.
The parameters of the drying process on the LLC «Intars», 1997

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
1	47	2	3	66,8
7	49	2	3	38
20	52	2	3	25,8
24	52	2	2,5	17,7
31	57	2	2	15
35	60	2	2	11,7
38	63	2	2	9,8
44	67	2,5	2	9
47	67	3	2	8,3
52	67	4	2	7,1

Т а б л и ц а 7

Параметры процесса сушки на ООО «ИНТАР», 2000 г.
The parameters of the drying process in the company «INTER», 2000

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
1	45	2	4	65,9
3	45	2	4	58,8
6	47	2	4	51,4
12	47	2	4	42
16	49	2	4	36
24	50	1,5	4	29
29	52	2	3,5	25,9
32	52	2	3	20
36	55	2	2,5	13,7
40	58	2	2,5	12,1
46	61	2	2,5	9,2
50	65	2	2,5	8,1
52	70	2	2,5	7,2
56	73	2	2,5	6,4

алов толщиной 50 мм (табл. 3). В Руководящих технических материалах [8] и работе И.В. Кречетова [9] приведены трехступенчатые режимы сушки для дуба толщиной от 50 до 60 мм (табл. 4)

В технологической инструкции к сушильным камерам, выпускаемым фирмой «KATRES» (Чехия), режимы сушки пиломатериалов из древесины дуба толщиной 50 мм подразделяются на три группы – мягкие, нормальные и твердые. Например, нормальный режим состоит из 10 ступеней, разброс температуры от 40 °С до 60 °С и степени насыщенности агента сушки от 98 % в начале процесса до 15 % в конце.

Из приведенных выше режимов видно (табл. 5), что имеются различия в параметрах сушки начальная: температура составляет от 43 до 47 °С, конечная температура от 60 до 65 °С, степень насыщенности на начальной стадии 88 – 90 %, при окончании сушки – 35 – 38 %. Сам процесс сушки состоит из ступеней от 3 до 8 шт. В трудах Соколова П.В. продолжительность процесса сушки [4] по ступеням привязана ко времени, что не всегда отражает реальную картину.

Первые **импульсные сушки** дубовых пиломатериалов толщиной 50 мм были проведены на ДОК №1 г. Москва в сушильной камере УЛ-2М в 1992 году. В 1995 г. на

Параметры процесса сушки в УПМ МГУЛ, 2010 г.
The parameters of the drying process in the UTM MSFU 2010

Время, сут.	Температура агента сушки °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
0	48	2	4	77,7
1	48	2	4	72,3
3	48	2	4	64,4
4	48	2	4	62,2
5	48	2	4	59,2
6	48	2	4	57,1
7	48	2	4	54,8
8	48	2	4	53
10	48	2	4	49
12	48	2	4	44,9
14	48	2	4	41,9
16	48	2	4	40,2
19	52	2	4	35,9
22	52	2	4	31,6
24	52	2	4	29,4
26	54	2	4	27,3
29	56	2	4	24,5
31	56	2	4	22,4
33	62	2	4	20,9
35	62	2	4	19,2
38	62	2	4	17,4
40	62	2	4	15,7
42	62	2	3	15,3
43	62	2	3	14,5
47	62	2	2	12,7
49	62	2	2	12,1
52	62	2	2	11,5
54	62	2	2	10,8
56	62	2	2	9,9
58	62	2	2	9,1
59	62	2	2	8,9
61	62	2	2	8,2
63	62	3	2	7,8
64	62	3	2	7,4
65	62	3	2	7
66	62	3	2	6,7
68	62	3	2	6,3

импульсную сушку был получен патент РФ № 2027217 [10]. За последние десятилетия авторами в рамках исследований импульсной сушки на производственном предприятии «ИНТАР», г. Москва и в учебно-производственных мастерских (УПМ) МГУЛ были проведены ряд сушек пиломатериалов из древесины дуба толщиной 50 (53) мм. Режимы импульсной сушки за последние годы

внедрены на многих лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях [11]. Принципы импульсной сушки неоднократно публиковались в различной литературе, последняя публикация 2015 г. в журнале «Вестник МГУЛ – Лесной Вестник» [12].

На ООО «ИНТАР» сушки проводились в модернизированной сушильной камере «УРАЛ-72». Циркуляция сушильного агента

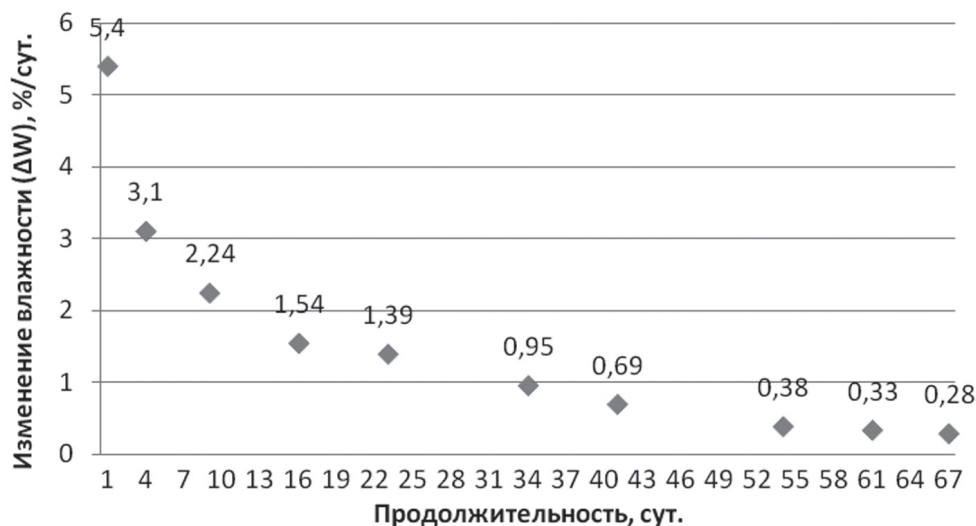


Рис. 1. Зависимость величины изменения влажности пиломатериала по времени процесса (по табл. 8)
Fig. 1. The dependence of the moisture measurement of timber at the time of the process (from Table. 8)

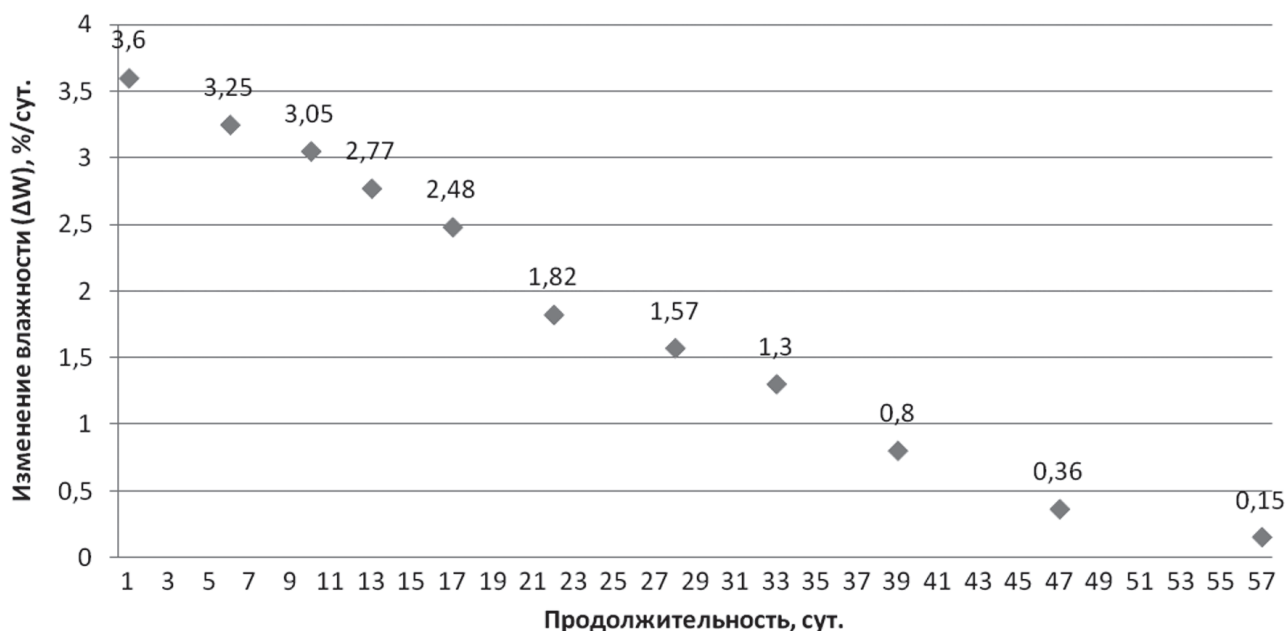


Рис. 2. Зависимость величины изменения влажности пиломатериала по времени процесса (по табл. 9)
Fig. 2. Dependence of the moisture measurement of timber at the time of the process (from Table. 9)

осуществлялась в горизонтально-поперечной плоскости двумя осевыми вентиляторами с установленной мощностью – 3 кВт. Для нагрева агента сушки применялся блок ТЭНов мощностью 60 кВт. Вместимость камеры составляла – 10 м³.

Конвективные сушильные камеры УМП МГУЛ имеют вертикально – поперечную циркуляцию сушильного агента, осуществляемую осевыми вентиляторами. Вентиляторы снабжены высокотемпературными

электродвигателями. Общая электрическая мощность привода вентиляторов – 4,5 кВт. Вместимость каждой камеры – 12 м³. Теплоносителем являлась горячая вода с температурой до 80 °С, поступающая из водогрейного котла, работающего на древесных отходах.

Примеры параметров сушки дубовых пиломатериалов показаны в табл. 6–9.

Во всех сушках контроль за состоянием материала производился методом конт-

Параметры процесса сушки в УПМ МГУЛ, 2011 г.
The parameters of the drying process in the UTM MSFU, 2011

Время, сут.	Температура агента сушки, °С	Импульсный режим		Текущая влажность, %
		время работы, ч	время паузы, ч	
0	48	2	3	101,4
2	48	2	3	97,8
5	48	2	3	87
8	50	2	3	78,1
9	50	2	3	74,8
10	50	2	3	71,6
12	50	2	3	64,6
14	50	2	3	58,5
17	50	2	3	50,2
19	50	2	3	44,7
21	50	2	3	40,3
23	50	2	3	35,5
25	52	2	3	33,2
26	52	2	3	31,2
28	56	2	3	27,8
32	64	2	3	21,8
35	64	2	3	17,7
36	64	2	3	16,4
37	64	2	3	15,3
38	64	2	3	14,2
42	64	2	2	11,1
43	64	2	2	10,5
45	68	2	2	9,7
51	68	2	2	7,6
56	70	3	2	6,7
57	70	3	2	6,6
60	70	3	2	6,3
61	70	3	2	6,1

рольных образцов (РТМ) силовых и влажностных, заложенных в соответствующие зоны штабеля. Корректировка параметров режима сушки (температуры агента и времени «импульса» и «паузы») производилась с учетом развития полных внутренних напряжений [13] во время сушки. Высушенный пиломатериал во всех проведенных сушках соответствовал 1 – 2 категории качества.

Для наглядности приведем кинетику сушки для двух процессов, представленных табл. 8 и 9.

Кинетика сушки зависит от различных факторов и их сочетания (температуры агента сушки, продолжительности цикла

«импульс-пауза», техническим состоянием камеры и свойствами самой древесины). Применение импульсной сушки для дубовых пиломатериалов не только допустимо, но и предпочтительно, т. к. при одинаковой продолжительности процесса (в сравнении с традиционной сушкой) существенно экономятся энергозатраты на циркуляцию сушильного агента.

Библиографический список

1. Лесная энциклопедия в 2-х т. – М.: Сов. Энциклопедия, 1985. – 563 с.
2. Станко, Я.Н. Древесные породы и основные пороки древесины / Я.Н. Станко, Г.А. Горбачева. – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2010. – 155 с.

3. Боровиков, А.М. Справочник по древесине / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
4. Соколов, П.В. Сушка древесины / П.В. Соколов. – Гослестехиздат, 1955. – 418 с.
5. ГОСТ 19773–84. Пиломатериалы хвойных и лиственных пород. Режимы сушки в камерах периодического действия / М.: Издательство стандартов 1990. – 446 с.
6. Богданов, Е.С. Справочник по сушке древесины / Е.С. Богданов, В.А. Козлов, В.Б. Кунтыш и др. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 304 с.
7. Расев, А.И. Тепловая обработка и сушка древесины / А.И. Расев. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 360 с.
8. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины. – Архангельск: ЦНИИМОД, 2000. – 125 с.
9. Кречетов, И.В. Сушка древесины / И.В. Кречетов. – М.: Лесная пром-сть, 1972. – 440 с.
10. Пат. № 2027127 Российская Федерация. Способ сушки пиломатериалов / Расев А.И., Курышов Г.Н., Ляшенко С.В. // Оpubл. 20.01.1995.
11. Косарин, А.А. Технология импульсной сушки пиломатериалов: дисс. ... канд. тех. наук / А.А. Косарин. – М.: МГУЛ, 2012. – 164 с.
12. Косарин, А.А. Импульсная сушка соснового бруса / А.А. Косарин, Г.Н. Курышов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник, 2015. – №2(19) – С. 103 – 107.
13. Уголев, Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для вузов, 5-е изд / Б.Н. Уголев. – М.: МГУЛ, 2007. – 351 с.

50 MM OAK TIMBER IMPULSE DRYING IN CONVECTIVE CHAMBERS

Kosarin A.A., Assoc. Prof. MGUL, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾; Kuryshov G.N., Assoc. Prof. MGUL, Ph.D. (Tech.)⁽¹⁾

kosarin@mgul.ac.ru

⁽¹⁾Moscow Forest State University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005 Mytishchi, Moscow reg., Russia

An overview of the literature on the modes and parameters of drying oak lumber with a thickness of 50 mm has been made. The drying conditions depending on time are presented by Sokolov P. V., the modes, dependent on the current moisture content of lumber, are presented in the works of Bogdanov E. S., Rasev I. A., Krechetov, I. V., GOST 19773-84 and Guiding technical materials of chamber drying technology of lumber. Also the characteristics of the oak of drying thickness of 50 mm in convective drying chambers of the Czech production. Shows the different initial and final temperature of drying agent degree of nasysheynosti on the initial and final stages of the drying process. Proceeds drying in various sources includes from three to eight steps. The first impulse drying oak lumber began in 1992 at DOCK No. 1, Moscow. After which a patent was obtained for pulse drying. The article presents the modes of pulse drying from the 90-ies of the last century conducted at LLC "INTER", Moscow modernizirovanniy on drying the camera "Ural-72" shear force-horizontal circulation. Also shows the parameters of the drying in convective drying chambers with UPM MSFU transverse vertical circulation of drying agent. Monitoring of wood moisture content during the drying process was carried out using control samples. The development of drying stress on strength samples. Initial wood moisture content was determined in accordance with GOST 16588 – 91. The article presents the dependence of the average changes in the magnitude of the current humidity on the duration of the drying process for the two modes. The use of pulse sequences allows to reduce the energy consumption when drying oak and 60 %.

Keywords: oak timber, impulse drying, the drying mode

References

1. *Lesnaya entsiklopediya* [Forest Encyclopedia 2 V.]. Moscow: Sov. Encyclopedia, 1985. 563 p.
2. Stanko Ya.N., Gorbacheva G.A. *Drevesnye porody i osnovnye poroki drevesiny* [Species and the main defects of wood]. Moscow: The World Wildlife Fund (WWF), 2010. 155 p.
3. Bоровиков А.М., Уголев Б.Н. *Spravochnik po drevesine* [Manual wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1989. 296 p.
4. Sokolov P.V. *Sushka drevesiny* [Drying timber]. Goslестехиздат, 1955. 418 p.
5. GOST 19773–84. *GOST 19773–84. Pilomaterialy khvoynykh i listvennykh porod. Rezhimy sushki v kamerakh periodicheskogo deystviya* [Sawn softwood and hardwood. Modes drying chambers batch]. Moscow: Izdatel'stvo standartov, 1990. 446 p.
6. Bogdanov E.S., Kozlov V.A., Kuntyshev V.B. i dr. *Spravochnik po sushke drevesiny* [Manual drying wood]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1990. 304 p.
7. Rasev A.I. *Teplovaya obrabotka i sushka drevesiny* [The heat treatment and drying of wood]. Moscow: MSFU, 2009. 360 p.
8. *Rukovodyashchie tekhnicheskie materialy po tekhnologii kamernoy sushki drevesiny* [The governing technical materials technology wood drying chamber]. Arkhangel'sk: TsNIIMOD, 2000. 125 p.
9. Krechetov I.V. *Sushka drevesiny* [Drying timber]. Moscow: Lesnaya prom-st' [Forest industry], 1972. 440 p.
10. Rasev A.I., Kuryshov G.N., Lyashenko S.V. Pat. № 2027127 RF. *Sposob sushki pilomaterialov* [The method of drying lumber]. Publ. 20.01.1995.
11. Kosarin A.A. *Tekhnologiya impul'snoy sushki pilomaterialov: diss. ... kand. tekhn. nauk* [Technology impulse drying lumber: diss. ... Cand. Science]. Moscow: MSFU, 2012. 164 p.
12. Kosarin A.A., Kuryshov G.N. *Impul'snaya sushka sosnovogo brusa* [Impulse drying pine lumber] Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik. No. 2(2014). 2015. №2 (19). pp. 103-107.
13. Ugolev B.N. *Drevesinovedenie s osnovami lesnogo tovarovedeniya* [Wood-forest with the basics of merchandising]. Moscow: MSFU, 2007. 351 p.