

**Міністерство освіти і науки України**  
**Національний лісотехнічний університет України**

**Кафедра хімічної технології**  
**переробки деревини**

**Р.Г. Салабай, Р.О. Козак, С.О. Манзій**

**РОЗРАХУНОК СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ**  
**КЛЕЄНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу  
**“Технологія клеєних матеріалів”**  
для студентів спеціальності 6.092000

Львів – 2005

Салабай Р.Г., Козак Р.О., Манзій С.О. Розрахунок сировини в технології клеєних матеріалів. Методичні вказівки до практичних робіт. – Львів: НЛТУ України, 2005. – 39 с.

Розглянуто і рекомендовано навчально-методичною радою технологічного факультету (протокол № 7 від 29.06.2005 р.).

Рецензенти:

Панов Валерій Васильович – к.т.н., доцент кафедри хімічної технології переробки деревини

Ференц Олег Богданович – к.т.н., доцент кафедри технології деревообробки і захисту деревини

© Салабай Р.Г., Козак Р.О., Манзій С.О., 2005

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
1. Загальні відомості про лущений шпон та фанеру.....	6
2. Характеристика сировини для виробництва лущеного шпону.....	12
3. Розрахунок сировини у виробництві лущеного шпону та фанери.....	15
3.1. Розрахунок втрат сировини в процентах на етапах технологічного процесу.....	15
3.2. Розрахунок кількості сировини та напівфабрикатів на етапах технологічного процесу.....	24
3.3. Розрахунок об'ємів втрат сировини на етапах технологічного процесу. Відомість використання сировини.....	26
3.4. Розрахунок втрат сировини від об'єму чурбака.....	28
3.5. Розрахунок корисного виходу шпону і фанери та питомої витрати сировини щодо об'єму чурбака. Баланс сировини до об'єму чурбака	29
3.6. Розрахунок втрат сировини та корисного виходу шпону і фанери від об'єму фанерного кряжа. Баланс сировини до об'єму фанерного кряжа.....	31
Література.....	35
Додаток.....	36

## ВСТУП

Виробництво фанери має тенденцію до зростання об'ємів її випуску. Середньорічні світові темпи приросту випуску фанери складають 1,9%. В промисловості і будівництві фанера успішно замінює пиломатеріали: 1 м<sup>3</sup> фанери може замінити до 3,3 м<sup>3</sup> пиломатеріалів.

Неоднорідність властивостей фанери значно менша, порівняно з властивостями деревини, тому що склеювання шарів здійснюється з взаємно перпендикулярним розташуванням волокон деревини. Значна міцність фанери в поздовжньому і поперечному напрямках при невеликій щільності, порівняно великі розміри листів фанери за площею, можливість надання листу потрібної форми зумовили широке використання фанери як конструкційного матеріалу у меблевому та тарному виробництвах, будівництві, транспортному машинобудуванні, суднобудівній промисловості тощо.

У меблевому виробництві використовується 30...35% всієї виготовлюваної фанери. Вона застосовується для виготовлення дниць шухляд, задніх стінок, перегородок, полиць, сидінь, спинок, а також цілої низки інших деталей меблів. При виготовленні високоякісних меблів застосовується фанера, личкована струганим шпоном. Поширене використання фанери, личкованої папером, просоченим синтетичними смолами та личкованої синтетичними плівками з поверхнею, що імітує текстуру деревини цінних порід. Такі види фанери зазвичай ефективно застосовувати у виробництві кухонних, вбудованих, торгових, ресторанних, конторських, дитячих меблів. Переваги таких матеріалів — висока поверхнева стійкість проти зовнішніх впливів, що особливо важливо з точки зору умов експлуатації перелічених видів меблів, велика різноманітність кольорів і малюнків, що додають виробам естетичності і сучасності, висока їх економічність. При використанні таких видів фанери виключається опорядження, знижуються трудовитрати на виготовлення виробу. Встановлено, що заміна фанери, личкованої шпоном, фанерою з імітаційним опорядженням поверхні дає економію 50%. В окремих випадках для виготовлення кухонних меблів застосовується фанера, личкована ззовні алюмінієм, до того ж останній оздоблюється емалюванням. У виробництві дерев'яних музичних інструментів застосовується високоякісна авіаційна фанера. Фанера і фанерні плити знаходять застосування для виготовлення спортивного інвентарю – ракеток, лиж та ін. [1].

Фанера застосовується в дерев'яних спорудах каркасного, збірно-щитового, пересувного типів – для будівництва дерев'яних житлових будинків, гаражів, легких мостів, сільськогосподарських і спортивних приміщень. Вона використовується для підлоги, виготовлення дверей і покрівлі, обшивання стін і стель. Застосування, наприклад, 420 тис. м<sup>3</sup> фанери як обшивального матеріалу в стандартному домобудівництві дозволяє замінити 1390 тис. м<sup>3</sup> пиломатеріалів. Крім того, обшивання фанерою завдяки її великим габаритним розмірам на 30% дешевше, ніж дошками, а витрати на транспорт нижчі, оскільки маса 1 м<sup>2</sup> фанери менша, ніж маса 1 м<sup>2</sup> пиломатеріалів. Фанера застосовується як елементи несучих клеєних дерев'яних конструкцій, такі, як клеєфанерні балки, легкі дерев'яні мости. Важливим є використання фанери як опалубки для бетонних робіт [1].

Підвищення виходу фанерної продукції досягається: організацією якісного приймання фанерної сировини на складі за породами та сортами, захистом деревини від розтріскування та гниття, раціональною організацією зберігання фанерної сировини на складі, використанням оптимальних режимів проварювання та поперечного розкрою сировини з мінімальною кількістю відходів; дотриманням високої точності роботи луцильного верстату та якістю інструменту, повним використанням шпону-розривини, зменшенням діаметра осердя та раціональним використанням осердя, використанням оптимальних режимів сушіння шпону, створенням умов для полагодження та ребросклеювання шпону, використанням обґрунтованих режимів пресування, зменшенням витрат клею та тиску пресування, переходом на склеювання фанери з одним пакетом в робочому проміжку клеїльного преса, використанням шліфування фанери, організацією якісного пакування та транспортування готової продукції.

Планування підприємством об'ємів виготовлення фанери, зростання її випуску чи зміна асортименту неможливі без розрахунку кількісного виходу фанерної продукції. На основі балансу сировини проводиться аналіз кількості втрат і відходів, що утворюються на етапах виробництва, та розробляються заходи щодо їх зменшення.

## 1. Загальні відомості про лущений шпон та фанеру

Лущений шпон – це шпон заданої товщини, який отримують у процесі лущення фанерного чурбака (з деревини листяних порід: дуба, клена, ясена, берези, ільма, бука, граба, вільхи, осики, тополі і липи; з деревини хвойних порід: сосни, модрина, кедр, ялини, ялиці) [2, 3, 4, 5]. Виготовлений лущений шпон повинен відповідати ГОСТ 99-96 за технічною документацією, затвердженою у встановленому порядку.

Залежно від якості деревини і обробки лущений шпон поділяють на п'ять сортів. Сорти шпону листяних порід позначають: Е (еліта), І, ІІ, ІІІ, ІV; сорти шпону хвойних порід: Ех (еліта), Іх, ІІх, ІІІх, ІVх [6]. Вищим сортом є сорт Е (Ех), нижчим – сорт ІV (ІVх). Для кожного сорту лущеного шпону державний стандарт встановлює норми обмежень вад деревини і дефектів обробки, за сукупністю яких і визначається сорт листа лущеного шпону [6, 7]. Вади деревини і дефекти обробки, які не вказані в державному стандарті, в шпоні не допускаються. В таблицях 1 і 2 подано порівняння позначень сортів шпону листяних та хвойних порід за різними стандартами.

Параметр шорсткості поверхні шпону  $R_{m\ max}$  для всіх сортів лущеного шпону за ГОСТ 7016 повинен бути не більше 200 мкм – для шпону листяних порід та не більше 320 мкм – для шпону хвойних порід деревини.

Вологість шпону повинна бути –  $6 \pm 2\%$

Таблиця 1

Позначення сортів шпону листяних порід за різними стандартами

Сорт		
за ГОСТ 99-96 (діючий)	за ГОСТ 10.55-71	за ГОСТ 99-89
Е	–	А
І	В	АВ
ІІ	ВВ	В
ІІІ	СР	ВВ
ІV	С	С

Таблиця 2

Позначення сортів шпону із хвойних порід за різними стандартами

Сорт	
За ГОСТ 99-96 (діючий)	За ГОСТ 99-89
Ех	–
Іх	АХ
ІІх	АВХ
ІІІх	ВХ
ІVх	СХ

Розміри лушеного шпону, повинні відповідати вказаним у таблиці 3 величинам [6]. Допускається виготовляти шпон інших розмірів згідно з умовами договору чи контракту.

Таблиця 3

Розміри лушеного шпону, мм

Назва показника	Значення	Градація	Граничні відхилення
Довжина	800...1200	100	±4
	1300...3750	100	±5
Ширина	150...750	50	±10
	800...3750	100	±10
Товщина:			
- шпон листяних порід	0,55...1,15	0,2	±0,05
	1,25...4,0	0,25	±0,10
- шпон хвойних порід	1,2...4,0	0,4	±0,15
	4,0...6,5	0,5	±0,20

Листи шпону повинні бути обрізані під прямим кутом. Косина не повинна перевищувати 5 мм на 1 м довжини крайки листа.

Облік шпону проводять в квадратних метрах ( $m^2$ ) і (або) кубічних метрах ( $m^3$ ). Площу листа шпону визначають з точністю до  $0,01 m^2$ , а площу листів партії – з точністю до  $0,5 m^2$ . Об'єм окремого листа шпону визначають з точністю до  $0,00001 m^3$ , а об'єм партії шпону – з точністю до  $0,01 m^3$ .

Фанера – це шарувата клеєна деревина, яка складається із склеєних між собою трьох і більше листів лушеного шпону з взаємно перпендикулярним розташуванням волокон деревини в суміжних шарах [1].

Фанеру загального призначення поділяють: залежно від зовнішнього вигляду шпону – на сорти, за ступенем водостійкості клейового з'єднання – на марки, за ступенем обробки поверхні – на шліфовану та нешліфовану, за екологічною безпекою (за вмістом формальдегіду) – на класи емісії [1, 8, 9].

Сорти фанери залежать від сортів листів шпону, які при наборі пакетів шпону укладаються на зовнішні (лицевий і зворотній) шари майбутнього листа фанери [7]. Лицевим вважається кращий за якістю зовнішній шар фанери, зворотнім – гірший за якістю зовнішній шар фанери. При позначенні сорту фанери спочатку вказують сорт лицевого шару, потім – зворотнього.

Згідно державних стандартів можливі поєднання сортів лушеного шпону на зовнішні шари фанери приведені нижче:

– для фанери загального призначення із зовнішніми шарами з шпону листяних порід:

E/E	E/I	E/II	E/III	
	I/I	I/II	I/III	I/IV
		II/II	II/III	II/IV
			III/III	III/IV
				IV/IV

– для фанери загального призначення із зовнішніми шарами з шпону хвойних порід:

Ex/Ex	Ex/Ix	Ex/IIx	Ex/IIIx	
	Ix/Ix	Ix/IIx	Ix/IIIx	Ix/IVx
		IIx/IIx	IIx/IIIx	IIx/IVx
			IIIx/IIIx	IIIx/IVx
				IVx/IVx

Промисловість випускає фанеру із зовнішніми шарами з шпону листяних порід п'яти основних сортів: E/I, I/II, II/III, III/IV, IV/IV; фанеру із зовнішніми шарами з шпону хвойних порід п'яти основних сортів: Ex/Ix, Ix/IIx, IIx/IIIx, IIIx/IVx, IVx/IVx.



За ступенем водостійкості клейового з'єднання фанеру поділяють на марки: ФСФ – фанера підвищеної водостійкості; ФК – фанера водостійка.

За ступенем механічної обробки поверхні фанеру поділяють на: шліфовану з однієї сторони – Ш1, шліфовану з двох сторін – Ш2, нешліфовану – НШ.

Параметр шорсткості поверхні шпону  $R_{m \max}$  за ГОСТ 7016 для всіх сортів фанери загального призначення:

- із зовнішніми шарами з шпону листяних порід повинен бути не більше 100 мкм – для шліфованої та не більше 200 мкм – для нешліфованої;

- із зовнішніми шарами з шпону хвойних порід – не більше 200 мкм – для шліфованої та не більше 320 мкм – для нешліфованої.

Вологість фанери повинна бути – 5...10 %

Вміст формальдегіду в фанері залежно від класу емісії повинен відповідати: для класу емісії E1 – до 10 мг на 100 г абсолютно сухої маси фанери, для класу емісії E2 – від 10 до 30 мг на 100 г абсолютно сухої маси фанери.

Розміри і шаруватість фанери регламентуються. Довжина (ширина) листів фанери від 1200 до 3660 мм, товщина від 3 до 30 мм. Допускається виготовляти фанеру інших розмірів у відповідності з умовами контракту.

Шаруватість фанери визначається кількістю листів (шарів) луценого шпону, з яких складається один лист фанери.

Розміри і шаруватість листів фанери загального призначення повинні відповідати вказаним у таблицях 4, 5, 6, 7 величинам [8, 9].

Таблиця 4

Довжина та ширина листа фанери загального призначення  
із зовнішніми шарами з шпону листяних порід, мм

Довжина (ширина) листа фанери	Граничне відхилення
1200; 1220; 1250	±3,0
1500; 1525; 1800; 1830; 2100; 2135; 2440; 2500	±4,0
2700; 2745; 3050; 3600; 3660	±5,0

Таблиця 5

Товщина та шаруватість фанери загального призначення  
із зовнішніми шарами з шпону листяних порід, мм

Номінальна товщина фанери	Шаруватість фанери, не менше	Шліфована фанера		Нешліфована фанера	
		Допустиме відхилення	Різнотовщинність	Допустиме відхилення	Різнотовщинність
3	3	+0,3 -0,4	0,6	+0,4 -0,3	0,6
4	3	+0,3 -0,5		+0,8 -0,4	1,0
6,5	5	+0,4 -0,5		+0,9 -0,4	
9	7	+0,4 -0,6		+1,0 -0,5	
12	9	+0,5 -0,7		+1,1 -0,6	
15	11	+0,6 -0,8		+1,2 -0,7	1,5
18	13	+0,7 -0,9		+1,3 -0,8	
21	15	+0,8 -1,0		+1,4 -0,9	
24	17	+0,9 -1,1	+1,5 -1,0		
27	19	+1,0 -1,2	1,0	+1,6 -1,1	2,0
30	21	+1,1 -1,3		+1,7 -1,2	

Таблиця 6

Довжина та ширина листа фанери загального призначення  
із зовнішніми шарами з шпону хвойних порід, мм

Довжина (ширина) листа фанери	Граничне відхилення
1200; 1220; 1250	±3,0
1500; 1525; 1800; 1850; 2100; 2135; 2400; 2440; 2500	±4,0
2700; 2745; 3000; 3050; 3600; 3660	±5,0

Товщина та шаруватість фанери загального призначення  
із зовнішніми шарами з шпону хвойних порід, мм

Номінальна товщина фанери	Шаруватість фанери, не менше	Шліфована фанера		Нешліфована фанера	
		Допустиме відхилення	Різнотовщинність	Допустиме відхилення	Різнотовщинність
4	3	+0,3 -0,5	0,6	+0,9 -0,4	1,0
6,5	3	+0,4 -0,6		+0,9 -0,5	
9	5	+0,4 -0,6		+1,0 -0,5	
12	5	+0,5 -0,7		+1,1 -0,6	
15	7	+0,6 -0,8		+1,2 -0,7	1,5
18	9	+0,7 -0,9		+1,3 -0,8	
21	9	+0,8 -1,0		+1,4 -0,9	
24	11	+0,9 -1,1		+1,5 -1,0	
27	11	+1,0 -1,2	1,0	+1,6 -1,1	2,0
30	13	+1,1 -1,3		+1,7 -1,2	

Листи фанери повинні бути обрізані під прямим кутом. Косина не повинна перевищувати 2 мм на 1 м довжини крайки листа.

Відхилення від прямолінійності крайок не повинне перевищувати 2 мм на 1 м довжини крайки листа.

Облік фанери проводять в квадратних метрах ( $m^2$ ) і (або) кубічних метрах ( $m^3$ ). Площу листа фанери визначають з точністю до  $0,01 m^2$ , а площу листів партії – з точністю до  $0,5 m^2$ . Об'єм одного листа фанери визначають з точністю до  $0,00001 m^3$ , а об'єм партії фанери – з точністю до  $0,01 m^3$ .

## 2. Характеристика сировини для виробництва лушеного шпону

Згідно з діючими стандартами [4, 5] для виготовлення лушеного шпону використовують такі породи деревини: листяні – дуб, клен, ясен, береза, ільм, бук, граб, вільха, осика, тополя, липа; хвойні – сосна, модрина, кедр, ялина, ялиця. Якість деревини лісоматеріалів повинна відповідати 1 та 2 сорту. Допустимий мінімальний діаметр сировини листяних порід – 16 см, для сировини хвойних порід – 18 см. Фанерну сировину заготовляють у чурбаках довжиною 1,3; 1,6; 1,91; 2,23; 2,54 м і в кряжах, довжина яких кратна довжині чурбаків. При довжині чурбака 1,91 м і більше мінімально допустимий діаметр сировини листяних порід – 18 см, хвойних – 20 см.

Довгий час вважалося, що для виготовлення лушеного шпону придатні тільки листяні породи: переважно береза, вільха, бук і частково ясен і осика. В міру розвитку фанерної промисловості і збільшення попиту на шпон та фанеру кількість порід, застосовуваних для виробництва, збільшувалася. В зв'язку із зменшенням сировинних запасів, введенням у виробництво синтетичних клеїв і широким поширенням облагороджування та обробки фанери шляхом шліфування, полагодження, фарбування, покриття плівками та паперовими пластиками почали використовувати як сировину для фанери деревину хвойних порід: сосни, кедр і, частково, модрини, ялини і ялиці, а також листяних порід, як липа і тополя.

Все це підтверджує, що при певних економічних умовах як сировина для фанерної промисловості придатні багато деревинних порід, які задовольняють умови виробництва.

На технологію застосування тієї чи іншої деревинної породи у фанерному виробництві впливає анатомічна будова деревини. До однієї з перших особливостей будови, яка має велике значення, слід віднести утворення річного шару, яке відбувається у кожній породі по-різному. У деяких листяних порід, наприклад дуба, ясена, річний шар не однорідний, тому що утворення весняної його частини в них починається з крупних судин, а літня частина наростає вузькими судинами. В берези, вільхи, клена, осики, липи і інших листяних порід обидві частини річного шару наростають у вигляді вузьких судин, що забезпечує однорідність будови і щільність деревини.

У хвойних порід деревина у весняний час відкладається у вигляді широкополосних клітин (трахеїд), а літом – у вигляді сплюснутих в радіальному напрямку клітин, в 3-4 рази менших, ніж весняні. Відповідно, основну масу деревини хвойних порід складають трахеїди, які у весняній частині річного шару є широкими тонкостінними клітинами, а в літній – вузькими з потовщеними стінками. Тому весняна частина рихла, а літня щільна і, відповідно, більш міцна. Тобто, деревина хвойних порід має неоднакову міцність по річному кільцю і при луценні це буде сприяти розриванню шпону і нерівномірності його по товщині. Іншою суттєвою особливістю деревини хвойних порід є наявність в ній смоляних ходів, які впливають на виробничий режим. Найбільш багаті смолою сосна, кедр і модрина. Із хвойних порід особливу групу складають ялина і ялиця. У ялини смоляні ходи незначні, в ялиці вони відсутні. Деревина ялини і ялиці не має ядра, найбільш розвинута зона річного шару – весняна.

Другим важливим фактором для фанерного виробництва, пов'язаним з анатомічною будовою деревини, є наявність в ній заболоні (молодої, більш вологої деревини з ще живими клітинами) і ядра, що містить менше води і складається з відмерлих клітин. Більша частина листяних порід, що застосовується у фанерному виробництві, відноситься до заболонних, до порід з великим ядром відноситься дуб.

Третій фактор – серцевинні промені, які надаючи деревині красу малюнку (текстури), поступаються по міцності масивній деревині і не допускаються у вищих сортах фанери спеціального призначення.

Між анатомічною будовою деревини і її фізико-механічними властивостями існує певний зв'язок. До фізичних властивостей насамперед відноситься об'ємна вага, яка залежить від кількості паренхіми і будови річного шару. Іншою важливою властивістю є відносна щільність деревини, яка характеризує степінь рівномірності розміщення частин деревини в даному об'ємі. Вона визначається будовою річного шару і розподілом в ній судин. Це має велике значення для фанерного виробництва, тому що дає можливість отримувати тонкі і довгі листи шпону без розривання і викрошування волокон. За ступенем відносної щільності деревинні породи, що застосовуються у фанерному виробництві, можна розділити приблизно так: найбільшу відносну щільність мають осика, береза, липа, вільха; середню – бук, клен; найменшу – дуб, ясен.

Основними факторами, що утворюють красиву текстуру поверхні зрізу є серцевинні промені і неоднорідність весняної і літньої частин річного шару. Чим ширші серцевинні промені, тим гарніший малюнок. Одноманітний малюнок мають породи з вузькими серцевинними променями, тонкими волокнами і рівномірно розміщеними судинами. Звідси випливає, що деревина високої відносної щільності має рівномірну текстуру, а деревина найменшої відносної щільності – нерівномірну.

За ступенем твердості деревинні породи, що застосовуються у фанерному виробництві, розташовуються в такому порядку: дуже м'які – липа, осика і тополя; м'які – береза, вільха; тверді – клен, ясен, дуб, бук.

Деревинні породи, що застосовуються в найбільшій кількості у виробництві фанери, – береза, вільха, липа і частково осика, – характеризуються певними технічними якостями. Деревина цих порід легко лущиться, має рівномірну щільність та однорідність будови, що забезпечує можливість отримання без розривів великих і тонких листів шпону. Колір деревини однотонний, специфічного запаху немає. Це забезпечує широкі можливості її застосування.

Деревинні породи іншої групи – дуб, ясен, неоднорідні за структурою, мають велику кількість серцевинних променів, які гублять малюнок при лущенні і надають красу при струганні. Тому група цих порід застосовується в основному у виробництві струганого шпону. Бук займає проміжкове положення між обома групами, використовується як при лущенні, так і при струганні.

Виходячи з особливостей анатомічної будови деревини, яка найбільше впливає на здатність деревини лущитися, у фанерному виробництві в основному використовуються такі породи як береза та вільха. Найбільше застосовується деревина берези, яка має високі фізико-механічні властивості порівняно з іншими породами, добре обробляється різанням.

Рівномірна структура, середня твердість, високий опір розриву поперек волокон та розриву і зламу вздовж волокон деревини берези дозволяє отримати лущенням гладкий, без задирання, дуже тонкий (і товстий) шпон.

Деревина вільхи по твердості та іншим фізико-механічним показникам поступається березі, але завдяки тому, що добре ріжеться, не змінює свою форму, добре шліфується, імітується під цінні породи також досить поширено використовується у фанерній промисловості.

### 3. Розрахунок сировини у виробництві лушеного шпону та фанери

Розрахунок сировини у виробництві лушеного шпону та фанери полягає у визначенні втрат сировини на кожній технологічній операції, розрахунку кількості сировини чи напівфабрикатів на етапах технологічного процесу та визначенні норм витрат сировини. Види втрат сировини наведені в таблиці 8.

Таблиця 8

Види втрат сировини у виробництві лушеного шпону та фанери

Технологічна операція	Види відходів і втрат
Поперечний розкрій сировини	Відрізки, тирса
Лущення чурбака	Шпон-розривина, осердя
Рубання шпону	Обрізки шпону
Сушіння шпону	Всихання
Сортування та лагодження шпону	Куски шпону
Склеювання пакетів шпону	Спресування
Форматне обрізування фанери	Обрізки фанери, тирса
Сортування фанери	Листи фанери

#### 3.1. Розрахунок втрат сировини в процентах на етапах технологічного процесу

Втрати деревинної сировини визначаються як відношення різниці об'ємів сировини, що надходить на операцію оброблення  $V_{до\ обр.}$  і після її оброблення  $V_{після\ обр.}$  до об'єму сировини, що надходить на операцію оброблення  $V_{до\ обр.}$ :

$$P = \frac{V_{до\ обр.} - V_{після\ обр.}}{V_{до\ обр.}} \cdot 100 = \left( 1 - \frac{V_{після\ обр.}}{V_{до\ обр.}} \right) \cdot 100, \% \quad (1)$$

##### 3.1.1. Втрати деревини при поперечному розкрію фанерних кряжів

При поперечному розкрію фанерних кряжів на чурбаки частина сировини втрачається на відрізки стовбурів і тирсу. Відрізки стовбурів утворюються за рахунок відрізування стандартних припусків сировини на

обробку, а також при відрізуванні дефектних місць (гнилизни, великих сучків та інших вад деревини).

Втрати сировини при поперечному розкрої в процентах від об'єму кряжа розраховуються для кожної породи деревини за формулою:

$$P_{\text{розкр.}} = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n V_{\text{ч.}i}}{V_{\text{кр.}}} \right) \cdot 100, \% \quad (2)$$

де  $\sum_{i=1}^n V_{\text{ч.}i}$  - сума об'ємів чурбаків, отриманих в результаті поперечного розкрою

кряжа (з одного кряжа отримують  $n$  чурбаків різних розмірів), м<sup>3</sup>,

$V_{\text{кр.}}$  - об'єм кряжа без кори, м<sup>3</sup>.

Об'єми сортиментів – кряжа та чурбаків, залежно від їх довжини і вершинного діаметра без кори, визначаються за стандартними таблицями об'ємів круглих лісоматеріалів (додаток), згідно з ГОСТ 2708 [10].

Довжина чурбаків при поперечному розкрої кряжів приймається залежно від заданого формату сухого шпону, щоб забезпечити отримання повноформатних листів шпону.

### 3.1.2. Втрати деревини при луценні чурбаків – рубанні шпону

Вихід шпону в значній мірі залежить від сортового складу сировини, яким забезпечується дане підприємство: чим більше в партії сировини чурбаків вищого сорту, тим більша кількість шпону високої якості може бути з них отримана.

З точки зору кількісного виходу ділового (повноформатного і кускового) шпону об'єм чурбака можна умовно розділити на чотири зони.

**Зона 1** – зона шпону-розривини – відходу деревини у вигляді дрібних кусків шпону, що виникають на початку луцення при наданні чурбаку форми циліндра; закінчується зона, коли довжина кусків шпону приблизно досягає половини довжини чурбака ( $l_{\text{ч}}/2$ ) і вище.

**Зона 2** – зона ділових кусків неповноформатного шпону, з яких на ножицях вирізають куски шпону прямокутної форми для наступного



склеювання їх в повноформатні листи; отримують деякий об'єм ділових кусків і втрати на ножицях у вигляді відрізків шпону.

**Зона 3** – найважливіша зона, з якої отримується повноформатна безперервна стрічка шпону, яка починається після надання чурбаку форми циліндра.

**Зона 4** – залишок деревини після луцення чурбака – осердя. Ці відходи утворюються з-за того, що ніж луцильного верстату не повинен торкатись металевих шпindelів, які обертають чурбак.

Загальний об'єм чурбака  $V_{чурб.}$  можна розглядати як суму об'ємів деревини з розглянутих зон:

$$V_{чурб.} = V_{ш.-р.} + V_{д.к.ш.} + V_{нф.ш.} + V_{о.} + V_{в.ш.} \quad (3)$$

де  $V_{ш.-р.}$  – об'єм шпону-розривини – відходів при оциліндуванні чурбака, м<sup>3</sup>;

$V_{д.к.ш.}$  – об'єм ділових кусків неповноформатного шпону, м<sup>3</sup>;

$V_{нф.ш.}$  – об'єм повноформатного шпону, м<sup>3</sup>;

$V_{о.}$  – об'єм осердя, м<sup>3</sup>;

$V_{в.ш.}$  – об'єм відрізків шпону – втрат при розкрої шпону на ножицях, м<sup>3</sup>.

Отже, втрати сировини при луценні чурбаків – рубанні шпону складаються з сумарної кількості втрат на: шпон-розривину, осердя та відрізків шпону, що утворюються при розкрої на ножицях.

Втрати сировини при луценні чурбаків – рубанні шпону визначаються для кожного типорозміру чурбака.

Втрати деревини при луценні чурбака складають:

а) втрати на шпон-розривину:

– для берези, бука, дуба, граба, ільма, клена, модрина:

$$P_{ш.-р.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,75398 \cdot d_{ч.}^2 - 1,361 \cdot d_{ч.}), \% \quad (4)$$

– для вільхи, ясена:

$$P_{ш.-р.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,76446 \cdot d_{ч.}^2 - 1,309 \cdot d_{ч.}), \% \quad (5)$$

– для сосни, осики, тополі, липи, ялини, кедра:

$$P_{ш.-р.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,7552 \cdot d_{ч.}^2 - 8,055), \% \quad (6)$$

б) втрати на осердя:

$$P_{о.} = \frac{\pi \cdot d_{о.}^2 \cdot l_{ч.}}{400 \cdot V_{ч.}}, \% \quad (7)$$

Втрати у вигляді відрізків шпону при розкрої на ножицях складають:

– для берези, бука, дуба, граба, ільма, клена, модрина:

$$P_{в.ш.} = \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,03398 \cdot d_{ч.}^2 - 0,06136 \cdot d_{ч.} - 0,0354 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (8)$$

– для вільхи, ясена:

$$P_{в.ш.} = \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,03446 \cdot d_{ч.}^2 - 0,059 \cdot d_{ч.} - 0,0354 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (9)$$

– для сосни, осики, тополі, липи, ялини, кедра:

$$P_{в.ш.} = \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} \cdot (0,00519 \cdot d_{ч.}^2 - 0,05537 - 0,0054 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (10)$$

де  $l_{ч.}$  – довжина чурбака, м;

$V_{ч.}$  – об'єм чурбака, м<sup>3</sup>;

$d_{ч.}$  – вершинний діаметр чурбака без кори, см;

$d_{о.}$  – діаметр осердя, см.

Діаметр осердя залежно від вершинного діаметра чурбака, діаметра кулачків шпинделів луцильного верстату і сорту сировини можна розрахувати, користуючись емпіричними формулами:

$$\text{для 1-го сорту } d_{о.} = d_{к.} - 0,275 + (0,245 \cdot d_{ч.}^2 - 0,00195 \cdot d_{ч.}^3) \cdot 10^{-2}, \quad (11)$$

$$\text{для 2-го сорту } d_{о.} = d_{к.} - 0,275 + (0,26 \cdot d_{ч.}^2 - 0,0012 \cdot d_{ч.}^3) \cdot 10^{-2}, \quad (12)$$

де  $d_{к.}$  і  $d_{ч.}$  – відповідно діаметр кулачків шпинделів луцильного верстату і діаметр чурбака, см.

Залежно від процентного співвідношення сировини визначають середньозважений діаметр осердя для всієї партії сировини.

Сума розрахованих втрат на шпон-розривину, осердя і при розрізанні на ножицях дорівнюватиме загальним втратам сировини при лушцінні:

$$P_{луц.} = P_{ш.-р.} + P_{о.} + P_{в.ш.}, \% \quad (13)$$

Загальні втрати сировини при лушцінні чурбака – рубанні шпону ( $P_{луц.}$ ) в % від об'єму чурбака можна розрахувати за емпіричними формулами:

– для берези, бука, дуба, граба, ільма, клена, модрина:

$$P_{луц.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} (0,72 \cdot d_{ч.}^2 - 1,3 \cdot d_{ч.} - 0,75 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (14)$$

– для вільхи, ясена:

$$P_{луц.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} (0,73 \cdot d_{ч.}^2 - 1,25 \cdot d_{ч.} - 0,75 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (15)$$

– для сосни, осики, тополі, липи, ялини, кедра:

$$P_{луц.} = 100 - \frac{l_{ч.}}{100 \cdot V_{ч.}} (0,75 \cdot d_{ч.}^2 - 0,0008 - 0,75 \cdot d_{о.}^2), \% \quad (16)$$

### 3.1.3 Втрати деревини при сушінні лушеного шпону

Сирий лушений шпон висушується до вологості  $6 \pm 2$  %. Це обумовлює втрати деревини на всихання.

Всихання шпону, тобто зміна його розмірів, не однакова в різних напрямках. Найбільше воно по ширині листа шпону в тангентальному напрямку, дещо менше – по товщині листа в радіальному напрямку. По довжині листа, тобто вздовж волокон, шпон практично не всихається.

Якщо шпон висушується в листах сирого шпону, розміри якого повинні мати припуски на всихання для отримання повноформатного сухого шпону, втрати на всихання ( $P_{всих.}$ ) до об'єму сирого шпону визначаються за формулою:

$$P_{всих.} = \left( 1 - \frac{V_{сух.ш.}}{V_{сир.ш.}} \right) \cdot 100, \% \quad (17)$$

де  $V_{\text{сух.ш.}}$  і  $V_{\text{сир.ш.}}$  – відповідно об'єми сухого і сирого листів шпону залежно від необхідних розмірів повноформатного шпону, м<sup>3</sup>.

Довжина сирого листа шпону ( $L_{\text{сир.ш.}}$ ) визначається за розміром довжини чурбака:  $L_{\text{сир.ш.}} = l_{\text{ч.}}$ . Довжина сухого листа шпону ( $L_{\text{сух.ш.}}$ ) з врахуванням припуску на всихання становить

$$L_{\text{сух.ш.}} = L_{\text{сир.ш.}} - \Delta L, \text{ мм} \quad (18)$$

де  $\Delta L$  – припуск на всихання по довжині, мм.

Величину припуску на всихання по довжині розраховують за формулою:

$$\Delta L = \frac{L_{\text{сир.ш.}} \cdot U_{\text{довж.}}}{100}, \text{ мм} \quad (19)$$

де  $U_{\text{довж.}}$  – всихання шпону по довжині, яке становить 0,25...0,35 % [11]:

Ширина сирого листа шпону ( $B_{\text{сир.ш.}}$ ) визначається за розміром ширини сухого листа шпону ( $B_{\text{сух.ш.}}$ ) з врахуванням припуску на всихання:

$$B_{\text{сир.ш.}} = B_{\text{сух.ш.}} + \Delta B, \text{ мм} \quad (20)$$

де  $\Delta B$  – припуск на всихання по ширині, мм.

Величину припуску на всихання по ширині розраховують за формулою:

$$\Delta B = \frac{B_{\text{сух.ш.}} \cdot U_{\text{шир.}}}{100 - U_{\text{шир.}}}, \text{ мм} \quad (21)$$

де  $U_{\text{шир.}}$  – всихання шпону по ширині, яке визначається за формулою [11]:

$$U_{\text{шир.}} = (9 - 0,55 \cdot W_{\text{кін.}}^{0,8}) \cdot K_S^T \cdot K_t \cdot K_n, \% \quad (22)$$

де  $W_{\text{кін.}}$  – кінцева вологість сухого шпону, %;

$K_S^T$ ,  $K_t$  і  $K_n$  – поправочні коефіцієнти, відповідно на товщину шпону при тангентальному всиханні, температуру агента сушіння і породу деревини.

$$K_S^T = 1,21 - 0,14 \cdot S_{\text{сух.ш.}} \quad (23)$$

$$K_t = 1,42 - 0,003 \cdot t \quad (24)$$

$$K_n = \frac{\rho_{ум.}}{500} \quad (25)$$

де  $S_{сух.ш.}$  – товщина шпону, мм;

$t$  – середня температура агента сушіння, °С (100...200 °С) ;

$\rho_{ум.}$  – умовна щільність деревини, кг/м<sup>3</sup> (ялиця 310, кедр 350, ялина 360, тополя 360, сосна 400, липа 400, осика 410, вільха 420, береза 500, модрина 520, бук 530, ясен 540, дуб 560, клен 570).

Товщина сирого листа шпону ( $S_{сир.ш.}$ ) визначається за розміром товщини сухого листа шпону ( $S_{сух.ш.}$ ) з врахуванням припуску на всихання:

$$S_{сир.ш.} = S_{сух.ш.} + \Delta S, \text{ мм} \quad (26)$$

де  $\Delta S$  – припуск на всихання по товщині, мм.

Величину припуску на всихання по товщині розраховують за формулою:

$$\Delta S = \frac{S_{сух.ш.} \cdot U_{товщ.}}{100 - U_{товщ.}}, \text{ мм} \quad (27)$$

де  $U_{товщ.}$  – всихання шпону по товщині, яке визначається за формулою:

$$U_{товщ.} = (6 - 0,4 \cdot W_{кін.}^{0,8}) \cdot K_S^P, \% \quad (28)$$

де  $K_S^P$  – поправочний коефіцієнт на товщину шпону при радіальному всиханні.

$$K_S^P = 0,81 + 0,125 \cdot S_{сух.ш.} \quad (29)$$

Залежно від процентного співвідношення типорозміру кожного шпону визначають середньозважені втрати при сушінні луценого шпону всієї партії ( $P_{всих.с.зв.}$ ).

#### **3.1.4. Втрати деревини у процесі нормалізації якості і розмірів сухого шпону**

Для підвищення сортності шпону здійснюють шпонополагодження. Ділові куски шпону (поздовжні і поперечні) переробляються в листи

повноформатного шпону за допомогою ребросклеювання і вусування. Під час цих операцій втрачається певна кількість шпону. Виробничий досвід показує, що втрати деревини при цьому складають приблизно  $P_{норм.} = 3...4\%$  від об'єму сухого шпону.

### 3.1.5. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати лушеного шпону

Кількість втрат лушеного шпону в % від об'єму готового сухого шпону (включаючи полагоджений шпон) складає  $P_{вн.ц.ш.} = 0,5...1\%$ .

### 3.1.6. Втрати деревини при склеюванні пакетів шпону

При стисканні пакетів шпону в пресі під час виготовлення фанери застосовують такі значення тиску, які призводять до зминання (спресування) деревини, завдяки чому підвищується міцність фанери. Для цього товщину пакету шпону, тобто суму товщин листів шпону, роблять дещо більшою, ніж задана товщина фанери. Різниця цих розмірів в % називається ступенем спресування. Процент втрат деревини при цьому від об'єму сухого шпону розраховують за формулою:

$$P_{спр.} = \left(1 - \frac{S_{ф.}}{S_{н.ш.}}\right) \cdot 100, \% \quad (30)$$

де  $S_{ф.}$  – товщина фанери за номінальним розміром, мм;

$S_{н.ш.}$  – товщина пакету шпону до склеювання, мм.

Теоретична товщина пакету визначається за формулою:

$$S_{н.ш.}^m = \frac{100 \cdot S_{ф.}}{100 - C \cdot k_n}, \text{ мм} \quad (31)$$

де  $C$  – спресування певного виду (марки) фанери, % (для фанери ФК, ФОК – 10; ФСФ, ФОФ – 16; авіаційної – 16; декоративної – 20; бакелізованої – 30; фанерних плит – 19);

$k_n$  – поправочний коефіцієнт, що враховує породу деревини основних шарів пакету шпону (при використанні березового та вільхового шпону – 1,0; осикового, липового та тополевого – 2,0; модринового – 1,2; соснового – 1,4; при чергуванні шпону: з берези і осики – 1,0; з берези і сосни – 1,2).

Практична товщина пакету – це сума товщин непресованих листів шпону, з яких складається лист фанери:

$$S_{n.ш.} = \sum S_{сух.ш. i} \cdot n_{ш. i}, \text{ мм} \quad (32)$$

де  $S_{сух.ш. i}$  – товщина сухого шпону  $i$ -го типорозміру, мм;

$n_{ш. i}$  – кількість шпону  $i$ -го типорозміру, шт.

Загальна кількість шпону повинна дорівнювати шаруватості ( $m$ ), тобто –  $\sum n_{ш. i} = m$ .

Для набору пакету фанери однієї марки доцільно використовувати дві товщини шпону, відхилення між якими повинно становити не більше двох типорозмірів. Товщина зовнішніх шарів фанери повинна бути менша, ніж внутрішніх. Симетрично розташовані шари шпону повинні бути виготовлені з однієї породи деревини однаковим методом, мати однакову товщину і вологість та однаковий напрямок волокон. Потрібно підібрати такий ряд товщин шпону, щоб практична товщина пакету максимально наближалася до теоретичної.

### 3.1.7. Втрати деревини при форматному обрізуванні фанери

Необрізана фанера, формат якої співпадає з форматом сухих повноформатних листів шпону, обрізується з чотирьох сторін для доведення формату до стандартних розмірів. Кількість втрат деревини при обрізуванні ( $P_{обр.}$ ) в процентах від об'єму необрізаної фанери розраховують за формулою:

$$P_{обр.} = \left( 1 - \frac{F_{обр.}}{F_{необр.}} \right) \cdot 100, \% \quad (33)$$

де  $F_{обр.}$  і  $F_{необр.}$  – відповідно площа листа обрізаної і необрізаної фанери, м<sup>2</sup>.

Розміри обрізаної і необрізаної фанери наведені в таблиці 9.

Таблиця 9

Розміри листів обрізаної і необрізаної фанери, мм

Довжина (ширина) листа фанери згідно стандарту	Довжина (ширина) листа фанери з припуском на обрізування
1220	1300
1525	1600
1830	1910
2135	2230
2440	2540

### 3.1.8. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати фанери

Частина готової продукції витрачається на фізико-механічні випробування для перевірки її якості (1 %). Частина низькосортної фанери використовується для пакування високоякісної фанери. Крім того, фанера, яка має дефекти по краю листа, може бути переобрізана на менші розміри і використана для потреб цеху. Кількість втрат фанери на внутрішньоцехові витрати в % від об'єму готової обрізаної фанери складає  $P_{вн.ц.ф.} = 1 \dots 2 \%$ .

### 3.2. Розрахунок кількості сировини та напівфабрикатів на етапах технологічного процесу

Потрібну кількість сировини на етапах технологічного процесу визначають для кожного виду фанери за заданим її об'ємом (програмою цеху) –  $Q_{гот.ф.}$  з врахуванням втрат на цих етапах.

#### 3.2.1. Кількість обрізаної фанери з врахуванням внутрішньоцехових витрат на ділянці виготовлення фанери

Для отримання заданої кількості готової продукції необхідно визначити об'єм обрізаної фанери ( $Q_{обр.ф.}$ ) з врахуванням втрат на внутрішньоцехові витрати на ділянці виготовлення фанери:

$$Q_{обр.ф.} = \frac{100 \cdot Q_{гот.ф.}}{100 - P_{вн.ц.ф.}}, \text{ м}^3 \quad (34)$$

#### 3.2.2. Кількість необрізаної фанери

Необхідна кількість необрізаної фанери ( $Q_{необр.ф.}$ ) визначається з врахуванням проценту втрат при обрізуванні:

$$Q_{необр.ф.} = \frac{100 \cdot Q_{обр.ф.}}{100 - P_{обр.}}, \text{ м}^3 \quad (35)$$

#### 3.2.3. Кількість сухого шпону для набору пакетів

Об'єм сухого шпону ( $Q_{сух.ш.}$ ), необхідний для виготовлення заданої кількості фанери, визначається з об'єму необрізаної фанери і проценту втрат при спресуванні:

$$Q_{сух.ш.} = \frac{100 \cdot Q_{необр.ф.}}{100 - P_{спр.}}, \text{ м}^3 \quad (36)$$



### 3.2.4. Кількість сухого шпону з врахуванням внутрішньоцехових витрат на дільниці виготовлення лушеного шпону

Кількість сухого обрізаного шпону з врахуванням внутрішньоцехових витрат на дільниці виготовлення лушеного шпону ( $Q_{\text{сух.ш.обр.}}$ ) визначається з врахуванням проценту втрат на цій операції:

$$Q_{\text{сух.ш.обр.}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух.ш.}}}{100 - P_{\text{вн.ц.ш.}}}, \text{ м}^3 \quad (37)$$

### 3.2.5. Кількість сухого шпону з врахуванням втрат на нормалізацію його якості і розмірів

Кількість сухого шпону, яка необхідна для виконання необхідного завдання, на стадії нормалізації його якості і розмірів ( $Q_{\text{сух.ш.норм.}}$ ) визначається з врахуванням проценту втрат на цій операції:

$$Q_{\text{сух.ш.норм.}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух.ш.обр.}}}{100 - P_{\text{норм.}}}, \text{ м}^3 \quad (38)$$

### 3.2.6. Кількість сирого шпону

Необхідна кількість сирого шпону на стадії його сушіння ( $Q_{\text{сир.ш.}}$ ) для виконання програми визначається з врахуванням проценту втрат при сушінні:

$$Q_{\text{сир.ш.}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сух.ш.норм.}}}{100 - P_{\text{всих.с.зв}}}, \text{ м}^3 \quad (39)$$

### 3.2.7. Кількість сировини в чурбаках

Об'єм чурбаків, необхідний для виготовлення необхідної кількості шпону ( $Q_{\text{чурб.}}$ ), визначається з об'єму сирого шпону і проценту втрат при лущенні чурбака – рубанні шпону:

$$Q_{\text{чурб.}} = \frac{100 \cdot Q_{\text{сир.ш.}}}{100 - P_{\text{луц.с.зв.}}}, \text{ м}^3 \quad (40)$$

### 3.2.8. Кількість сировини у фанерних кряжах (без кори)

Загальний об'єм сировини ( $Q_{\text{кр.}}$ ), який необхідний для виконання завдання визначається за наступною формулою:

$$Q_{кр.} = \frac{100 \cdot Q_{чурб.}}{100 - P_{розкр.}}, \text{ м}^3 \quad (41)$$

### 3.3. Розрахунок об'ємів втрат сировини на етапах технологічного процесу. Відомість використання сировини

Об'єми втрат деревини на етапах технологічного процесу виготовлення луценого шпону та фанери, виражені в  $\text{м}^3$ , визначаються як різниця об'ємів матеріалу, що надходить на операцію оброблення  $Q_{до\ обр.}$  і матеріалу, який отримується в результаті оброблення  $Q_{після\ обр.}$ :

$$q = Q_{до\ обр.} - Q_{після\ обр.}, \text{ м}^3 \quad (42)$$

#### 3.3.1. Об'єм відходів при поперечному розкрої фанерних кряжів

Втрати при розкрязуванні сировини на чурбаки в  $\text{м}^3$  ( $q_{розкр.}$ ) становлять:

$$q_{розкр.} = Q_{кр.} - Q_{чурб.}, \text{ м}^3 \quad (43)$$

#### 3.3.2. Об'єм відходів при луценні чурбаків – рубанні шпону:

Загальний об'єм втрат при луценні чурбаків – рубанні шпону в  $\text{м}^3$  ( $q_{луц.}$ ) рівний:

$$q_{луц.} = Q_{чурб.} - Q_{сир.ш.}, \text{ м}^3 \quad (44)$$

#### 3.3.3. Об'єм втрат при сушінні шпону:

Втрати сировини при всиханні в  $\text{м}^3$  ( $q_{всих.}$ ) складають:

$$q_{всих.} = Q_{сир.ш.} - Q_{сух.ш.норм.}, \text{ м}^3 \quad (45)$$

#### 3.3.4. Об'єм відходів у процесі нормалізації якості і розмірів сухого шпону

Втрати при нормалізації якості і розмірів сухого луценого шпону в  $\text{м}^3$  ( $q_{норм.}$ ) становлять:

$$q_{норм.} = Q_{сух.ш.норм.} - Q_{сух.ш.обр.}, \text{ м}^3 \quad (46)$$

#### 3.3.5. Об'єм втрат на внутрішньоцехові витрати луценого шпону

Втрати на внутрішньоцехові витрати луценого шпону в  $\text{м}^3$  ( $q_{вн.ц.шп.}$ ) складають:

$$q_{вн.ц.ш.} = Q_{сух.ш.обр.} - Q_{сух.ш.}, \text{ м}^3 \quad (47)$$

### 3.3.6. Об'єм втрат при склеюванні пакетів шпону шпону:

Втрати сировини при склеюванні пакетів шпону в  $\text{м}^3$  ( $q_{спр.}$ ) становлять:

$$q_{спр.} = Q_{сух.ш.} - Q_{необр.ф.}, \text{ м}^3 \quad (48)$$

### 3.3.7. Об'єм відходів при форматному обрізуванні фанери:

Втрати при форматному обрізуванні фанери в  $\text{м}^3$  ( $q_{обр.}$ ) складають:

$$q_{обр.} = Q_{необр.ф.} - Q_{обр.ф.}, \text{ м}^3 \quad (49)$$

### 3.3.8. Об'єм втрат на внутрішньоцехові витрати фанери

Втрати на внутрішньоцехові витрати фанери в  $\text{м}^3$  ( $q_{вн.ц.ф.}$ ) становлять:

$$q_{вн.ц.ф.} = Q_{обр.ф.} - Q_{гот.ф.}, \text{ м}^3 \quad (50)$$

На основі розрахунків складається відомість використання сировини (таблиця 10), в яку вносяться кількість сировини, що необхідна для виготовлення заданої кількості фанери, та втрати цієї сировини на етапах технологічного процесу.

Таблиця 10

Відомість використання сировини

№ п/п	Етап технологічного процесу	Кількість сировини (матеріалу) на етапі, $\text{м}^3$	Кількість втрат і відходів	
			%	$\text{м}^3$
1	Поперечний розкрій сировини	$Q_{кр.}$	$P_{розкр.}$	$q_{розкр.}$
2	Лущення чурбаків – рубання шпону	$Q_{чурб.}$	$P_{луц.}$	$q_{луц.}$
3	Сушіння шпону	$Q_{сир.ш.}$	$P_{всих.}$	$q_{всих.}$
4	Нормалізація якості, розмірів шпону	$Q_{сух.ш.норм.}$	$P_{норм.}$	$q_{норм.}$
5	Сортування шпону	$Q_{сух.ш.обр.}$	$P_{вн.ц.ш.}$	$q_{вн.ц.ш.}$
6	Склеювання пакетів шпону	$Q_{сух.ш.}$	$P_{спр.}$	$q_{спр.}$
7	Форматне обрізування фанери	$Q_{необр.ф.}$	$P_{обр.}$	$q_{обр.}$
8	Сортування фанери	$Q_{обр.ф.}$	$P_{вн.ц.ф.}$	$q_{вн.ц.ф.}$
9	Здача на склад	$Q_{гот.ф.}$	—	—

### 3.4. Розрахунок втрат сировини від об'єму чурбака

Для наочного аналізу ступеня використання деревини складається баланс сировини в чурбаках. Для цього показники втрат сировини на кожному етапі технологічного процесу перераховуються в показники відносно об'єму чурбака.

#### 3.4.1. Втрати деревини при луценні чурбака – рубанні шпону

Втрати сировини при луценні чурбака – рубанні шпону  $P_{ш.-р.}$ ,  $P_{о.}$ ,  $P_{в.ш.}$  і  $P_{луц.}$  не вимагають перерахунку, тому що вони розраховані від об'єму чурбака.

#### 3.4.2. Втрати деревини при сушінні шпону

Втрати деревини на всихання при сушінні складають  $P_{всих.}$  від об'єму сирого шпону. Щодо об'єму чурбака ( $a_{всих.}$ ) вони складатимуть:

$$a_{всих.} = \frac{(100 - P_{луц.}) \cdot P_{всих.}}{100}, \% \quad (51)$$

#### 3.4.3. Втрати деревини при нормалізації розмірів і якості шпону

Втрати на нормалізацію розмірів і якості шпону до об'єму чурбака ( $a_{норм.}$ ) складають:

$$a_{норм.} = \frac{(100 - P_{луц.} - a_{всих.}) \cdot P_{норм.}}{100}, \% \quad (52)$$

#### 3.4.4. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати лушеного шпону

Втрати на внутрішньоцехові витрати лушеного шпону від об'єму чурбака ( $a_{вн.ц.ш.}$ ) складають:

$$a_{вн.ц.ш.} = \frac{(100 - P_{луц.} - a_{всих.} - a_{норм.}) \cdot P_{вн.ц.ш.}}{100}, \% \quad (53)$$

#### 3.4.5. Втрати деревини при склеюванні пакетів шпону

Втрати сировини при склеюванні пакетів шпону ( $a_{спр.}$ ) рівні:

$$a_{спр.} = \frac{(100 - P_{луц.} - a_{всих.} - a_{норм.} - a_{вн.ц.ш.}) \cdot P_{спр.}}{100}, \% \quad (54)$$

### 3.4.6. Втрати деревини при форматному обрізуванні фанери

Втрати деревини при форматному обрізуванні фанери складають  $P_{обр.}$  від об'єму необрізаної фанери. Дані втрати від об'єму чурбака ( $a_{обр.}$ ) розраховуються за формулою:

$$a_{обр.} = \frac{(100 - P_{луц.} - a_{всих.} - a_{норм.} - a_{вн.ц.ш.} - a_{спр.}) \cdot P_{обр.}}{100}, \% \quad (55)$$

### 3.4.7. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати фанери

Втрати на внутрішньоцехові витрати від об'єму сухого шпону ( $a_{вн.ц.ф.}$ ) складають:

$$a_{вн.ц.ф.} = \frac{(100 - P_{луц.} - a_{всих.} - a_{норм.} - a_{вн.ц.ш.} - a_{спр.} - a_{обр.}) \cdot P_{вн.ц.ф.}}{100}, \% \quad (56)$$

## 3.5. Розрахунок корисного виходу шпону і фанери та питомої витрати сировини щодо об'єму чурбака. Баланс сировини до об'єму чурбака

Аналіз роботи цеху може проводитись за економічними показниками: корисним виходом продукції у відсотках до об'єму чурбаків і питомою витратою сировини ( $m^3$  сировини на  $m^3$  готової продукції).

Якщо об'єм чурбака прийняти за 100%, то вихід сирого шпону з чурбаків буде становити:

$$B_{сир.ш.} = 100 - (P_{ш.-р.} + P_{о.} + P_{в.ш.}) = 100 - P_{луц.}, \% \quad (57)$$

Вихід сухого шпону у % до об'єму чурбака:

$$B_{сух.ш.} = B_{сир.ш.} - a_{всих.}, \% \quad (58)$$

Якщо ж від об'єму чурбака, прийнятого за 100%, відняти всі втрати деревини, віднесені до його об'єму, можна встановити корисний вихід лущеного шпону:

$$B_{ш.} = 100 - (P_{луц.} + a_{всих.} + a_{норм.} + a_{вн.ц.ш.}), \% \quad (59)$$

Корисний вихід лущеного шпону може бути розрахований і як відношення отриманого об'єму готового шпону до об'єму перероблених для цього чурбаків:

$$B_{ш.} = \frac{Q_{сух.ш.}}{Q_{чурб.}} \cdot 100, \% \quad (60)$$

Питома витрата сировини в чурбаках на 1 м<sup>3</sup> виготовленого лущеного шпону визначається за формулою:

$$R_{ш.} = \frac{Q_{чурб.}}{Q_{сух.ш.}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (61)$$

Корисний вихід фанери рівний:

$$B_{ф.} = 100 - (P_{луц.} + a_{всих.} + a_{норм.} + a_{вн.ц.ш.} + a_{спр.} + a_{обр.} + a_{вн.ц.ф.}), \% \quad (62)$$

Корисний вихід готової продукції може бути розрахований і як відношення отриманого об'єму готової фанери до об'єму перероблених для цього чурбаків:

$$B_{ф.} = \frac{Q_{гот.ф.}}{Q_{чурб.}} \cdot 100, \% \quad (63)$$

Питома витрата сировини в чурбаках на 1 м<sup>3</sup> виготовленої фанери визначається за формулою:

$$R_{ф.} = \frac{Q_{чурб.}}{Q_{гот.ф.}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (64)$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю, яку на виробництві прийнято називати "Баланс сировини" (таблиця 11).

## Баланс сировини до об'єму чурбака

Найменування готової продукції і втрат та відходів деревини	Кількість готової продукції і втрат та відходів до об'єму чурбака	
	%	м <sup>3</sup>
Фанера марки _____	$B_{ф.}$	$Q_{гот.ф.}$
Відходи при луценні – рубанні в тому числі:	$P_{луц.}$	$q_{луц.}$
шпон-розривина	$P_{ш.-р.}$	$q_{ш.-р.}$
осердя	$P_{о.}$	$q_{о.}$
куски шпону сирого	$P_{в.ш.}$	$q_{в.ш.}$
Втрати при всиханні шпону	$a_{всих.}$	$q_{всих.}$
Куски шпону сухого	$a_{норм.}$	$q_{норм.}$
Шпон (на випробування)	$a_{вн.ц.ш.}$	$q_{вн.ц.ш.}$
Втрати при спресуванні	$a_{спр.}$	$q_{спр.}$
Обрізки фанери, тирса	$a_{обр.}$	$q_{обр.}$
Листи фанери (на випробування)	$a_{вн.ц.ф.}$	$q_{вн.ц.ф.}$
Разом	100	$Q_{чурб.}$

### 3.6. Розрахунок втрат сировини та корисного виходу шпону і фанери від об'єму фанерного кряжа. Баланс сировини до об'єму фанерного кряжа

Для аналізу ступеня використання деревини і порівняння його з результатами роботи інших підприємств з виробництва луценого шпону складається баланс сировини в кряжах. Для цього показники втрат сировини на кожному етапі технологічного процесу перераховуються в показники відносно об'єму кряжа.

#### 3.6.1. Втрати сировини при поперечному розкріі фанерних кряжів

Втрати сировини при поперечному розкріі  $P_{розкр.}$  не вимагають перерахунку, тому що вони розраховані від об'єму кряжа.

### 3.6.2. Втрати сировини при лущенні чурбаків – рубанні шпону

Втрати деревини при лущенні чурбаків – рубанні шпону складають  $P_{луц.}$  від об'єму чурбака. Щодо об'єму кряжа вони складатимуть:

$$b_{луц.} = \frac{(100 - P_{розкр.}) \cdot P_{луц.с.зв.}}{100}, \% \quad (65)$$

де  $P_{луц.с.зв.}$  – середньозважений процент втрат при лущенні чурбаків, отриманих з одного кряжа. Визначається залежно від процентного співвідношення об'ємів цих чурбаків.

### 3.6.3. Втрати сировини при сушінні шпону

Втрати деревини на всихання при сушінні складають  $P_{всих.}$  від об'єму сирого шпону. Щодо об'єму кряжа вони складатимуть:

$$b_{всих.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.}) \cdot P_{всих.}}{100}, \% \quad (66)$$

### 3.6.4. Втрати сировини при нормалізації розмірів і якості шпону

Втрати на нормалізацію розмірів і якості шпону до об'єму кряжа рівні:

$$b_{норм.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.} - b_{всих.}) \cdot P_{норм.}}{100}, \% \quad (67)$$

### 3.6.5. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати лушеного шпону

Втрати на внутрішньоцехові витрати до об'єму кряжа рівні:

$$b_{вн.ц.ш.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.} - b_{всих.} - b_{норм.}) \cdot P_{вн.ц.ш.}}{100}, \% \quad (68)$$

### 3.6.6. Втрати деревини при склеюванні пакетів шпону

Втрати при склеюванні пакетів шпону до об'єму кряжа рівні:

$$b_{спр.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.} - b_{всих.} - b_{норм.} - b_{вн.ц.ш.}) \cdot P_{спр.}}{100}, \% \quad (69)$$



### 3.6.7. Втрати деревини при форматному обрізуванні фанери

Втрати при форматному обрізуванні фанери до об'єму кряжа рівні:

$$b_{обр.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.} - b_{всих.} - b_{норм.} - b_{вн.ц.ш.} - b_{спр.}) \cdot P_{обр.}}{100}, \% \quad (70)$$

### 3.6.8. Втрати деревини на внутрішньоцехові витрати фанери

Втрати на внутрішньоцехові витрати фанери до об'єму кряжа рівні:

$$b_{вн.ц.ф.} = \frac{(100 - P_{розкр.} - b_{луц.} - b_{всих.} - b_{норм.} - b_{вн.ц.ш.} - b_{спр.} - b_{обр.}) \cdot P_{вн.ц.ф.}}{100}, \% \quad (71)$$

### 3.6.9. Корисний вихід луценого шпону і фанери від об'єму кряжа

Якщо від об'єму кряжа, прийнятого за 100%, відняти всі втрати деревини, віднесені до його об'єму, можна встановити корисний вихід луценого шпону:

$$B'_{ш.} = 100 - (P_{розкр.} + b_{луц.} + b_{всих.} + b_{норм.} + b_{вн.ц.ш.}), \% \quad (72)$$

або

$$B'_{ш.} = \frac{Q_{сух.ш.}}{Q_{кр.}} \cdot 100, \% \quad (73)$$

Питома витрата сировини в кряжах на 1 м<sup>3</sup> виготовленого луценого шпону визначається за формулою:

$$R'_{ш.} = \frac{Q_{кр.}}{Q_{сух.ш.}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (74)$$

Корисний вихід фанери рівний:

$$B'_{ф.} = 100 - (P_{розкр.} + b_{луц.} + b_{всих.} + b_{норм.} + b_{вн.ц.ш.} + b_{спр.} + b_{обр.} + b_{вн.ц.ф.}), \% \quad (75)$$

або

$$B'_{ф.} = \frac{Q_{гот.ф.}}{Q_{кр.}} \cdot 100, \% \quad (76)$$

Питома витрата сировини в кряжах на 1 м<sup>3</sup> виготовленої фанери

визначається за формулою:

$$R'_{\phi.} = \frac{Q_{кр.}}{Q_{гот.ф.}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (77)$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю (таблиця 12).

Таблиця 12

Баланс сировини до об'єму кряжа

Найменування готової продукції і втрат та відходів деревини	Кількість готової продукції і втрат та відходів до об'єму кряжа	
	%	м <sup>3</sup>
Фанера марки _____	$B_{\phi.}$	$Q_{гот.ф.}$
Відрізки, тирса	$P_{розкр.}$	$q_{розкр.}$
Шпон-розривина, осердя, куски шпону сирого	$b_{луц.}$	$q_{луц.}$
Втрати при всиханні шпону	$b_{всих.}$	$q_{всих.}$
Куски шпону сухого	$b_{норм.}$	$q_{норм.}$
Шпон (на випробування)	$b_{вн.ц.ш.}$	$q_{вн.ц.ш.}$
Втрати при спресуванні	$b_{спр.}$	$q_{спр.}$
Обрізки фанери, тирса	$b_{обр.}$	$q_{обр.}$
Листи фанери (на випробування)	$b_{вн.ц.ф.}$	$q_{вн.ц.ф.}$
Разом	100	$Q_{кр.}$

## Література

1. Бехта П.А. Виробництво фанери: Підручник. – Київ: Основа, 2003. – 320 с.
2. Бехта П.А. Виробництво шпону: Підручник. – Київ.: Основа, 2003. – 256 с.
3. Справочник по производству фанеры / Веселов А.А., Галюк Л.Г., Доронин Ю.Г. и др.: под ред. канд. техн. наук Н.В. Качалина. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 432 с.
4. ГОСТ 9462 – 88 Лесоматериалы круглые лиственных пород. Технические условия.
5. ГОСТ 9463 – 88 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия.
6. ГОСТ 99 – 96 Шпон лущеный. Технические условия.
7. Салабай Р.Г., Козак Р.О. Розрахунок якісного виходу фанерної продукції. Методичні вказівки до практичних робіт – Львів: УкрДЛТУ, 2003. – 40 с.
8. ГОСТ 3916.1 – 96 Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород. Технические условия.
9. ГОСТ 3916.2 – 96 Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона хвойных пород. Технические условия.
10. ГОСТ 2708 – 75 Лесоматериалы круглые. Таблицы объемов.
11. Куликов В.А. Производство фанеры. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 368 с.
12. Бехта П.А. Виробництво і обробка лущеного та струганого шпону. – Київ.: ІСДО, 1995. – 296 с.
13. Бехта П.А. Технологія виробництва фанери. – Київ.: ІЗМН, 1996. – 280 с.
14. Волинский В.Н. Технология клееных материалов: Учебное пособие для вузов. – Архангельск: Изд-во Арханг. гос. техн. ун-та, 1998. – 299 с.

## Додаток

Об'єм круглих лісоматеріалів довжиною від 1,3 до 6,8 м.\*

Діаметр, см	Об'єм м <sup>3</sup> при довжині, від 1,3 до 2,6 м.													
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
<b>16,0</b>	0,028	0,030	0,033	0,035	0,037	0,039	0,042	0,044	0,046	0,048	0,051	0,053	0,056	0,058
<b>18,0</b>	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,050	0,053	0,056	0,059	0,062	0,065	0,068	0,071	0,074
<b>20,0</b>	0,043	0,047	0,051	0,054	0,058	0,061	0,065	0,069	0,073	0,076	0,079	0,083	0,087	0,091
<b>22,0</b>	0,053	0,057	0,062	0,066	0,070	0,075	0,079	0,084	0,089	0,093	0,098	0,103	0,107	0,111
<b>24,0</b>	0,064	0,069	0,075	0,081	0,086	0,092	0,098	0,103	0,108	0,114	0,119	0,125	0,130	0,135
<b>26,0</b>	0,076	0,083	0,089	0,096	0,103	0,109	0,116	0,123	0,129	0,135	0,141	0,147	0,154	0,160
<b>28,0</b>	0,089	0,096	0,104	0,112	0,120	0,128	0,136	0,144	0,150	0,157	0,165	0,172	0,180	0,187
<b>30,0</b>	0,102	0,110	0,119	0,128	0,137	0,147	0,156	0,165	0,173	0,181	0,190	0,200	0,200	0,210
<b>32,0</b>	0,116	0,125	0,135	0,145	0,150	0,170	0,180	0,190	0,200	0,200	0,210	0,220	0,230	0,240
<b>34,0</b>	0,130	0,140	0,150	0,160	0,180	0,190	0,200	0,210	0,220	0,230	0,240	0,250	0,260	0,270
<b>36,0</b>	0,150	0,160	0,170	0,170	0,200	0,210	0,220	0,230	0,240	0,250	0,270	0,285	0,290	0,300
<b>38,0</b>	0,160	0,180	0,190	0,200	0,220	0,230	0,240	0,260	0,270	0,280	0,300	0,310	0,320	0,340
<b>40,0</b>	0,180	0,190	0,210	0,220	0,240	0,250	0,270	0,280	0,300	0,310	0,330	0,340	0,360	0,370
<b>42,0</b>	0,200	0,210	0,230	0,250	0,260	0,280	0,300	0,310	0,330	0,340	0,360	0,390	0,390	0,410
<b>44,0</b>	0,210	0,230	0,250	0,270	0,290	0,300	0,320	0,340	0,360	0,370	0,390	0,410	0,430	0,440
<b>46,0</b>	0,230	0,250	0,270	0,290	0,310	0,330	0,350	0,370	0,390	0,410	0,430	0,450	0,470	0,490
<b>48,0</b>	0,250	0,270	0,300	0,320	0,340	0,360	0,380	0,410	0,430	0,450	0,470	0,490	0,510	0,530
<b>50,0</b>	0,270	0,300	0,320	0,350	0,370	0,400	0,420	0,440	0,470	0,490	0,510	0,540	0,560	0,580
<b>52,0</b>	0,300	0,330	0,360	0,380	0,410	0,440	0,460	0,480	0,510	0,540	0,560	0,059	0,610	0,630
<b>54,0</b>	0,330	0,360	0,380	0,410	0,440	0,470	0,500	0,530	0,550	0,580	0,610	0,630	0,660	0,690
<b>56,0</b>	0,360	0,390	0,420	0,450	0,480	0,510	0,540	0,570	0,600	0,630	0,660	0,690	0,720	0,750
<b>58,0</b>	0,380	0,420	0,450	0,480	0,520	0,550	0,580	0,610	0,650	0,680	0,710	0,740	0,770	0,800
<b>60,0</b>	0,410	0,450	0,480	0,520	0,550	0,590	0,630	0,660	0,700	0,730	0,760	0,790	0,830	0,860

Продовження додатку

Діаметр, см	Об'єм м <sup>3</sup> при довжині, від 2,7 до 4,0 м.													
	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0
<b>16,0</b>	0,061	0,064	0,066	0,069	0,072	0,074	0,077	0,079	0,082	0,084	0,087	0,090	0,092	0,095
<b>18,0</b>	0,077	0,080	0,083	0,086	0,090	0,093	0,096	0,099	0,103	0,107	0,110	0,113	0,117	0,120
<b>20,0</b>	0,095	0,100	0,103	0,107	0,111	0,114	0,118	0,112	0,126	0,130	0,134	0,139	0,143	0,147
<b>22,0</b>	0,116	0,121	0,125	0,130	0,135	0,140	0,145	0,150	0,154	0,159	0,164	0,170	0,173	0,178
<b>24,0</b>	0,140	0,146	0,151	0,157	0,162	0,168	0,173	0,179	0,184	0,190	0,195	0,200	0,200	0,210
<b>26,0</b>	0,166	0,173	0,179	0,185	0,191	0,197	0,200	0,210	0,210	0,220	0,230	0,240	0,240	0,250
<b>28,0</b>	0,194	0,200	0,210	0,220	0,220	0,230	0,240	0,240	0,250	0,260	0,260	0,270	0,280	0,290
<b>30,0</b>	0,220	0,230	0,240	0,250	0,250	0,260	0,270	0,280	0,290	0,290	0,300	0,310	0,320	0,330
<b>32,0</b>	0,250	0,260	0,270	0,280	0,290	0,300	0,310	0,320	0,330	0,340	0,350	0,360	0,370	0,380
<b>34,0</b>	0,280	0,290	0,300	0,320	0,330	0,340	0,350	0,360	0,370	0,380	0,390	0,410	0,420	0,430
<b>36,0</b>	0,320	0,340	0,350	0,360	0,370	0,380	0,400	0,410	0,420	0,430	0,440	0,460	0,470	0,480
<b>38,0</b>	0,350	0,370	0,380	0,390	0,400	0,420	0,440	0,450	0,460	0,470	0,490	0,510	0,520	0,530
<b>40,0</b>	0,360	0,400	0,410	0,430	0,450	0,460	0,480	0,490	0,500	0,520	0,530	0,550	0,570	0,580
<b>42,0</b>	0,420	0,440	0,460	0,470	0,490	0,500	0,520	0,540	0,560	0,570	0,590	0,610	0,620	0,640
<b>44,0</b>	0,460	0,480	0,500	0,520	0,530	0,550	0,570	0,590	0,610	0,630	0,650	0,670	0,680	0,700
<b>46,0</b>	0,510	0,530	0,550	0,570	0,590	0,610	0,630	0,650	0,670	0,690	0,710	0,730	0,750	0,770
<b>48,0</b>	0,550	0,570	0,600	0,620	0,640	0,660	0,680	0,700	0,730	0,750	0,770	0,790	0,820	0,840
<b>50,0</b>	0,600	0,630	0,650	0,670	0,700	0,720	0,740	0,770	0,790	0,820	0,840	0,860	0,890	0,910
<b>52,0</b>	0,660	0,680	0,710	0,730	0,760	0,780	0,810	0,830	0,860	0,890	0,910	0,940	0,970	0,990
<b>54,0</b>	0,720	0,740	0,770	0,800	0,820	0,850	0,880	0,900	0,930	0,960	0,990	1,020	1,050	1,070
<b>56,0</b>	0,780	0,800	0,830	0,860	0,890	0,920	0,950	0,980	1,010	1,040	1,070	1,100	1,130	1,160
<b>58,0</b>	0,830	0,860	0,890	0,920	0,960	0,990	1,020	1,050	1,080	1,120	1,150	1,180	1,210	1,250
<b>60,0</b>	0,890	0,930	0,960	0,990	1,030	1,060	1,090	1,130	1,160	1,200	1,230	1,270	1,300	1,330

Продовження додатку

Діаметр, см	Об'єм м <sup>3</sup> при довжині, від 4,1 до 5,4 м.													
	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4
<b>16,0</b>	0,098	0,101	0,104	0,107	0,110	0,113	0,116	0,118	0,121	0,124	0,127	0,130	0,134	0,137
<b>18,0</b>	0,124	0,127	0,131	0,135	0,138	0,142	0,145	0,150	0,152	0,156	0,160	0,164	0,167	0,170
<b>20,0</b>	0,151	0,156	0,160	0,165	0,170	0,174	0,178	0,183	0,187	0,190	0,196	0,200	0,200	0,210
<b>22,0</b>	0,183	0,188	0,193	0,198	0,200	0,200	0,210	0,220	0,220	0,230	0,220	0,240	0,240	0,250
<b>24,0</b>	0,210	0,220	0,230	0,230	0,240	0,240	0,250	0,260	0,260	0,270	0,270	0,280	0,290	0,290
<b>26,0</b>	0,250	0,260	0,270	0,270	0,280	0,290	0,300	0,310	0,310	0,320	0,320	0,330	0,340	0,350
<b>28,0</b>	0,300	0,300	0,310	0,320	0,330	0,330	0,340	0,350	0,360	0,370	0,370	0,380	0,390	0,400
<b>30,0</b>	0,340	0,350	0,360	0,370	0,380	0,390	0,400	0,410	0,410	0,420	0,430	0,440	0,450	0,460
<b>32,0</b>	0,390	0,400	0,410	0,420	0,430	0,440	0,450	0,460	0,470	0,480	0,490	0,500	0,510	0,520
<b>34,0</b>	0,440	0,450	0,470	0,480	0,490	0,500	0,510	0,520	0,530	0,540	0,550	0,560	0,580	0,590
<b>36,0</b>	0,490	0,500	0,520	0,530	0,540	0,550	0,560	0,580	0,590	0,600	0,620	0,630	0,650	0,660
<b>38,0</b>	0,540	0,560	0,580	0,590	0,600	0,610	0,620	0,640	0,650	0,670	0,680	0,700	0,720	0,730
<b>40,0</b>	0,610	0,610	0,630	0,650	0,660	0,680	0,690	0,710	0,720	0,740	0,750	0,770	0,790	0,800
<b>42,0</b>	0,660	0,670	0,690	0,710	0,730	0,740	0,760	0,780	0,800	0,810	0,830	0,850	0,870	0,890
<b>44,0</b>	0,720	0,740	0,760	0,780	0,800	0,820	0,840	0,860	0,870	0,890	0,910	0,930	0,950	0,970
<b>46,0</b>	0,790	0,810	0,830	0,850	0,870	0,900	0,920	0,940	0,960	0,980	1,000	1,020	1,040	1,060
<b>48,0</b>	0,860	0,880	0,900	0,930	0,950	0,970	1,000	1,020	1,040	1,060	1,090	1,110	1,130	1,150
<b>50,0</b>	0,940	0,960	0,990	1,010	1,030	1,060	1,080	1,110	1,130	1,150	1,180	1,210	1,230	1,260
<b>52,0</b>	1,020	1,040	1,070	1,100	1,120	1,150	1,170	1,200	1,230	1,250	1,280	1,310	1,340	1,360
<b>54,0</b>	1,100	1,130	1,160	1,190	1,210	1,240	1,270	1,300	1,330	1,350	1,380	1,410	1,440	1,470
<b>56,0</b>	1,190	1,220	1,250	1,280	1,310	1,340	1,370	1,400	1,430	1,460	1,490	1,530	1,560	1,590
<b>58,0</b>	1,280	1,310	1,350	1,380	1,410	1,440	1,480	1,510	1,540	1,570	1,610	1,640	1,670	1,710
<b>60,0</b>	1,370	1,410	1,440	1,480	1,510	1,550	1,580	1,610	1,650	1,680	1,720	1,760	1,790	1,830

Продовження додатку

Діаметр, см	Об'єм м <sup>3</sup> при довжині, від 5,5 до 6,8 м.													
	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8
<b>16,0</b>	0,140	0,143	0,146	0,149	0,152	0,155	0,160	0,163	0,166	0,170	0,172	0,175	0,178	0,182
<b>18,0</b>	0,175	0,179	0,183	0,186	0,190	0,194	0,197	0,200	0,200	0,210	0,210	0,210	0,220	0,220
<b>20,0</b>	0,210	0,210	0,220	0,220	0,230	0,230	0,240	0,240	0,250	0,250	0,260	0,260	0,270	0,270
<b>22,0</b>	0,250	0,260	0,260	0,270	0,270	0,280	0,280	0,290	0,300	0,300	0,310	0,310	0,320	0,330
<b>24,0</b>	0,300	0,300	0,310	0,320	0,320	0,330	0,330	0,340	0,350	0,350	0,360	0,370	0,370	0,380
<b>26,0</b>	0,350	0,360	0,370	0,380	0,380	0,390	0,400	0,410	0,420	0,420	0,430	0,430	0,440	0,450
<b>28,0</b>	0,410	0,410	0,420	0,430	0,440	0,450	0,460	0,460	0,470	0,480	0,490	0,500	0,510	0,520
<b>30,0</b>	0,470	0,480	0,490	0,500	0,510	0,520	0,530	0,540	0,550	0,550	0,560	0,570	0,580	0,590
<b>32,0</b>	0,530	0,540	0,550	0,570	0,580	0,590	0,600	0,610	0,620	0,630	0,640	0,650	0,660	0,680
<b>34,0</b>	0,600	0,610	0,620	0,640	0,650	0,660	0,670	0,680	0,700	0,710	0,720	0,730	0,750	0,760
<b>36,0</b>	0,670	0,680	0,700	0,710	0,720	0,740	0,750	0,760	0,780	0,790	0,800	0,820	0,840	0,860
<b>38,0</b>	0,740	0,760	0,770	0,790	0,800	0,820	0,830	0,850	0,870	0,880	0,900	0,910	0,930	0,950
<b>40,0</b>	0,820	0,840	0,850	0,870	0,890	0,900	0,920	0,930	0,950	0,970	0,990	1,000	1,020	1,040
<b>42,0</b>	0,900	0,920	0,940	0,960	0,980	1,000	1,010	1,030	1,050	1,070	1,080	1,100	1,120	1,140
<b>44,0</b>	0,990	1,010	1,030	1,050	1,070	1,090	1,110	1,130	1,150	1,170	1,200	1,210	1,230	1,250
<b>46,0</b>	1,080	1,110	1,130	1,150	1,170	1,190	1,210	1,230	1,260	1,280	1,300	1,320	1,340	1,360
<b>48,0</b>	1,180	1,200	1,220	1,250	1,270	1,300	1,320	1,340	1,370	1,390	1,410	1,440	1,460	1,490
<b>50,0</b>	1,280	1,310	1,330	1,360	1,380	1,410	1,430	1,460	1,480	1,510	1,540	1,560	1,590	1,620
<b>52,0</b>	1,390	1,420	1,440	1,470	1,500	1,530	1,560	1,580	1,610	1,640	1,670	1,690	1,720	1,750
<b>54,0</b>	1,500	1,530	1,560	1,590	1,620	1,650	1,680	1,710	1,740	1,770	1,800	1,830	1,860	1,890
<b>56,0</b>	1,620	1,650	1,680	1,710	1,740	1,780	1,810	1,840	1,880	1,910	1,950	1,980	2,010	2,050
<b>58,0</b>	1,740	1,770	1,810	1,840	1,880	1,910	1,950	1,980	2,020	2,050	2,080	2,120	2,160	2,190
<b>60,0</b>	1,860	1,900	1,940	1,970	2,010	2,050	2,080	2,120	2,150	2,190	2,230	2,270	2,310	2,340

*Примітка.* При визначенні об'єму сортименту інших діаметрів чи довжин, проводиться лінійна інтерполяція.





