

3. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г. Прокопович Б.В. Глумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
 4. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: ВМС. – 1998, – 149 с.
 5. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: ВМС. – 1998, – 145 с.
 6. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук.-зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.
 7. Gayda S.V. (2001): Рациональное конструирование изделий из древесины / Rational constructing of wood Products. Lviv: VMS. – 93 p. (in Ukr.).
 8. Gayda S.V. (2000): Материалы для изготовления изделий из древесины / Materials for the Production of wood Products. Lviv: VMS. – 160 p. (in Ukr.).
-

УКД 647.047 *Проф. І.М. Озарків, д-р техн. наук; доц. М.С. Кобринович,
к. ф.-м. наук; інж. В.Я. Озарків – НЛТУ України*

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ СУШІННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ТИПИ КАМЕРИ

Проведено аналіз стану сушіння на Україні. Показані шляхи дальшого розвитку техніки сушіння.

Prof. I.M. Ozarkiv, dost. M.S. Kobrinovch, eng. Y.Ja. Ozarkiv – NUFWT of Ukraine

Methods of drying technology and types of drying kilns gystification

Conditions of drying in Ukraine have been analysed. The ways of the further drying engeneering development have been shown.

Інтенсифікація процесу сушіння тісно взаємозв'язана із раціональною конструкцією сушарок, правильною організацією технології сушіння, використанням автоматичної системи контролю та регулювання параметрів агента сушіння у тому числі засобами числового програмного управління [7-9].

Сушіння пиломатеріалів, як відомо, можна провести в одну або дві стадії. Донедавна двостадійне сушіння, що включає в себе сушіння до транспортної вологості на лісопильному підприємстві і досушування на деревооброблювальному або мебельному підприємствах вважалось найбільш надійним.

Але в останні роки, частіше всього, використовується одностадійне сушіння. Зауважимо, що одностадійність сушіння на лісопильному підприємстві зв'язана з необхідністю скорочення термінів зберігання і транспортування висушених пиломатеріалів, забезпечення їх захисту від атмосферного впливу, а також цільового призначення за кооперативними довготривалими договорами. При одностадійному сушінні на підприємстві –споживачі висушених пиломатеріалів необхідно забезпечити заходи із збереження сухої деревини із вологістю 18....25 %.

Що стосується вибору способу сушіння (в дошках або заготовках), то тут слід враховувати багато обставин. Зокрема, сушіння у вигляді дошок є раціональним на лісопильних заводах тільки тоді, коли сушінню підлягають ве-

ликі об'єми сушіння (вище 15 тис. м³ в рік) і при цьому забезпечується механізація формуально-розвантажувальних робіт (час на дані роботи скорочується майже в два рази), збільшується тісний вихід заготовок із висушених дошок. При сушінні деревини у вигляді заготовок зменшується на 25...50 % (а для деревини листяних порід у два рази) кількість висушеного матеріалу. Зменшується при цьому також собівартість сушіння за рахунок зменшення потреби у парі та електроенергії. В свою чергу, якщо енергія є дешевою, а чорнові меблеві заготовки різноманітні та дрібні, то перевага сушіння в заготовках зменшується, а операції із вкладання штабелів ускладнюються. Таким чином, якщо підприємство-споживач добре забезпечено паром та електроенергією, то слід використовувати сушіння в дошках. В протилежному випадку слід використовувати сушіння в заготовках.

Вибір сушильної камери певного принципу дії, типу і конструкції визначається номенклатурою (специфікацією) матеріалу, його призначенням, об'ємом сушіння, вимогами забезпечення необхідної якості сушіння, видом агента обробки і теплоносія тощо. Тому дане питання вимагає глибокого аналізу різних обставин, можливостей та обмежень. Вибір раціонального режиму сушіння вимагає встановлення стандартності сирого матеріалу, категорії якості сушіння, середньої кінцевої вологості матеріалу із подальшим встановленням собівартості сушіння за відповідними формулами.

Визначаючи джерела тепlopостачання сушильної камери, якими можуть бути як традиційні (вода, пара, топкові гази електроенергія), так і нетрадиційні відновлювальні (сонячне випромінювання, вітрова енергія) джерела тепла, слід враховувати вимоги, що ставляться до якості висушеної деревини, і економіку (місцеві ціни на пару, електроенергію та топкові гази).

Сушінню підлягають близько 80 % пиломатеріалів, але на підприємствах висушують лише трохи більше їх половини [1-6]. Що стосується конструкцій сушильних камер, то значна кількість їх (близько 46 %) морально застаріла. Тому заміна застарілих камер новими доцільна тільки за умов їх цілковитої амортизації або реконструкції підприємства. Проте, в цілому, по Україні реконструкція камер не вирішить на сьогодні головного завдання – це організації первинного сушіння пиломатеріалів на лісопильних заводах. Тому, основні капіталовкладення, в першу чергу, слід спрямовувати на створення нових установок для сушіння пиломатеріалів до транспортної вологості (18...20 %), завдяки цьому вторинне сушіння до кінцевої експлуатаційної вологості забезпечать існуючі камери.

За умов наявності різноманітних способів сушіння пиломатеріалів перспективним є використання енергії сонячного випромінювання в поєднанні із конвективним способом сушіння деревини. Тому, зусилля дослідників повинні бути спрямовані саме на глибоке вивчення закономірностей сонячного сушіння і технологій, що спостерігаються при геліоконвективному сушінні.

Що стосується самих конструкцій сушильних камер, то кількість типів конструкцій є дуже різноманітною. В табл. 1 наведено основні параметри камер періодичної дії. Відомо, що основним джерелом теплоти в конвективній камері для сушіння деревини є пара або підігріта вода, що надходить з котла,

або топкові гази – продукти спалювання палива (твердого, рідкого або газоподібного), або потік гарячого чи теплого повітря, що поступає від електронагрівачів чи спеціальних сонячних акумуляторів (геліотермічних колекторів). Як показує аналіз табл. 1, затрати тепла та електроенергії регламентуються безпосередньо конструкціями самих камер.

При сушінні тонких хвойних пиломатеріалів в камері влітку витрачається 1,7...2,0 кг пари на 1 кг випаровування води (0,40...0,50 т пари на 1 м³ деревини). Зауважимо, що ці витрати можна зменшити за рахунок раціонального використання фізичної теплоти конденсату, теплоти відпрацьованого агента сушіння і нагрітого висушеного матеріалу, а також кращої теплоізоляції огорожень камери. При сушінні деревини твердих листяних порід великих товщин (50 мм і вище), що вимагає проведення періодичної вологотеплообробки, витрати пари зростають до 8...10 кг на 1 кг випаровуваної води або до 3 т пари на 1 м³ деревини.

Табл. 1. Технічна характеристика камер [1]

№ п/ п	Показники								Проектувальна організація, країна
	Тип камери	Вмістимість ка- мери, м ³	Площа поверхні нагрівання, м ²	Швидкість цир- куляції, м/с	Витрати пари, ГКал на 1 м ² ум. мат.	Середні за 1 год.	Витрати елект- роенергії, кВт·год на 1 м ³ ум. мат.	Середні за 1 год.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ВІАМ-40	290	432	3,0	0,345	0,12	42,75	14,76	ВІАМ, Росія
2	МТІ-1,3	212	240	3,0- 4,0	0,20- 0,25	0,075	14,5	11,1	МТІ, Росія
3	МТІ-2,4	216,2	480	3,0- 4,0	0,20- 0,27	0,095	16,3	13,1	МТІ, Росія
4	ВНДД маш Моспроектбуд.	373,4	Топ- ка	1,5- 2,0	19,2	16,8	23,5	20,6	Росія
5	ВД-1	84,5	305	0,5- 1,5	0,31	0,065	28,3	5,91	Діпроліс- пром, Росія
6	ВЛКТІМ	182	480	2,8- 3,0	0,30	0,13	20	8,75	ВЛКТІМ, Росія
7	Діпродерев- ЛТА	356,4	1419	1,6- 2,9	0,23- 0,27	0,23- 19	48,8Ф 66,3Н	40Н 39Ф	Діпродерев- ЛТА, Росія
8	КГС	140,6	Топ- ка	1,0- 1,5	20,9	6,14	19,2	5,62	ПКТІ, Україна
9	СКД	53	108- 304	3,0- 4,0	0,265	0,12	17,22	7,8	Латдіпропром, Латвія
10	ВК-4	386,3	1419	1,7- 2,9	0,25- 0,28	0,23Ф 0,19Н	51Ф 69Н	40Н 36Ф	Діпродерев, Росія
11	СП-2КП	4298	2150	1,9- 3,5	0,23	0,45Ф 0,37Н	22,5	18	Діпродерев- пром, Росія
12	СПВ-62	128	327	2,5- 3,0	0,23	0,45Ф 0,37Н	36,6	12,3	Росія
13	СПВ-62М	142	327	1,5- 3,0	0,28- 0,32	0,09Ф 0,18Н	31	14Ф 16,6 Н	Діпродерев- пром, Росія

Продовження табл. 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	ЛЛТІ-1	102	200	1,50	0,25-0,28	0,065	14,2	10,3	НЛТУ, Україна
15	ЛЛТІ-2	87,2	200	1,0-2,0	0,27-0,34	0,09Ф 0,07Н	19,2	14,2	НЛТУ, Україна
16	ЛЛТІ-3	89,3	200	0,8-1,5	0,25-0,30	0,13Ф 0,16Н	17,4	11,5	НЛТУ, Україна
17	СПЛК-1	87	232	2,3	0,255-0,26	0,22Ф 0,20Н	22,5	18	Діпродерев-пром, Росія
18	СПЛК-2	284,5	295	1,5-3,0	0,24-0,32	0,21Ф 0,18Н	-	16,8Н 28,2Ф	Діпродерев-пром, ЕМЗ, Бжевськ, Росія
19	СПМ-1К	274,5	-	1,5-3,0	0,28-0,32	0,17Ф 0,15Н	30Н 28,8Ф	16,2Н 14,4Ф	Діпродерев, Бжевськ, Росія
20	СПМ-2К	-	850	1,5-3,0	0,27	0,3Н 0,38Ф	2,4-30,0	32,4Н 28,8Ф	Діпродерев, Росія
21	УЛ-1	117,6	200	1,5-3,0	0,26	0,09Ф 0,08Н	42Н 38,4Ф	20Н 18Ф	Перозаводск, Росія
22	УЛ-2	239,2	624	0,3-0,4	0,28-0,42	0,18Ф 0,11Н	78,4Н 50,6Ф	33Н 28Ф	Петрозаводск, Росія
23	ПАП-32	44	-	0,035	0,035	0,04	400	44,2 4	НДІ фармацев-маш, Росія
24	Урал-72	98	-	2,0-4,0	0,02Н 0,035Ф	0,02Н 0,035Ф	0,504Н	0,00 9Ф	СНВДО, Росія
25	СПВД-201	28,3	-	-	-	-	241,6	93,3	Діпродерев-ЦНДМОД, Росія
26	СПВД-202	38,5	-	-	-	-	184	98,4	
27	СПВД-1	61,7	-	-	-	-	241,6	221	
28	Конвект.-ВЧ діелектрична	110,4	-	1,5	0,265	0,05	166	29,9	ВЛТІ, Росія
29	Електромагн. діелектрична	69,4	-	1,2	-	-	300	79,3	СТІ, Росія

Орієнтовно при висушуванні хвойних порід питомі витрати пари можна розрахувати за формулою [2] $P = 1,50 + 0,003(t_1 + t_0) \cdot \tau$, (1)

де: t_1 , t_0 – температура в камері і поза нею; τ - тривалість сушіння пиломатеріалу. Витрати пари на висушування 1 кг деревини, що завантажена в камеру, складуть

$$q = M \cdot P \quad \text{кг} / \text{кг}, \quad (2)$$

де M – маса вологи, що випаровується із 1 кг вологої деревини, кг/кг.

При відомих початковій (W_n) та кінцевій (W_k) вологостях маса випаровуваної води із 1 кг вологої деревини становитиме $M = \frac{W_n - W_k}{100 + W_n} \quad \text{кг} / \text{кг}.$ (3)

У свою чергу, витрати електроенергії електромоторів на привід вентиляторів сушильної камери складають $E = 24 \cdot \tau_{обл} \sum N_{вст} \quad \text{кВт} \cdot \text{год},$ (4)

де $\tau_{обл}$ - кількість днів роботи електромоторів; $\sum N_{вст}$ - встановлена потужність на привід вентиляторів в камері.

Розрахункова тривалість роботи електромоторів протягом року визначається

$$\tau_{обл} = [365 - (B + C)] \cdot \tau_{зм} \cdot n_{зм} \text{ год}, \quad (5)$$

де: B, C – відповідно кількість вихідних та святкових днів; $\tau_{зм}$ - тривалість зміни (8 год.); $n_{зм}$ - кількість змін ($n_{зм}=3$).

Питомі витрати електроенергії на 1 м^3 умовного матеріалу

$$E_{пит} = \frac{E}{Y_{кам}} \text{ кВт} / 1\text{ м}^3 \text{ ум. мат.}, \quad (6)$$

де $Y_{кам}$ - річна продуктивність камери в умовному матеріалі, м^3 ум. мат./рік.

У табл. 2 наведені питомі витрати пари та електроенергії на сушіння 1 м^3 умовного матеріалу (сосни $40 \times 150 \times 1000$ мм, $W_{п}=60\%$, $W_{к}=12\%$) для різних способів сушіння, отриманих на основі наших розрахунків [3] із використанням відповідних формул. Розрахунок проводили для умов м. Львова ($t_{о.зал} = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_{с.р.} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Аналіз табл.2 показує, що при сушінні регламентованими нормативними режимами в конвективних сушильних камерах найменш енергомісткими способами є сушіння адсорбційне, геліо-ротаційне, а також сушіння в розчинах солей. Це вказує на успішне використання такого відновлювального, економічно чистого та нетрадиційного джерела енергії, як енергії сонячного випромінювання.

Табл. 2. Витрати паросирової енергії для різних способів сушіння [3]

№ п/п	Способи сушіння	Питомі витрати	
		Пари	Електроенергії
		кВт·на 1 м^3 ум. мат.	кВт·год на 1 м^3 ум. мат.
1	Традиційне камерно-конвективне сушіння ($t_c=57\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_m=753\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\phi=0,81$)	592,51	66
2	Пертолатумне (за даними Шейнберга С.Е.)	482,70	6,58
3	В розчинах солей (за Ломідзе Т.Н.): - до $W=20\%$ із дальшим досушуванням до кінцевої вологості; - до експлуатаційної вологості	280,8	13,2
		201,9	5,46
4	Адсорбційне (за Школьником А.Е.)	384	65,8
5	Конденсаційне (за Серговським П.С.)	-	178,8
6	Геліосушіння до вологості 10%	370,39	7,68
7	В камерах періодичної дії із попереднім ротаційним обезводненням (за Кулімінім В.В.) при сушінні в пиломатеріалах	575,93	23,0
8	В камерах ПАП-32 (за Сергєєвим В.В.)	271,0	380,7
9	Індукційне (за Гей Н.Н.,Потаповим М.Г. та ін.)	-	313,7
10	Вакуумно-діелектричне (за Горьєвим А.А.)	-	347,7
11	Камерно-діелектричне (за Богомазовим В.М.)	548,5	182,1

Аналіз карт терморадіаційного балансу території України показує, що кількість сонячної теплової енергії, яка досягає поверхні землі, значно перевищує нині існуюче використання традиційної технічної енергії, отриманої за рахунок спалювання вугілля, нафти та природного газу. Наприклад, в середньому кількість використаної енергії протягом року на Україні складає $155520\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$, кількість використаного газу для отримання енергії $315360\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$, кількість використаної енергії на опалення $1399680\text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$, на

отримання гарячої води – 194 608 кВт·год/рік, тобто всього – 1965168 кВт·год/рік. У свою чергу, сонячна радіація, що досягає поверхні ґрунту в Україні, складає 1 125 кВт·год/м² або 4050 МДж/м². Як показали наші дослідження [3], успішне використання геліосушіння є можливим для: а) хвойних пиломатеріалів до транспортної вологості 18...24 %; б) пиломатеріалів призначених для виготовлення будівельних виробів, тари тощо.

Література

1. Гірник М.Л., Воронов В.Г., Сафаров В.О. та ін. Автоматизація процесів сушіння деревини у будівельній індустрії: структурний синтез САК. - К.: Будівельник, 1992. – 184 с.
2. Кречетов М.В. Сушка деревини. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – 360 с.
3. Озарків І.М. Науково-технічні основи конвективно-радіаційного сушіння деревини: Дис. д-ра техн. наук. - Львів: НЛТУ України, 2006. – 404 с.
4. Gayda S.V. (2001): Рациональное конструирования виробів з деревини / Rational constructing of wood Productss. Lviv: BMC. – 93 p. (in Ukr.).
5. Gayda S.V. (2000): Матеріали для виготовлення виробів з деревини / Materials for the Production of wood Productss. Lviv: BMC. – 160 p. (in Ukr.).
6. Гайда С.В., Кшивецький Б.Я., Войтович І.Г., Прокопович Б.В. Тлумачний словник з деревооброблення. – Львів: НЛТУ України. – 2002. – 280 р.
7. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи створення ГАВ. – Львів: BMC. – 1998, – 149 с.
8. Гайда С.В. Гнучкі автоматизовані виробництва та робототехніка в деревообробці: Основи робототехніки. – Львів: BMC. – 1998, – 145 с.
9. Гайда С.В. Особливості та перспективи роботизації меблевої промисловості України / Науковий вісник УкрДЛТУ / наук.-зб. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5 – С. 38-40.

УДК 674.093

Асп. А.М. Сомар, доц. Г.В. Сомар, к.т.н – НЛТУ України

ПОЗДОВЖНЄ РОЗПИЛЮВАННЯ КРУГЛИХ ЛІСОМАТЕРІАЛІВ, ЗОРІЄНТОВАНИХ ВІДНОСНО ТВІРНОЇ

Розглянуто поздовжнє розпилювання колод для варіанту базування відносно твірної. Визначені поля розсіювання, діапазони змін значень виходу пиломатеріалів при розпилюванні круглих лісоматеріалів за брусорозвальною схемою.

Ключові слова: круглі лісоматеріали, спосіб розпилювання, базування по твірній.

Doctorate A.M. Somar, doc. H.V. Somar – NUFWT of Ukraine

Longitudinal sawing of the round lumbers orientated to generatrix

The longitudinal sawing of logs considered for the variant of basing to generatrix was considered. Fields of dispersion and ranges of lumber recovery changes under round lumber sawing were determined. The squaring scheme was used for determination of indicated factors.

Keywords: round lumbers, method of sawing, basing on generatrix.

Дефіцит запасів деревини твердолистяних порід та підвищення попиту на продукти її переробки створюють невідповідність, що спонукає до пошуку шляхів раціонального використання деревинних ресурсів [1-4, 8, 9].

При поздовжньому розпилюванні деревини на пиломатеріали майже 40 % становить тирса і кускові відходи у вигляді горбиків, рейок і торцевих зрізів, що в подальшому переробляються на технологічну тріску. Кожен відсоток