

Міністерство освіти і науки України
Національний лісотехнічний університет України

Кафедра технології деревинних
композиційних матеріалів,
целюлози та паперу

Р.Г. Салабай, І.І. Салабай

**РОЗРАХУНОК СИРОВИНИ І МАТЕРІАЛІВ
У ВИРОБНИЦТВІ
КЛЕЄНИХ ДОЩАТИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Методичні вказівки до практичних робіт з курсу:
“Технологія клеєних дерев’яних конструкцій”
для студентів напрямку підготовки 6.051301
(спеціальності 8.05130109)

Львів – 2010

Салабай Р.Г., Салабай І.І. Розрахунок сировини і матеріалів у виробництві клеєних дощатих конструкцій. Методичні вказівки до практичних робіт. – Львів: НЛТУ України, 2010. – 42 с.

Розглянуто і рекомендовано методичною радою технологічного факультету (протокол № 5 від 02.12.10).

Рецензенти:

Руслан Олегович КОЗАК – канд. техн. наук, доцент кафедри технології деревинних композиційних матеріалів, целюлози та паперу Національного лісотехнічного університету України;

Олег Богданович ФЕРЕНЦ – канд. техн. наук, доцент кафедри технології деревообробки і захисту деревини Національного лісотехнічного університету України.

© Салабай Р.Г., Салабай І.І., 2010

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Загальні відомості про клеєні дощаті конструкції.....	5
2. Характеристика сировини.....	8
3. Технологічний процес виробництва.....	13
4. Розрахунок сировини.....	17
5. Розрахунок клейових матеріалів.....	38
Література.....	41
Додаток.....	42

ВСТУП

Виробництво клеєних дерев'яних конструкцій надає можливість створення конструкцій практично будь-яких розмірів і форми. Склеювання, як спосіб з'єднання однорідних та різнорідних матеріалів має багато переваг і широко застосовується на практиці. Клеєні дерев'яні конструкції завдяки малій об'ємній масі, великій міцності і стійкості при експлуатації в різних умовах, в тому числі в агресивних середовищах з кожним роком знаходять все більше застосування.

В даних методичних вказівках на прикладі виробництва клеєних стрілочатих арок наведено технологічні розрахунки у виробництві клеєних дощатих конструкцій. При проведенні технологічних розрахунків необхідно розрахувати кількість сировини і матеріалів, основне технологічне обладнання та площі складів і на основі проведених розрахунків розробити план цеху виробництва продукції.

1. Загальні відомості про клеєні дощаті конструкції

Серед різноманітності клеєних дерев'яних конструкцій (КДК) важливе місце займають несучі конструкції. До несучих дерев'яних конструкцій відносяться балки, арки, рами, ферми [1, 2, 3].

Арки – один з найбільш поширених видів клеєних дерев'яних несучих конструкцій [4]. За характером напруженого стану арки краще, ніж інші конструкції, відповідають природним властивостям деревини. Тому їх раціонально використовувати для споруд прольотом понад 18 м. З плоских дерев'яних конструкцій арки є найбільш ефективними і надійними. Використовуючи арки можна понизити площу стін або практично обійтися без них, одержувати ефективні і найбільш поширені рішення з передачею розпору на низькі залізобетонні фундаменти. Рідше використовуються арки із затягуваннями на рівні опор, іноді з підвищеним їх розташуванням. У громадських будівлях для збільшення габариту часто вдаються до спірання арок на рівні покриттів на каркаси суміжних приміщень. Зазвичай застосовують трьохшарнірні арки кругового або стрілочатого контуру (рис. 1, *а*, *б*), які найбільш прості у виготовленні, значно рідше – арки коробчасті або параболічні. Виготовляють також трикутні арки з прямолінійних клеєних блоків (рис. 1, *в*, *г*). У індивідуальних рішеннях зустрічаються арки двохшарнірні, а останнім часом – збірні з уніфікованих елементів. Арки, що

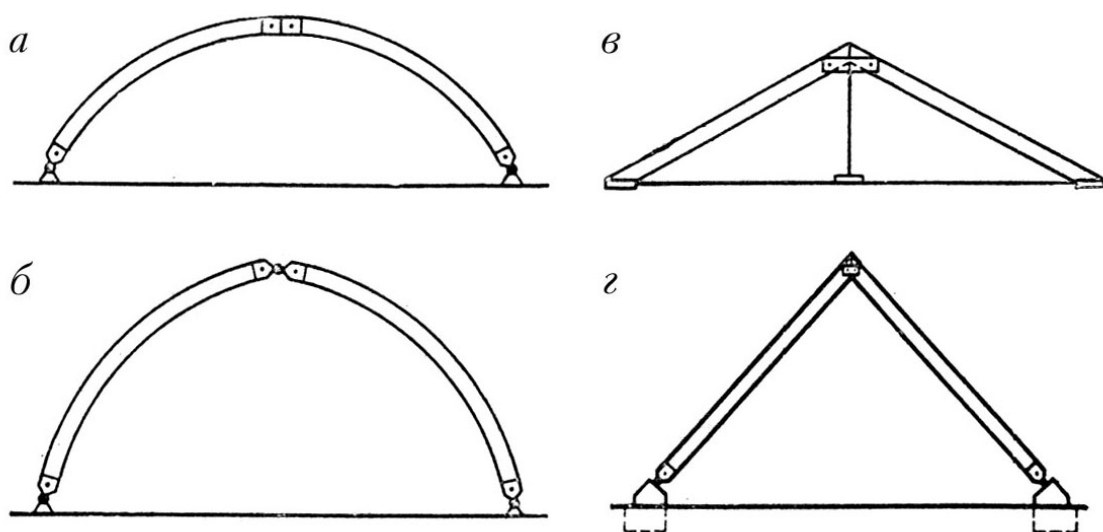


Рис. 1. Схеми клеєних дощатих арок:
а – кругового контуру; *б* – стрілочатого; *в* – трикутного із затягуванням;
г – трикутного із спіранням на фундамент

випускаються, мають суцільний сталий по довжині прямокутний перетин. До недоліків арок відноситься необхідність гнуття, що ускладнює технологію, вимагає збільшення виробничих і складських приміщень.

Клеєними дерев'яними дощатими арками кругового та стрілочного контуру перекривають прольоти від 12 до 100 м (рис. 2, 3). Стрілчаті арки використовують для будівництва складів мінеральних добрив, розташованих у місцях добування калійних солей (прольотом 45 м) і в місцях їх застосування (прольотом 18 і 24 м).

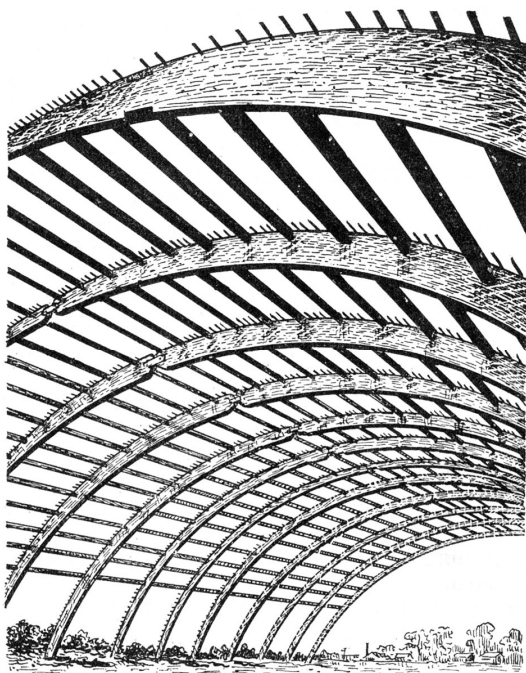


Рис. 2. Монтаж покриття із застосуванням клеєних дощатих арок кругового контуру

Широке поширення при будівництві виробничих сільських будівель отримали трикутні арки прольотом 12 і 18 м, які складаються з клеєних прямолінійних верхніх поясів і металевого затягування (рис. 4, *a*). Арочні конструкції застосовують також у видовищних і спортивних будівлях та спорудах, надаючи аркам форму параболи тощо. Проліт таких арок 50 і більше метрів.

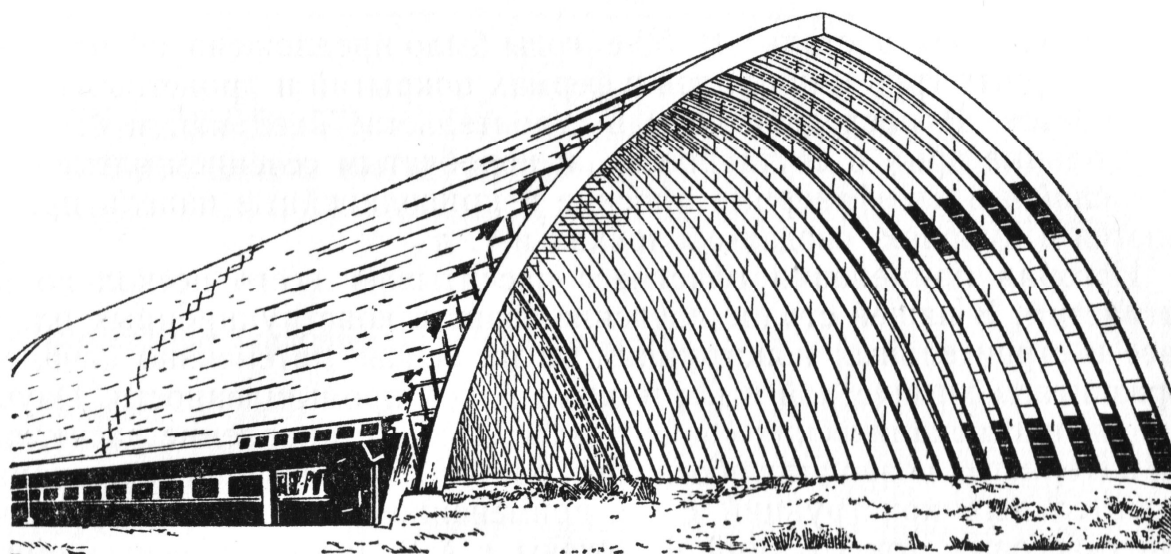


Рис. 3. Клеєні дерев'яні стрілчаті арки Калушського комбінату

Найбільш широке застосування одержали трьохшарнірні арки стрілочного контуру при будівництві складів мінеральних добрив прольотом 18 і 24 м (рис. 4, б).

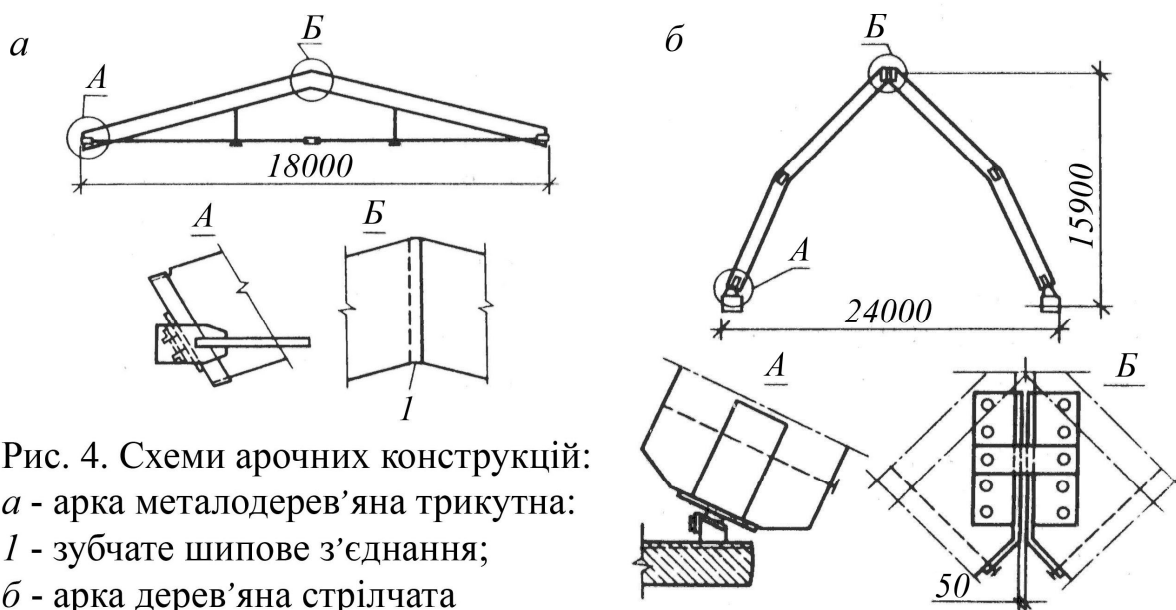


Рис. 4. Схеми арочних конструкцій:
а - арка металодерев'яна трикутна;
І - зубчате шипове з'єднання;
б - арка дерев'яна стрілочата

Дерев'яні клеєні конструкції є індустріальним видом сучасних конструкцій, виробництво яких здійснюється на спеціалізованих підприємствах. В порівнянні з аналогічними залізобетонними конструкціями застосування клеєних дерев'яних конструкцій дозволяє знизити масу конструкцій в 4 - 5 разів, трудомісткість виготовлення і монтажу в 2 рази, а вартість, при раціональному застосуванні, наприклад в складах мінеральних добрив, на 30 - 40 %. Найбільший економічний ефект від застосування клеєних дерев'яних конструкцій досягається при перекритті ними великих прольотів, використанні в будівлях і спорудах, які працюють з хімічно-агресивними середовищами, і при комплексному застосуванні несучих клеєних дерев'яних конструкцій спільно з полегшеними огорожувальними.

Багато видів клеєних конструкцій є практично безметалевими (балки, арки, рами). У металодерев'яних конструкціях витрата сталі, як правило, на 15 - 20 % менше, ніж в аналогічних залізобетонних конструкціях.

2. Характеристика сировини

Основним матеріалом для виготовлення КДК є деревина. З неї виготовляють шари клеєних несучих і каркаси огорожувальних конструкцій, допоміжні елементи тощо. Поряд з деревиною використовуються й інші матеріали, зокрема, деревинні плитні матеріали

До основних показників, що характеризують придатність деревини для виготовлення КДК, віднесені порода деревини, розміри і якість пиломатеріалів.

Для виготовлення КДК рекомендується використовувати пиломатеріали хвойних порід (ялина, сосна). Проте, у зв'язку з обмеженими запасами такої деревини включають у виробництво КДК деревину листяних порід.

Практично можна склеювати деревину будь-якої породи, однак не всі клеї можуть бути використані для цієї мети. В одному перетині бажано поміщати шари однієї або близької за властивостями породи деревини. Можливо також сполучення в одному клеєному пакеті шарів з деревини різних порід. Так, у багатошарових несучих конструкціях з маломіцних або малоцінних порід деревини можна виготовляти середні слабонапружені шари, а високоміцну і стійку до загнивання деревину використовувати в зовнішніх напружених зонах конструкції. Однак у таких випадках потрібне застосування спеціальних заходів для попередження розшаровування через різні вологісні деформації суміжних шарів з різних порід деревини (наприклад, зменшення товщини шару, введення поздовжніх компенсаційних прорізів тощо). Краще склеюється менш щільна деревина, наприклад ялина, осика, гірше склеюється модрина.

Найбільш придатною для виготовлення КДК вважається сосна. Це ядрова порода зі смоляними ходами. Річні шари добре видимі на всіх розрізах: перехід від ранньої деревини до пізнього різкий. Смоляні ходи зосереджені головним чином у пізній деревині. Наявність смоли в сосні робить її більш стійкою до ураження гнилизною при несприятливих умовах експлуатації.

Багато клеєних конструкцій виготовляють з ялини. Це без'ядрова порода, зі спілою деревиною. Пізня деревина трохи відрізняється від ранньої більш темним кольором. Смоляні ходи нечисленні. Ялина краще піддається механічній обробці, ніж сосна, більш рівномірно висихає в процесі сушіння. Міцність її вище міцності сосни.

Використовується для виробництва КДК також модрина. Це ядрова порода зі смоляними ходами. Річні шари дуже добре виділяються завдяки різкій різниці між ранньою і пізньою деревиною. Смоляні ходи дрібні, нечисленні. Деревина модрини відрізняється стійкістю проти гниття, порівняно невеликою сучковатістю, за міцністю вона приблизно на 30 % перевершує сосну. До недоліків модрини стосовно до КДК можна віднести велике розходження між радіальним і тангентальним всиханням, що ускладнює процес сушіння, викликає розтріскування, короблення, труднощі механічної обробки тощо.

З твердолистяних порід, що мають певну перспективу застосування у виробництві КДК, можна виділити березу. Це без'ядрова, заболонна деревина білого кольору, з малопомітними річними шарами і серцевинними променями. Береза відрізняється високою міцністю, але має малу стійкість проти гниття; сушіння пиломатеріалів пов'язане з певними труднощами через короблення і розтріскування.

З м'яколистяних порід у виробництві КДК доцільне застосування осики. Це без'ядрова порода, деревина її білого, іноді з легким зеленуватим відтінком кольору. До недоліків можна віднести внутрішню гнилизну, яка часто зустрічається в осіці.

Розміри пиломатеріалів вибирають виходячи з необхідних проектних розмірів готових конструкцій і втрат, пов'язаних з виконанням технологічних операцій (сушіння, механічної обробки). При цьому рекомендується для багат шарових конструкцій використовувати пиломатеріали максимальної довжини при товщині 40 мм, а для виготовлення гнукотесених конструкцій товщина пиломатеріалів не повинна перевищувати $1/150$ радіуса вигину конструкцій. При малих радіусах вигину використовують пиломатеріали товщиною 20 мм.

Ширина пиломатеріалів повинна бути узгоджена з номінальною шириною клеєного елемента з урахуванням сумарної величини припусків на всихання і механічну обробку по ширині.

Номінальні розміри пиломатеріалів по ширині і товщині встановлені для деревини вологістю 20%. При вологості деревини більше або менше 20% фактичні розміри товщини і ширини повинні бути більші або менші номінальних розмірів на відповідну величину всихання.

Допускається використання специфікованих заготовок, якість і розміри яких відповідають вимогам виробництва КДК.

З економічної точки зору для виготовлення КДК найбільш доцільно використовувати пиломатеріали максимально можливої довжини, товщини і ширини, тому що в цьому випадку досягається найбільший корисний вихід, найменша трудомісткість механічної обробки і збирання конструкцій. Однак, якщо у відношенні довжини і ширини це положення можна прийняти без усяких застережень, то використання пиломатеріалів максимально можливої товщини пов'язане з певними труднощами [1].

Так, тривалість сушіння товстих пиломатеріалів значно більша, ніж тонких, у них більш ймовірна поява в процесі сушіння тріщин, пожелоблення. У процесі запресовування і наступного склеювання товстих пожелоблених шарів у конструкції виникають внутрішні напруження, що при несприятливих умовах (малій адгезійно-когезійній міцності клею, перепаді вологості в суміжних шарах, сполученні шарів деревини з радіальним і тангентальним розташуванням волокон і ін.) можуть викликати розшарування і руйнування конструкцій. У конструкціях з товстих шарів виникають також великі вологісні напруження при нерівномірному циклічному зволоженні конструкцій.

Значно менший вплив зазначених недоліків у конструкціях з тонких шарів. Однак виготовлення конструкцій з пиломатеріалів малої товщини спричиняє збільшення відходів за рахунок фрезерування великої кількості дощок, підвищення витрати клеїв і більш високу трудомісткість виготовлення конструкцій.

Зі зменшенням товщини шарів міцність КДК підвищується. Це дає можливість зменшити перетин, забезпечивши при цьому необхідну несучу здатність конструкцій, і тим самим компенсувати додаткові витрати на виготовлення конструкцій з тонких пиломатеріалів.

Варто використовувати пиломатеріали максимальної ширини, тому що застосування пиломатеріалів меншої, ніж потрібно, ширини, крім додаткових відходів при склеюванні їх по ширині, дуже ускладнює і здорожує виробництво. Тому доцільно в таких випадках застосовувати спарені конструкції з відносно невеликою шириною перетину або застосовувати інші конструктивні заходи, що виключають необхідність склеювання пиломатеріалів по ширині.

Враховуючи, що з пиломатеріалів будь-якої якості, шляхом вирізування ділянок з неприпустимими вадами і дефектами та наступним склеюванням по довжині на зубчаті з'єднання якісних заготовок можна одержати заготовки для клеєних конструкцій будь-якого необхідного розміру і якості, необхідно в першу чергу регламентувати вимоги не до якості пиломатеріалів, а до якості елементів клеєних конструкцій. Отже, клеєні конструкції можна виготовляти з пиломатеріалів будь-якої якості, однак у самих конструкціях деревина повинна бути чітко визначеної якості.

Отже, немає необхідності суворо регламентувати якість використовуваних для виготовлення КДК пиломатеріалів. Це необхідно вирішувати в кожному конкретному випадку з урахуванням структури підприємства, джерел постачання деревиною, типів конструкцій і наявного устаткування, забезпечуючи при цьому необхідну міцність і собівартість конструкцій.

Основним природною вадою деревини, з якою найчастіше приходиться зіштовхуватися при виготовленні КДК, є сучки. Вони не тільки знижують міцність, але й утрудняють механічну обробку і склеювання, тому що сучки, які виходять на поверхню, що склеюється, погано просочуються клеєм і гірше склеюються, ніж інша поверхня деревини.

З вад деревини механічного походження найбільш істотний вплив на процес виробництва КДК і їх якість роблять деформації пиломатеріалів, тобто пожелоблення виникає, як правило, у процесі сушіння. Пожелоблення не тільки викликає перевитрату деревини і підвищує трудомісткість виготовлення, тому що ділянки з неприпустимими дефектами форми необхідно видаляти і потім зрощувати по довжині якісні куски, але і знижує експлуатаційну міцність конструкцій через виникнення у конструкціях великих внутрішніх напружень при запресовуванні і склеюванні пожелоблених шарів.

Вимоги до якості деревини клеєних конструкцій відрізняються від вимог до пиломатеріалів. Це викликає необхідність додаткового сортування пиломатеріалів на підприємствах КДК, вирізування неприпустимих вад і зрощування заготовок по довжині для одержання заготовок необхідної якості.

У багат шарових конструкціях рекомендується по висоті перетину використовувати шари різної якості. Більш якісну деревину дають у розтягнуту і стиснуту зони конструкцій. У середню по висоті перетину зону клеєних елементів дають шари деревини більш низької якості.

Розташування шарів деревини необхідної якості вказують у робочих кресленнях на конкретні типи конструкцій.

Слід зазначити, що розташування в одному перетині шарів різної якості забезпечує необхідну короткочасну міцність конструкцій, дозволяє економічно використовувати деревину: більш якісну, поміщаючи в найбільш напружені зони, менш якісну – у малонапружену зону, яка часто по об'єму займає до 70 % загального об'єму конструкції. Однак у процесі експлуатації цей вигравш менш істотний.

Разом з тим, наявність в одному перетині шарів різної якості ускладнює виробництво, тому що вимагає здійснення сортування і додаткового розкрою дощок, набору пакетів із шарів різної якості й ін. Такий технологічний процес можливий при виготовленні малих серій велико-пролітних або унікальних конструкцій; при серійному випуску однотипних конструкцій доцільно використовувати всі шари однакової якості.

3. Технологічний процес виробництва

Клеєні дощаті арки виготовляють в спеціально обладнаних цехах, які складаються з декількох дільниць. Колоди із складу сировини за допомогою кранів подаються на місце для розкочування колод. Після цього за допомогою поздовжнього ланцюгового конвеєра колоди подаються на обкорувальний верстат і проходять (при потребі) торцювання. Для відокремлення кори від деревини найбільше використовуються роторні обкорювальні верстати, на яких кора знімається притупленими лезами корознімаючого механізму – ротора. Для торцювання чи поперечного розкрою колод використовують верстати з круглими або ланцюговими пилками.

Отримані сортименти через поперечний конвеєр-накопичувач подаються на лінію поздовжнього розкрою на колодопилному обладнанні. Необрізні пиломатеріали подаються на багатопилковий верстат для одержання обрізних дощок, а кускові відходи (обрізки) конвеєром подаються на переробку. Як основне колодопилне обладнання використовують лісопилні рами, стрічкопилкові, круглопилкові і агрегатні верстати. На сьогодні найбільш поширеними є стрічкопилкові верстати, при використанні яких у 1,5...2 рази менше утворюється тирси, ніж при використанні іншого обладнання. Використовують верстати з горизонтальним або вертикальним розміщенням стрічкової пилки. Для переробки необрізних пиломатеріалів в обрізні застосовують двопилкові обрізні верстати або багатопилкові для поздовжнього розкрою. На три-, чотири- і багатопилкових верстатах обрізають широкі необрізні дошки і одночасно ділять їх по ширині на дві, три або більше частин, що дозволяє одночасно формувати розміри заготовок по ширині. Обрізні пиломатеріали на транспортних візках подаються на сушильну дільницю.

Сушіння необхідне для того, щоб забезпечити необхідну точність механічної обробки деревини, попередити появу внутрішніх напружень, зменшити розтріскування і жолоблення дерев'яних елементів під час експлуатації, забезпечити можливість склеювання і фарбування конструкцій, а також підвищити біологічну стійкість деревини.

Камерне сушіння пиломатеріалів включає декілька етапів, основні з яких – формування штабелів, проведення і контроль процесу сушіння, кондиціонування і витримка пиломатеріалів після сушіння. Пиломатеріали укладають у штабель горизонтальними рядами, відокремленими прокладками.

Укладання може бути суцільним і з проміжками – залежно від напрямку і способу циркуляції повітря в сушарках. В штабель укладають дошки тільки однієї товщини. Формування штабелів може бути пакетним або безпакетним.

Формування пакетів і штабелів виконується на території сушильної ділянки. Штабелі формують на підштабельних опорах. Зазвичай з використанням траверсного шляху штабелі переміщують на завантажувальних візках до сушильних камер і по завантажувальній колії заочують в камеру. В камерах за відповідними режимами здійснюється сушіння пиломатеріалів. Висушені пиломатеріали транспортують на майданчик, де вони проходять стадію кондиціонування. Кондиціонування може проводитися і в сушильній камері.

Після закінчення камерного сушіння пиломатеріали витримують не менше 3 діб у приміщенні з відносною вологістю повітря 65...75 % та за температури повітря 16..22 °С. Вологість висушених пиломатеріалів повинна становити 8...12 %.

Далі висушені пиломатеріали поступають на ділянку торцювання для видалення дефектних місць і недопустимих вад деревини. При поперечному розпилуванні і вирізуванні дефектів деревини керуються нормами допустимих вад і технологічних дефектів. Обмеження вад проводиться з врахуванням поділу дощок за сортами. Дощки сортують візуально і залежно від розмірів, кількості і розташування сучків, косошару, гнилизни, тріщин, технологічних дефектів встановлюють сорт, пов'язуючи його з певним рівнем міцності. Далі дошки розпилюють по довжині, фрезерують, додатково оглядають для виявлення вад деревини.

Заготовки необхідної ширини подаються на лінію зрощування за довжиною, а заготовки шириною меншою за необхідну подаються на лінію зрощування за шириною і повертаються в потік для зрощування за довжиною.

Для зрощування заготовок за довжиною можна застосовувати три види з'єднань: в притик, на вус і за допомогою зубчатих шипів. З'єднання в притик можуть використовуватися тільки в стиснутій зоні конструкцій. Перевагою з'єднання на вус є велика міцність з'єднання, завдяки чому таке з'єднання можна використовувати в будь-якій зоні несучих конструкцій. Проте при такому з'єднанні утворюється велика кількість відходів деревини, тому що довжина вусового з'єднання повинна бути рівною 10...12 товщинам стикованих заготовок. У сучасному механізованому виробництві найчастіше використовують зубчаті з'єднання.

Технологічний процес склеювання заготовок на зубчатому з'єднанні включає виконання таких операцій: торцювання заготовок з наступним формуванням зубчатих шипів на їх кінцях, нанесення клею на бокові поверхні шипів, збирання і склеювання заготовок у неперервну стрічку з наступним їх розкромом на відрізки заданої довжини.

Для зрощування заготовок за шириною застосовують в основному з'єднання в притик – на гладка фугу, рідше – на зубчаті з'єднання. Зрощування за шириною включає технологічні операції фрезерування крайок заготовок з двох сторін, нанесення на них клею, збирання і склеювання заготовок у неперервний щит та поздовжній розкрій на заготовки необхідної ширини.

Фрезерування шипів виконується на шипорізних або фрезерних верстатах, які можуть працювати окремо або входити у вигляді вузлів у спеціалізовані лінії.

При склеюванні за довжиною на зубчатий шип найбільш широко застосовуються лінії безперервної дії. У них тиск, необхідний для запресування з'єднань, створюється зусиллям подачі і опором тертя від гальмівного вальця.

Після необхідної для затвердіння клею витримки стиковані заготовки подають на обробку до рейсмусового верстата. Фрезерування проводять з двох сторін; точність обробки повинна забезпечувати потрібну якість склеювання. Заготовки обробляють у послідовності, зворотній укладанню шарів у пакет, щоб стрічки зручно було подавати на склеювання і швидше завантажувати прес.

Заготовки подаються на лінію нанесення клею і формування пакету. Клей на поверхню заготовок наноситься механізованими клеєними вальцями з однієї або двох сторін рівним шаром. Сформовані пакети завантажуються в преси, в яких відбувається їх склеювання. Зважаючи на обмежену життєздатність клеїв, запресування повинно бути виконане якомога швидше. Завантаження в прес відразу цілого пакета значно прискорює запресування.

При склеюванні прямолінійних і криволінійних блоків та елементів прямокутного перерізу застосовується гвинтовий спосіб запресування в горизонтальних і вертикальних ваймових пресах. У горизонтальних пресах заготовки з нанесеним на них клеєм укладають ребром (на крайку) на вирівняні по горизонталі бруси і потім весь пакет притискають гвинтовими стяжками до закріплених на підлозі стійок, які розставлені по прямій лінії або по кривій заданого контуру. Після запресування питомий тиск перерозподіляється

(знижується) внаслідок пластичних деформацій деревини, витискування або проникнення клею в заготовки, тому періодично гвинти підтягують. Час витримки пакету в пресі залежить від температури повітря в цеху і становить 6...24 год. При склеюванні з нагріванням час витримки скорочується до 3...4,5 год. Щоб підвищити продуктивність запресувальних установок, можна запресовувати в одному горизонтальному ваймовому пресі відразу або поспідовно по декілька пакетів, які розташовуються один над одним і розділяються прокладками.

У вертикальних ваймових пресах заготовки укладають пластами на прямолінійні або криволінійні цулаги і стягують пакет гвинтами. Для збільшення продуктивності вертикальні ваймові преси роблять двосекційними, запресовуючи одночасно два поруч розташованих пакета. Різновидом ваймового вертикального преса є прес-вагонетка, в якій можна запресовувати декілька прямолінійних пакетів. Потім вагонетка подається в камеру, в якій пакети нагріваються для прискорення склеювання. Запресування у вертикальних гідравлічних пресах проводять до повного затвердіння клею, або пакет, зафіксований затискними пристроями під заданим тиском, вивантажують з преса і ставлять на майданчик для витримки і затвердіння клею при температурі цеху або при конвективному нагріванні.

Після витримки у пресі клеєні елементи поступають на обробку, яка полягає в торцюванні елементів по шаблону, фрезеруванні бокових поверхонь, фрезеруванні пазів, свердлінні отворів, а також у захисті від зволоження, загнивання і загоряння. Перед обробкою елементи витримують в цеху 1...2 доби для досягнення достатньої міцності клейового шару, при якій можна переміщувати конструкції по цеху.

Після виготовлення всі без виключення елементи клеєних конструкцій оглядають, звертаючи в першу чергу увагу на якість склеювання. Готові конструкції відвантажуються на склад готової продукції або на будівельні об'єкти. Перед відвантаженням споживачу клеєні конструкції захищають від зволоження і механічних пошкоджень при перевезенні і монтажі.

4. Розрахунок сировини

Кількість сировини, яка необхідна для виготовлення заданої кількості клеєних дерев'яних арок, визначається з кількості втрат, які утворюються під час технологічних операцій їх виготовлення.

4.1. Розрахунок втрат сировини в процентах на етапах технологічного процесу

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

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

4.1.1. Втрати деревини в процентах при обкоруванні

Кількість кори ($P_{\text{кори}}$) при обкоруванні в процентах від об'єму колоди розраховуються за формулою:

$$P_{\text{кори}} = \left(1 - \frac{V_{\text{обк.к.}}}{V_{\text{необк.к.}}} \right) \cdot 100, \% \quad (2)$$

де $V_{\text{обк.к.}}$ – об'єм колоди без кори, м³;

$V_{\text{необк.к.}}$ – об'єм необкореної колоди, м³, визначається за формулою:

$$V_{\text{необк.к.}} = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{необк.к.с.}}^2 \cdot L_{\text{к.}} \cdot 10^{-4}, \text{ м}^3 \quad (3)$$

де $d_{\text{необк.к.с.}}$ – серединний діаметр колоди з корою, см;

$L_{\text{к.}}$ – довжина колоди, м.

Серединний діаметр необкореної колоди визначаємо за формулою:

$$d_{\text{необк.к.с.}} = d_{\text{необк.к.}} + \frac{L_{\text{к.}} \cdot S}{2}, \text{ см} \quad (4)$$

де S – величина збігу, см/м.

Її залежно від вершинного діаметра і довжини колоди визначаємо за формулою Г.Г. Тіткова [5]:

$$S = \frac{A + d_{\text{необк.к.}}}{28 + 2,5 \cdot L_{\text{к.}}}, \text{ см/м} \quad (5)$$

де A – величина, яка залежить від умов росту лісу (для наших умов $A=20...25$).

Об'єм колоди без кори визначаємо за формулою:

$$V_{обк.к.} = \frac{\pi}{4} \cdot \left[d_{необк.к.с.} \left(1 - \frac{P_k}{100} \right) \right]^2 \cdot L_{к.} \cdot 10^{-4}, \text{ м}^3 \quad (6)$$

де P_k – відсоток товщини кори на середині колоди по відношенню до серединного діаметра, %.

Відносне значення товщини кори P_k залежно від величини серединного діаметра кряжа в корі визначається за рівнянням:

$$P_k = a + b \cdot d_{необк.к.с.}^m, \% \quad (7)$$

Значення коефіцієнтів a , b , m для різних порід деревини наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів апроксимації при визначенні відсотку кори на середині колоди для різних порід деревини

Порода деревини	Коефіцієнт апроксимації		
	a	b	m
Сосна	5,213515	0,000147	2,408760
Ялина	1,657514	8,622552	-0,347721
Ялиця	0,583815	8,952359	-0,235214
Береза	13,972094	-20,715324	-0,415505
Осика	5,819728	0,000081	2,466437
Вільха	11,035794	-1,008728	0,299467
Дуб	20,682437	-5,636317	0,205809
Бук	2,004303	5,116440	-0,453853
Ясен	6,098166	736,495639	-2,174977
Граб	1,900138	30,308967	-0,922366

4.1.2. Втрати деревини в процентах при поперечному розкріі сировини

Колоди розпилюють на сортименти з врахуванням вибору найбільш оптимальної довжини, маючи на увазі мінімальні втрати. Втрати сировини при поперечному розкріі колод ($P_{попер.р.к.}$) становлять:

$$P_{\text{попер.р.к.}} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n V_{\text{сор.}i}}{V_{\text{обк.к.}}} \right) \cdot 100, \% \quad (8)$$

де $\sum_{i=1}^n V_{\text{сор.}i}$ – сума об'ємів сортиментів, отриманих в результаті поперечного розкрою колоди, м³;

$V_{\text{обк.к.}}$ – об'єм колоди без кори, м³.

Об'єм i -го сортименту визначається за формулою:

$$V_{\text{сор.}i} = \frac{\pi}{4} \cdot \left[d_{\text{необк.сор.с.}i} \cdot \left(1 - \frac{P_k}{100} \right) \right]^2 \cdot l_{\text{сор.}i} \cdot 10^{-4}, \text{ м}^3 \quad (9)$$

де $d_{\text{необк.сор.с.}i}$ – серединний діаметр i -го сортименту з корою, см;

$l_{\text{сор.}i}$ – довжина i -го сортименту, м.

Відносне значення кори у формулі рівне $P_k = a + b \cdot d_{\text{необк.сор.с.}i}^m$.

$$d_{\text{необк.сор.с.}i} = d_{\text{необк.сор.}i} + \frac{l_{\text{сор.}i} \cdot S}{2}, \text{ см} \quad (10)$$

де $d_{\text{необк.сор.}i}$ – вершинний діаметр i -го сортименту з корою, см;

Вершинний діаметр i -го необкореного сортимента, отриманого з колоди, обчислюється за формулою:

$$d_{\text{необк.сор.}i} = d_{\text{необк.к.}} + l_i \cdot S, \text{ см} \quad (11)$$

де l_i – відстань від вершинного торця колоди до вершинного торця i -го сортименту, м.

4.1.3. Втрати деревини в процентах при поздовжньому розкрої сортиментів

Втрати сировини при поздовжньому розкрої сортиментів на необрізні пиломатеріали розраховують за формулою:

$$P_{\text{позд.р.сор.}} = P_m + P_z, \% \quad (12)$$

де P_m – втрати сировини на тирсу;

P_z – втрати сировини на горбилі.

Втрати сировини на тирсу при розпилюванні сортиментів на необрізні пиломатеріали визначаємо для кожного сортименту за формулою:

$$P_m = \frac{V_m}{V_{cop.}} \cdot 100, \% \quad (13)$$

Аналогічно розраховуємо втрати на горбилі:

$$P_z = \frac{V_z}{V_{cop.}} \cdot 100, \% \quad (14)$$

Об'єм тирси визначаємо як різницю між об'ємами сортименту, сумарним об'ємом необрізних дощок і об'ємом горбилів:

$$V_m = V_{cop.} - V_{необр.н/м} - V_z, \text{ м}^3 \quad (15)$$

Об'єм горбилів визначаємо за формулою:

$$V_z = \frac{2}{3} \cdot l_z \cdot B_z \cdot H_z \cdot n \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 \quad (16)$$

де l_z – довжина горбиля, м;

B_z і H_z – ширина і висота горбиля, мм;

n – кількість однакових за розмірами горбилів ($n=2$).

Сумарний об'єм необрізних дощок отриманих в результаті поздовжнього розкрою колод становить:

$$V_{необр.н/м} = \sum_{i=1}^n V_{n/м_i}, \text{ м}^3 \quad (17)$$

Об'єм кожної з дощок визначаємо за формулою:

$$V_{n/м_i} = l_{n/м} \cdot B_{n/м_i} \cdot S_{n/м} \cdot m \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 \quad (18)$$

де $l_{n/м}$ – довжина дощок (рівна довжині сортименту отриманого в результаті поперечного розкрою колод), м;

$B_{n/м_i}$ – ширина i -ої необрізної дошки, мм;

$S_{n/м}$ – товщина дошки, мм;

m – кількість однакових дощок.

$$S_{n/м} = S_{ном.} + \Delta_{фр.} + \Delta_{всих.}, \text{ мм} \quad (19)$$

де $S_{ном.}$ – номінальна товщина дощок, мм;

$\Delta_{фр.}$ – припуски на фрезерування дощок по товщині, мм;

$\Delta_{всих.}$ – припуски на всихання дощок по товщині, мм.

Номінальну товщину дощок визначають виходячи із заданої висоти перетину клеєного блоку-піварки ($h_{піварки}$) і кількості шарів у піварці (n):

$$S_{ном.} = \frac{h_{піварки}}{n}, \text{ мм} \quad (20)$$

Припуски на фрезерування та всихання знаходять у довідковій літературі [1, 6].

Значення припусків на фрезерування заготовок по товщині з двох сторін без попереднього фугування для поверхонь, що підлягають склеюванню в багатошарових клеєних конструкціях, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Припуски на фрезерування заготовок по товщині з двох сторін без попереднього фугування, мм [1]

Номінальна товщина, мм	Припуски при номінальній ширині, мм		
	до 95	95...195	понад 195
до 30	4	4,5	5
понад 30	5	5,5	6

Значення припусків на всихання дощок по товщині, мм, для різних порід деревини, залежно від кінцевої вологості наведено в таблиці 3.

Кількість дощок, що випилюються з одного сортименту рівна цілому значенню визначеного за формулою і заокругленому до меншого:

$$N = \frac{d_{сор.} - h_{пр.}}{S_{n/м} + h_{пр.}} \quad (21)$$

де $d_{сор.}$ – вершинний діаметр сортименту, мм;

$h_{пр.}$ – товщина пропилу, мм.

$$d_{сор.} = d_{необк.сор.} \cdot \left(1 - \frac{a + b \cdot d_{необк.сор.}^m}{100} \right), \text{ см} \quad (22)$$

Товщина пропилу приймається залежно від обладнання, яке використовується для поздовжнього розкрою (для стрічкопилкових верстатів $h_{пр.}=2,4$ мм).

При поздовжньому розкрої сортиментів отримують одну серцевинну або дві центральних та бокові дошки. Ширину необрізних дощок визначаємо по середині довжини та середині товщини дошки за формулою:

$$B_{n/м_i} = \sqrt{d_{сор.с.}^2 - A_i^2}, \text{ мм} \quad (23)$$

де $d_{сор.с.}$ – серединний діаметр сортименту, мм;

Таблиця 3

Припуски на всихання дощок по товщині та ширині, мм [6]

Номінальний розмір товщини чи ширини пилопродукції, мм	Порода деревини							
	ялина, сосна, ялиця, кедр		модрина		дуб, ясень, береза, клен, осика, тополя		бук, граб, ільм, липа	
	Кінцева вологість пилопродукції, %							
	11...13	20...22	11...13	20...22	11...13	20...22	11...13	20...22
13	0,7	0,5	0,9	0,7	–	–	–	–
16	0,9	0,6	1,2	0,8	0,9	0,6	1,3	0,8
19	1,0	0,6	1,3	0,8	1,1	0,7	1,5	0,9
22	1,1	0,7	1,4	0,9	1,2	0,8	1,8	1,1
25	1,2	0,8	1,4	1,0	1,4	0,9	2,0	1,2
28	1,4	0,9	1,8	1,2	1,6	1,0	2,3	1,4
32	1,5	1,0	1,9	1,3	1,8	1,1	2,6	1,6
35	–	–	–	–	2,0	1,2	2,8	1,7
40	1,7	1,2	2,2	1,6	2,3	1,4	3,2	2,0
45	2,0	1,4	2,6	1,8	2,6	1,5	3,6	2,2
50	2,2	1,5	2,9	2,0	2,9	1,8	4,0	2,5
55	2,4	1,7	3,1	2,2	3,2	1,9	4,4	2,7
60	2,6	1,8	3,4	2,3	3,5	2,2	4,8	2,9
65	2,8	1,9	3,6	2,5	3,7	2,3	5,2	3,2
70	3,0	2,1	3,9	2,7	4,0	2,5	5,6	3,4
75	3,3	2,3	4,3	3,0	4,3	2,6	6,0	3,7
80	3,5	2,4	4,6	3,1	4,6	2,8	6,4	3,9
85	3,7	2,6	4,8	3,4	–	–	–	–
90	3,9	2,7	5,1	3,5	5,2	3,1	7,3	4,4
95	4,1	2,7	5,3	3,5	–	–	–	–
100	4,2	2,8	5,5	3,6	5,7	3,5	8,1	4,9
110	4,6	3,0	6,0	3,9	6,3	3,8	8,9	5,4
120	5,1	3,3	6,6	4,3	6,9	4,0	9,7	5,8
130	5,4	3,6	7,0	4,7	7,5	4,5	10,5	6,4
140	5,8	3,8	7,5	4,9	8,0	4,9	11,3	6,9
150	5,9	3,9	7,7	5,1	8,7	5,3	12,1	7,4
160	6,2	4,1	8,1	5,3	9,2	5,6	12,9	7,8
170	6,7	4,4	8,7	5,7	9,8	5,9	13,7	8,3
180	7,0	4,5	9,1	5,9	10,3	6,3	14,5	8,8
190	7,3	4,7	9,5	6,1	10,9	6,7	15,3	9,3
200	7,8	4,9	10,1	6,4	11,5	7,0	16,1	9,8
210	8,1	5,2	10,5	6,8	12,1	7,3	16,9	10,2
220	8,5	5,4	11,1	7,0	12,7	7,6	17,7	10,8
230	8,9	5,7	11,6	7,4	13,2	8,0	18,6	11,3
240	9,3	5,9	12,1	7,7	13,8	8,4	19,3	11,8
250	9,7	6,2	12,6	8,1	14,4	8,7	20,1	12,3
260	9,9	6,4	12,9	8,3	15,0	9,1	20,9	12,7
270	10,1	6,5	13,1	8,5	15,5	9,5	21,8	13,2
280	10,5	6,6	13,7	8,8	16,1	9,8	22,5	13,6
290	10,7	6,9	13,9	9,0	16,7	10,1	23,4	14,2
300	10,9	7,1	14,2	9,2	17,3	10,5	24,1	14,7

A_i – відстань між двома симетричними дошками (по середині товщини), мм.

$$d_{cop.c.} = d_{необк.сop.c.} \cdot \left(1 - \frac{a + b \cdot d_{необк.сop.c.}^m}{100} \right), \text{ мм} \quad (24)$$

4.1.4. Втрати деревини в процентах при поздовжньому розкріі пиломатеріалів

Для отримання піварок необхідні обрізні пиломатеріали, які отримують при поздовжньому розкріі необрізних пиломатеріалів. Втрати сировини при цьому розраховують за формулою:

$$P_{позд.р.н/м} = \left(1 - \frac{V_{обр.н/м}}{V_{необр.н/м}} \right) \cdot 100, \% \quad (25)$$

де $V_{обр.н/м}$ – сумарний об'єм обрізних пиломатеріалів, м³.

Об'єм обрізних пиломатеріалів визначаємо за формулою:

$$V_{обр.н/м} = V_{гот.д.} + V_{вузьк.д.}, \text{ м}^3 \quad (26)$$

де $V_{гот.д.}$ і $V_{вузьк.д.}$ – сумарний об'єм готових (необхідної ширини) і вузьких дощок, м³.

Сумарний об'єм готових обрізних дощок становить:

$$V_{гот.д.} = k \cdot l_{н/м} \cdot B_{гот.д.} \cdot S_{н/м} \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 \quad (27)$$

де k – кількість готових дощок, що отримуються з колоди.

Сумарний об'єм вузьких обрізних дощок становить:

$$V_{вузьк.д.} = \sum_{i=1}^n V_{вузьк.д.i}, \text{ м}^3 \quad (28)$$

Об'єм кожної з вузьких дощок становить:

$$V_{вузьк.д.i} = l_{н/м} \cdot B_{вузьк.д.i} \cdot S_{н/м} \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 \quad (29)$$

Ширину дощок необхідних для формування конструкції арки визначаємо за формулою:

$$B_{гот.д.} = B_{ном.} + \Delta'_{фр.} + \Delta_{всих.}, \text{ мм} \quad (30)$$

де $B_{ном.}$ – номінальна ширина дощок (відповідає заданій ширині піварки), мм;

$\Delta'_{фр.}$ – припуски на фрезерування дощок по ширині (фрезерування готових піварок), мм;

$\Delta_{всих.}$ – припуски на всихання дощок по ширині, мм (табл. 3).

Обробку шарів по ширині виконують після склеювання їх у багатошарові елементи в межах припусків на їх фрезерування (табл. 4).

Таблиця 4

Припуски на фрезерування багатошарових елементів по ширині, мм,
з двох сторін після склеювання [1]

Ширина елемента, мм	Припуск, мм
до 150	15
понад 150	25

Кількість готових дощок і ширину вузьких дощок, що залишаються після повздовжнього розкрою необрізних пиломатеріалів визначаємо виходячи із максимальної ширини обрізної дошки, яку можна отримати. Таку ширину обрізної дошки визначаємо виходячи із вершинного діаметра сортименту за формулою:

$$B_i' = \sqrt{d_{сop.}^2 - A_i^2}, \text{ мм} \quad (31)$$

де $d_{сop.}$ – вершинний діаметр сортименту, мм;

A_i – відстань між двома симетричними дошками (по меншій за ширину пласті), мм.

Ширину вузьких дощок визначаємо за формулою:

$$B_{вужьк.д.i} = B_i' - m_i \cdot B_{зom.д.} - m_i \cdot h_{np.}, \text{ мм} \quad (32)$$

де m_i – кількість готових обрізних дощок отриманих при розкрої однієї необрізної дошки;

$h_{np.}$ – товщина пропилу, мм.

Товщина пропилу приймається залежно від обладнання, яке використовується для повздовжнього розкрою пиломатеріалів.

Вузькі дошки, ширина яких становить менше 20 мм йдуть у відходи, оскільки подальша переробка таких вузьких дощок практично неможлива.

4.1.5. Втрати на всихання в процентах при сушінні пиломатеріалів

Втрати сировини на всихання визначаємо виходячи із коефіцієнта об'ємного всихання пиломатеріалів ($K_{всих.}^V$), який приймаємо залежно від по-

роди деревини і кінцевої вологості пиломатеріалів ($W_{кін.}$) із довідкової літератури [6].

$$P_{всих.} = K_{всих.}^V \cdot (30 - W_{кін.}), \% \quad (33)$$

Значення коефіцієнтів всихання деревини для різних порід наведено в таблиці 5.

Таблиця 5

Коефіцієнти всихання деревини [7]

Порода деревини	Коефіцієнт всихання, % вологості		
	об'ємний	радіальний	тангентальний
ялина	0,43	0,16	0,28
сосна	0,44	0,17	0,28
ялиця	0,39	0,11	0,28
кедр	0,37	0,12	0,26
модрина	0,52	0,19	0,35
дуб	0,43	0,18	0,27
ясень	0,45	0,18	0,28
береза	0,54	0,26	0,31
клен	0,46	0,19	0,29
осика	0,41	0,14	0,28
бук	0,47	0,17	0,32

4.1.6 Втрати деревини в процентах при зрощуванні заготовок по ширині

Для збільшення виходу готової продукції доцільно вузькі дошки зрощувати по ширині для отримання пиломатеріалів необхідної ширини. Операція зрощування по ширині включає в себе операцію фрезерування крайок вузьких дощок і подальшого їх склеювання до необхідної ширини (ширини готових дощок).

Втрати на фрезерування крайок вузьких дощок визначаємо за формулою:

$$P_{зрощ. по шир.} = \left(1 - \frac{V_{фр.д.} + V_{зот.д.}}{V_{обр.н/м}} \right) \cdot 100, \% \quad (34)$$

де $V_{фр.д.}$ – сумарний об'єм фрезерованих вузьких дощок.

Сумарний об'єм фрезерованих дощок рівний:

$$V_{фр.д.} = \sum_{i=1}^n V_{фр.д.i}, \text{ м}^3 \quad (35)$$

Об'єм кожної i -ої фрезерованої дошки визначаємо за формулою:

$$V_{фр.д.i} = l_{n/м} \cdot B_{фр.д.i} \cdot S_{n/м} \cdot 10^{-6}, \text{ м}^3 \quad (36)$$

де $B_{фр.д.i}$ – ширина i -ої фрезерованої дошки, мм.

Ширину i -ої фрезерованої дошки визначаємо враховуючи припуски на фрезерування ($\Delta''_{фр.}$), які беруть із довідкової літератури [1]:

$$B_{фр.д.i} = B_{вузьк.д.i} - \Delta''_{фр.} - \Delta_{всих}, \text{ мм} \quad (37)$$

Крайки заготовок перед склеюванням по ширині на гладку фугу фрезерують в межах припусків, величина яких вказана в таблиці 6.

Таблиця 6

Припуски на фрезерування крайок заготовок з двох сторін, мм [1]

Номінальна ширина, мм	Припуски при товщині заготовок до 30 – понад 30 мм і довжині, мм		
	до 1600	1600...2400	понад 2400
до 95	5 – 5,5	7 – 7,5	8,5 – 9
95...195	5,5 – 6	7,5 – 8	9 – 10
понад 195	6 – 6,5	8 – 8,5	10,5 – 11

4.1.7 Втрати деревини в процентах на торцювання сухих пиломатеріалів (видалення дефектних місць)

Для забезпечення належної міцності (високої несучої здатності) клеєні конструкції виготовляють із пиломатеріалів високої якості, тому для підвищення їх сортності проводять видалення дефектних місць. Приймаємо, що із кожної дошки вирізають два дефектні місця по 20-30 мм.

Сумарна довжина торцьованої дошки буде становити:

$$l_{торц.д.} = l_{д.} - 2 \cdot (l_{деф.м.} + 2 \cdot h_{пр.}) \cdot 10^{-3}, \text{ м} \quad (38)$$

де $l_{д.}$ – довжина дошки до обробки, м;

$l_{деф.м.}$ – прийнята довжина дефектного місця, мм.

Втрати деревини на видалення дефектних місць будуть становити:

$$P_{\text{торц.д.}} = \left(1 - \frac{l_{\text{торц.д.}}}{l_{\text{д.}}} \right) \cdot 100, \% \quad (39)$$

4.1.8. Втрати деревини в процентах при зрощуванні заготовок по довжині

Для забезпечення необхідної довжини клесної конструкції – арки, необхідно проводити зрощування заготовок по довжині. Дана операція включає в себе фрезерування шипів, нанесення на них клею, пресування та розкрій на мірні заготовки необхідної довжини.

Розрахунок втрат на даному технологічному етапі є досить складним, наближено можна прийняти $P_{\text{зрощ.по довж.}} = 3\%$.

4.1.9. Втрати деревини в процентах при склеюванні піварок

Безпосередньо перед склеюванням заготовок по товщині необхідно провести фрезерування пластей готових дощок. Втрати деревини при цьому будуть становити:

$$P_{\text{зрощ.по товщ.}} = \left(1 - \frac{S_{\text{ном.}}}{S_{\text{ном.}} + \Delta_{\text{фр.}}} \right) \cdot 100, \% \quad (40)$$

4.1.10 Втрати деревини в процентах на фрезерування піварки

Для вирівнювання бокових поверхонь склеєних піварок проводять їх фрезерування. Втрати деревини при цьому розраховуються за формулою:

$$P_{\text{фр.піварок}} = \left(1 - \frac{B_{\text{ном.}}}{B_{\text{ном.}} + \Delta'_{\text{фр}}} \right) \cdot 100, \% \quad (41)$$

де $B_{\text{ном.}}$ – ширина готової піварки, мм;

$\Delta'_{\text{фр}}$ – припуски на фрезерування готових піварок, мм.

4.2 Розрахунок кількості (об'єму) сировини і напівфабрикатів на етапах технологічного процесу

Щоб розрахувати об'єми втрат сировини (втрати сировини в натуральному вираженні – в м³) на етапах технологічного процесу, необхідно визначити кількість сировини чи напівфабрикатів на кожному етапі техпроцесу.

Потрібну кількість сировини чи напівфабрикатів на етапах технологічного процесу визначають за заданим об'ємом продукції, яку необхідно виготовити (програмою цеху) – $Q_{\text{гот.піварок}}$ з врахуванням втрат на цих етапах.

4.2.1. Кількість нефрезерованих піварок

Для отримання заданої кількості готової продукції необхідно визначити об'єм нефрезерованих піварок з врахуванням втрат на їх фрезерування:

$$Q_{\text{н.піварок}} = \frac{Q_{\text{гот.піварок}}}{100 - P_{\text{фр.піварок}}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (42)$$

4.2.2. Кількість заготовок необхідних для склеювання піварок

Необхідна кількість заготовок для склеювання піварок визначається з врахуванням проценту втрат при склеюванні по товщині:

$$Q_{\text{скл.загот.}} = \frac{Q_{\text{н.піварок}}}{100 - P_{\text{зроц.по товщ.}}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (43)$$

4.2.3. Кількість напівфабрикатів у вигляді коротких заготовок (дошок), яка необхідна для зрощування заготовок по довжині

Потрібна кількість напівфабрикатів, що надходить на зрощування заготовок по довжині визначається з врахуванням втрат на цій операції:

$$Q_{\text{торц.д.}} = \frac{Q_{\text{скл.загот.}}}{100 - P_{\text{зроц.по довж.}}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (44)$$

4.2.4. Кількість дошок, що надходить на торцювання сухих пило-матеріалів (видалення дефектних місць)

Потрібну кількість дощок, що надходить на видалення дефектних місць визначають з врахуванням втрат на торцювання сухих пиломатеріалів:

$$Q_{\text{дощок}} = \frac{Q_{\text{торц.д.}}}{100 - P_{\text{торц.д.}}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (45)$$

4.2.5. Кількість вузьких дощок, що надходять на технологічну операцію зрощування заготовок по ширині

Кількість вузьких дощок, які поступають на технологічну операцію зрощування заготовок по ширині визначаємо з врахуванням втрат при фрезеруванні крайок:

$$Q_{\text{вузьк.д.}} = \frac{Q_{\text{дощок}} \cdot \omega_{\text{вузьк.д.}}}{100 - P_{\text{зрощув.по шир.}}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (46)$$

де $\omega_{\text{вузьк.д.}}$ – частка вузьких дощок в загальній кількості обрізних пиломатеріалів, %.

$$\omega_{\text{вузьк.д.}} = \frac{V_{\text{вузьк.д.}}}{V_{\text{обр.п/м}}} \cdot 100, \% \quad (47)$$

4.2.6. Кількість сухих пиломатеріалів

Кількість сухих пиломатеріалів, з яких виготовляють піварки складається із кількості готових обрізних і вузьких дощок:

$$Q_{\text{сух.п/м}} = Q_{\text{гот.д.}} + Q_{\text{вузьк.д.}}, \text{ м}^3 \quad (48)$$

де $Q_{\text{гот.д.}}$ – об'єм готових дощок (необхідної ширини), які отримуємо при поздовжньому розкрої пиломатеріалів, м^3 :

$$Q_{\text{гот.д.}} = Q_{\text{дощок}} \cdot \omega_{\text{гот.д.}}, \text{ м}^3 \quad (49)$$

де $\omega_{\text{гот.д.}}$ – частка готових дощок в загальній кількості обрізних пиломатеріалів.

$$\omega_{\text{гот.д.}} = \frac{V_{\text{гот.д.}}}{V_{\text{обр.п/м}}} \cdot 100, \% \quad (50)$$

4.2.7. Кількість обрізних пиломатеріалів

Необхідну кількість “сирих” обрізних пиломатеріалів що поступають на сушіння розраховуємо з врахуванням втрат на всихання:

$$Q_{обр.п/м} = \frac{Q_{сух.п/м}}{100 - P_{всих.}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (51)$$

4.2.8. Кількість необрізних пиломатеріалів

Кількість необрізних пиломатеріалів, яка потрібна для отримання обрізних пиломатеріалів визначається з врахуванням втрат при поздовжньому розкрої пиломатеріалів:

$$Q_{необр.п/м} = \frac{Q_{обр.п/м}}{100 - P_{позд.п/м}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (52)$$

4.2.9. Кількість сортиментів

Сировиною для отримання необрізних пиломатеріалів є круглі сортименти певної довжини. Їх необхідну кількість визначаємо враховуючи втрати при поздовжньому розкрої колод:

$$Q_{сор.} = \frac{Q_{необр.п/м}}{100 - P_{позд.п.сор.}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (53)$$

4.2.10. Кількість обкорених колод

Необхідна кількість обкорених колод, що поступають на операцію поперечного розкрою визначаємо з врахуванням втрат на операції торцювання:

$$Q_{обк.к.} = \frac{Q_{сор.}}{100 - P_{попер.п.к.}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (54)$$

4.2.11. Кількість необкорених колод

Загальну кількість деревинної сировини, необхідної для виготовлення заданої програми клеєних дерев'яних конструкцій визначаємо як:

$$Q_{необк.к.} = \frac{Q_{обк.к.}}{100 - P_{кори}} \cdot 100, \text{ м}^3 \quad (55)$$

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

Різниця об'ємів матеріалу, що поступає на оброблення та матеріалу, який отримується в результаті оброблення, і становить втрати деревини на етапах технологічного процесу виготовлення клеєних дерев'яних конструкцій.

4.3.1. Об'єм втрат деревини при обкоруванні

Втрати сировини при обкоруванні становлять:

$$q_{\text{кори}} = Q_{\text{необк.к.}} - Q_{\text{обк.к.}}, \text{ м}^3 \quad (56)$$

4.3.2. Об'єм втрат деревини при поперечному розкрої сировини

Втрати деревини при поперечному розкрої сировини складають:

$$q_{\text{попер.р.к.}} = Q_{\text{обк.к.}} - Q_{\text{сор.}}, \text{ м}^3 \quad (57)$$

4.3.3. Об'єм втрат деревини при поздовжньому розкрої сортиментів

Втрати сировини при поздовжньому розкрої сортиментів на необрізні пиломатеріали розраховують за формулою:

$$q_{\text{позд.р.сор.}} = Q_{\text{сор.}} - Q_{\text{необр.п/м}}, \text{ м}^3 \quad (58)$$

4.3.4. Об'єм втрат деревини при поздовжньому розкрої пиломатеріалів

Втрати сировини при поздовжньому розкрої необрізних пиломатеріалів складають:

$$q_{\text{позд.р.п/м}} = Q_{\text{необр.п/м}} - Q_{\text{обр.п/м}}, \text{ м}^3 \quad (59)$$

4.3.5. Об'єм втрат на всихання при сушінні пиломатеріалів

Втрати сировини на всихання при сушінні пиломатеріалів становлять:

$$q_{\text{всих.}} = Q_{\text{обр.п/м}} - Q_{\text{сух.п/м}}, \text{ м}^3 \quad (60)$$

4.3.6 Об'єм втрат деревини при зрощуванні заготовок по ширині

Втрати деревини на фрезерування крайок вузьких дощок визначаємо за формулою:

$$q_{\text{зрощ.пошир.}} = Q_{\text{сух.н/м}} - Q_{\text{дощок}}, \text{ м}^3 \quad (61)$$

4.3.7. Об'єм втрат сировини на торцювання сухих пиломатеріалів (видалення дефектних місць)

Втрати деревини на видалення дефектних місць будуть становити:

$$q_{\text{торц.д.}} = Q_{\text{дощок.}} - Q_{\text{торц.д.}}, \text{ м}^3 \quad (62)$$

4.3.8. Об'єм втрат деревини при зрощуванні заготовок по довжині

Втрати сировини при зрощуванні заготовок по довжині розраховуємо за формулою:

$$q_{\text{зрощ.по довж.}} = Q_{\text{торц.д.}} - Q_{\text{скл.загот.}}, \text{ м}^3 \quad (63)$$

4.3.9. Об'єм втрат деревини при склеюванні піварок

Втрати сировини на фрезерування пластей готових дощок будуть становити:

$$q_{\text{зрощ.по товщ.}} = Q_{\text{скл.загот.}} - Q_{\text{н.піварок}}, \text{ м}^3 \quad (64)$$

4.3.10. Об'єм втрат деревини на фрезерування піварок

Втрати деревини при фрезеруванні піварок становлять:

$$q_{\text{фр.піварок}} = Q_{\text{н.піварок.}} - Q_{\text{гот.піварок}}, \text{ м}^3 \quad (65)$$

Для наочності результати проведених розрахунків зводять у таблицю, тобто складають відомість використання сировини (табл 7).

Відомість використання сировини

№ п/п	Етап технологічного процесу	Кількість сировини і матеріалу на етапі, м^3	Кількість втрат і відходів	
			%	м^3
1	Обкорування колод	$Q_{\text{необк.к.}}$	$P_{\text{кори}}$	$q_{\text{кори}}$
2	Поперечний розкрій колод	$Q_{\text{обк.к.}}$	$P_{\text{попер.р.к.}}$	$q_{\text{попер.р.к.}}$
3	Поздовжній розкрій сортиментів	$Q_{\text{сор.}}$	$P_{\text{позд.р.сор.}}$	$q_{\text{позд.р.сор.}}$
4	Поздовжній розкрій п/м	$Q_{\text{необр.п/м}}$	$P_{\text{позд.р.п/м}}$	$q_{\text{позд.р.п/м}}$
5	Сушіння п/м	$Q_{\text{обр.п/м}}$	$P_{\text{всих.}}$	$q_{\text{всих.}}$
6	Зрощування заготовок по ширині	$Q_{\text{вузък.д.}}$	$P_{\text{зрощ.по шир.}}$	$q_{\text{зрощ.по шир.}}$
7	Торцювання п/м (видалення дефектних місць)	$Q_{\text{доцок}}$	$P_{\text{торц.д.}}$	$q_{\text{торц.д.}}$
8	Зрощування заготовок по довжині	$Q_{\text{торц.д.}}$	$P_{\text{зрощ.по довж.}}$	$q_{\text{зрощ.по довж.}}$
9	Склеювання піварок	$Q_{\text{скл.загот.}}$	$P_{\text{зрощ.по товщ.}}$	$q_{\text{зрощ.по товщ.}}$
10	Фрезерування піварок	$Q_{\text{піварок}}$	$P_{\text{фр.піварок}}$	$q_{\text{фр.піварок}}$
11	Здача на склад	$Q_{\text{гот.піварок}}$	—	—

4.4. Розрахунок втрат сировини від об'єму колоди

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

4.4.1. Втрати деревини в процентах при обкоруванні від об'єму колоди

Втрати сировини при обкоруванні ($P_{кори.}$) в процентах не вимагають перерахунку, тому що вони розраховані від об'єму колоди.

$$a_{кори} = P_{кори}, \% \quad (66)$$

4.4.2. Втрати деревини в процентах при поперечному розкрії сировини від об'єму колоди

Втрати деревини при поперечному розкрії сировини складають $P_{попер.р.к.}$ від об'єму обкореної колоди. Дані втрати від об'єму колоди розраховуються за формулою:

$$a_{попер.р.к.} = (100 - a_{кори}) \cdot \frac{P_{попер.р.к.}}{100}, \% \quad (67)$$

4.4.3. Втрати деревини в процентах при поздовжньому розкрії сортиментів від об'єму колоди

Втрати сировини при поздовжньому розкрії сортиментів на необрізні пиломатеріали від об'єму колоди розраховують за формулою:

$$a_{позд.р.к.} = (100 - a_{кори} - a_{попер.р.к.}) \cdot \frac{P_{позд.р.к.}}{100}, \% \quad (68)$$

4.4.4. Втрати деревини в процентах при поздовжньому розкрії пиломатеріалів від об'єму колоди

Втрати сировини при поздовжньому розкрії необрізних пиломатеріалів від об'єму колоди розраховують за формулою:

$$a_{\text{позд.р.н/м}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}}) \cdot \frac{P_{\text{позд.р.н/м}}}{100}, \% \quad (69)$$

4.4.5. Втрати на всихання в процентах при сушінні пиломатеріалів від об'єму колоди

Втрати сировини на всихання при сушінні пиломатеріалів від об'єму колоди становлять:

$$a_{\text{всих.}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.н/м}}) \cdot \frac{P_{\text{всих.}}}{100}, \% \quad (70)$$

4.4.6. Втрати деревини в процентах при зрощуванні заготовок по ширині від об'єму колоди

Втрати деревини на фрезерування крайок вузьких дощок від об'єму колоди визначаємо за формулою:

$$a_{\text{зрощ. по шир.}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.н/м}} - a_{\text{всих.}}) \cdot \frac{P_{\text{зрощ. по шир.}}}{100}, \% \quad (71)$$

4.4.7. Втрати сировини в процентах на торцювання сухих пиломатеріалів (видалення дефектних місць) від об'єму колоди

Втрати деревини на видалення дефектних місць від об'єму колоди будуть становити:

$$a_{\text{торц.д.}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.н/м}} - a_{\text{всих.}} - a_{\text{зрощ. по шир.}}) \cdot \frac{P_{\text{торц.д.}}}{100}, \% \quad (72)$$

4.4.8. Втрати деревини в процентах при зрощуванні заготовок по довжині від об'єму колоди

Втрати сировини при зрощуванні заготовок по довжині від об'єму колоди розраховуємо за формулою:

$$a_{\text{зрощ. по довж.}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.н/м}} - a_{\text{всих.}} - a_{\text{зрощ. по шир.}} - a_{\text{торц.д.}}) \cdot \frac{P_{\text{зрощ. по довж.}}}{100}, \% \quad (73)$$

4.4.9. Втрати деревини в процентах при зрощуванні заготовок по товщині (склеюванні піварок) від об'єму колоди

Втрати сировини на фрезерування пластей готових дощок від об'єму колоди будуть становити:

$$a_{\text{зрощ. по товщ.}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.п/м}} - a_{\text{всих.}} - a_{\text{зрощ. по шир.}} - a_{\text{торц.д.}} - a_{\text{зрощ. по довж}}) \cdot \frac{P_{\text{зрощ. по товщ.}}}{100}, \% \quad (74)$$

4.4.10. Втрати деревини в процентах на фрезерування піварок від об'єму колоди

Втрати деревини при фрезеруванні піварок від об'єму колоди становлять:

$$a_{\text{фр.піварок}} = (100 - a_{\text{кори}} - a_{\text{попер.р.к.}} - a_{\text{позд.р.к.}} - a_{\text{позд.р.п/м}} - a_{\text{всих.}} - a_{\text{зрощ. по шир.}} - a_{\text{торц.д.}} - a_{\text{зрощ. по довж}} - a_{\text{зрощ. по товщ}}) \cdot \frac{P_{\text{фр.піварок}}}{100}, \% \quad (75)$$

4.5. Розрахунок корисного виходу клеєних піварок та питомої витрати сировини. Баланс сировини до об'єму колоди

Аналіз роботи цеху може проводитися за економічними показниками: корисним виходом продукції у відсотках до об'єму колоди і питомою витратою сировини (м^3 сировини на 1 м^3 готової продукції).

Якщо від об'єму колоди прийнятого за 100% відняти всі втрати деревини, віднесені до його об'єму, можна встановити корисний вихід клеєних піварок:

$$B_{\text{піварок}} = 100 - \sum a_i = 100 - (a_{\text{кори}} + a_{\text{попер.р.к.}} + a_{\text{позд.р.к.}} + a_{\text{позд.р.п/м}} + a_{\text{всих.}} + a_{\text{зрощ. по шир.}} + a_{\text{торц.д.}} + a_{\text{зрощ. по довж}} + a_{\text{зрощ. по товщ}} + a_{\text{фр.піварок}}, \% \quad (76)$$

Корисний вихід готової продукції може бути розрахований і як відношення отриманого об'єму готових піварок до об'єму колод, необхідних для їх виготовлення:

$$B_{\text{піварок}} = \frac{Q_{\text{гот.піварок}}}{Q_{\text{необк.к.}}} \cdot 100, \% \quad (77)$$

Питома витрата сировини в колодах на 1 м³ виготовлених клеєних піварок визначається за формулою:

$$R_{\text{кол.}} = \frac{Q_{\text{необк.к.}}}{Q_{\text{гот.піварок}}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (78)$$

Результати розрахунків зводять в таблицю, яку на виробництві прийнято називати “Баланс сировини” (табл. 8).

Таблиця 8

Баланс сировини

№ п/п	Найменування готової продукції і втрат та відходів деревини	Кількість готової продукції і втрат до об'єму колоди	
		%	м ³
1	Клеєні піварки	$B_{\text{піварок}}$	$Q_{\text{гот.піварок}}$
2	Втрати при фрезеруванні піварок	$a_{\text{фр.піварок}}$	$q_{\text{фр.піварок}}$
3	Втрати при склеюванні піварок	$a_{\text{зроц.по товщ.}}$	$q_{\text{зроц.по товщ.}}$
4	Втрати при зрощуванні заготовок по довжині	$a_{\text{зроц.по довж.}}$	$q_{\text{зроц.по довж.}}$
5	Втрати при торцюванні п/м (видалення дефектних місць)	$a_{\text{торц.д.}}$	$q_{\text{торц.д.}}$
6	Втрати при зрощуванні заготовок по ширині	$a_{\text{зроц.по шир.}}$	$q_{\text{зроц.по шир.}}$
7	Втрати при сушінні п/м	$a_{\text{всих.}}$	$q_{\text{всих.}}$
8	Втрати при поздовжньому розкрої п/м	$a_{\text{позд.р.п/м}}$	$q_{\text{позд.р.п/м}}$
9	Втрати при поздовжньому розкрої сортиментів	$a_{\text{позд.р.к.}}$	$q_{\text{позд.р.к.}}$
10	Втрати при поперечному розкрої колод	$a_{\text{попер.р.к.}}$	$q_{\text{попер.р.к.}}$
11	Втрати при обкоруванні	$a_{\text{кори}}$	$q_{\text{кори}}$
Разом		100	$Q_{\text{обк.к.}}$

5. Розрахунок клейових матеріалів

При розрахунку потреб у клейових матеріалах розрізняють два види витрат:

– технологічну, тобто витрату клею, що наноситься між поверхнями шарів дощок конструкції для отримання заданої міцності КДК;

– виробничу, тобто фактичну витрату клею на одиницю готової продукції; окрім кількості клею, що наноситься на поверхню дощок, вона включає і виробничі втрати, що мають місце на різних ділянках виробництва.

У виробництві клеєних дерев'яних конструкцій та інших подібних матеріалів витрата клею обчислюється в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Технологічну витрату робочого розчину клею розраховують за формулою:

$$Q_{\text{т.к.}} = \frac{q_n \cdot (n-1)}{H}, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (79)$$

де q_n – питома витрата клею, $\text{г}/\text{м}^2$;

n – кількість шарів у піварці;

H – висота клеєного блоку-піварки, мм.

Щоб забезпечити необхідну кількість клею на задану програму виготовлення клеєних блоків-піварок, потрібно попередньо знати питому витрату клею у $\text{г}/\text{м}^2$.

Величина питомої витрати клею не може бути встановлена однаково для всіх випадків склеювання. Вона залежить від багатьох факторів: породи деревини, вологості і ступеня обробки поверхні деревини, розмірів заготовок, що склеюються, виду з'єднання, властивостей клею, способу і режимів його нанесення, способу склеювання, тривалості збирання і запресування тощо. Тому в кожному конкретному випадку витрату клею встановлюють з врахуванням вказаних факторів. Досвід склеювання показує, що питома витрата клею при нанесенні його на одну поверхню коливається в межах від 200 до 300 $\text{г}/\text{м}^2$, а при нанесенні на обидві поверхні, що склеюються питома витрата клею може сягати до 600 $\text{г}/\text{м}^2$.

На відміну від технологічної витрати при розрахунку виробничої враховуються всі можливі втрати клею як при його приготуванні, так і при використанні.

Виробничу витрату робочого розчину клею ($Q_{\text{в.к.}}$) на виготовлення 1 м^3 готової КДК розраховують за формулою:

$$Q_{в.к.} = Q_{т.к.} \cdot K_{фр.} \cdot K_{т.} \cdot K_{в.ц.}, \text{ кг/м}^3 \quad (80)$$

де $Q_{т.к.}$ – технологічна витрата клею, кг/м³;

$K_{фр.}$ – коефіцієнт, який враховує втрати клею при фрезеруванні склеєних багат шарових елементів (конструкцій) по ширині;

$K_{т.}$ – коефіцієнт, який враховує технологічні втрати клею, що складають: 1,02...1,05;

$K_{в.ц.}$ – внутрішньоцехові втрати: 1,01...1,02.

Коефіцієнт, який враховує втрати клею при фрезеруванні склеєних багат шарових елементів по ширині при виготовленні блоку-піварки розраховується за формулою:

$$K_{фр.} = \frac{F_{фр.піварок}}{F_{піварок}}, \quad (81)$$

де $F_{фр.піварок}$ – площа блоку-піварки до фрезерування бокових поверхонь, мм;

$F_{піварок}$ – площа готового блоку-піварки, мм.

Загальна потреба в робочому розчині клею для виконання програми ($Q_{рiчн.к.}$) визначається за формулою:

$$Q_{рiчн.к.} = Q_{в.к.} \cdot Q_{зот.піварок} \cdot 10^{-3}, \text{ т} \quad (82)$$

Для розрахунку потреб кожного інгредієнту клею, необхідно мати повний рецепт клею, в якому доза кожного інгредієнту вказується в частинах маси або відсотках, наприклад:

Рецепт клею:	мас. ч.
Смола СФЖ-3016	100
Затверджувач 20%-ний розчин бензолсульфо кислоти	12
Разом:	112

Кількість затверджувача на 100 мас.ч. смоли буде залежати від виду смоли і виду затверджувача (табл. 9).

Згідно рецепту клею в мас. ч. розраховуємо потребу в кожному інгредієнті у тонах чи кілограмах.

Необхідна кількість робочого розчину затверджувача ($Q_{р.р.з.}$) певної концентрації розраховується за формулою:

$$Q_{р.р.з.} = \frac{Q_{з.} \cdot 100}{K_{р.р.з.}}, \text{ т (кг)} \quad (83)$$

де $Q_з.$ – кількість затверджувача, т (кг);

$K_{р.р.з.}$ – концентрація робочого розчину затверджувача, %.

Якщо згідно рецепту використовується затверджувач певної концентрації, то кількість затверджувача розраховується за формулою:

$$Q_з. = \frac{Q_{р.р.з.} \cdot K_{р.р.з.}}{100}, \text{ т (кг)} \quad (84)$$

Необхідна кількість води ($Q_в.$) для приготування робочого розчину затверджувача складає:

$$Q_в. = Q_{р.р.з.} - Q_з., \text{ т (кг)} \quad (85)$$

Таблиця 9

Кількість затверджувача у клеї при виготовленні КДК [1]

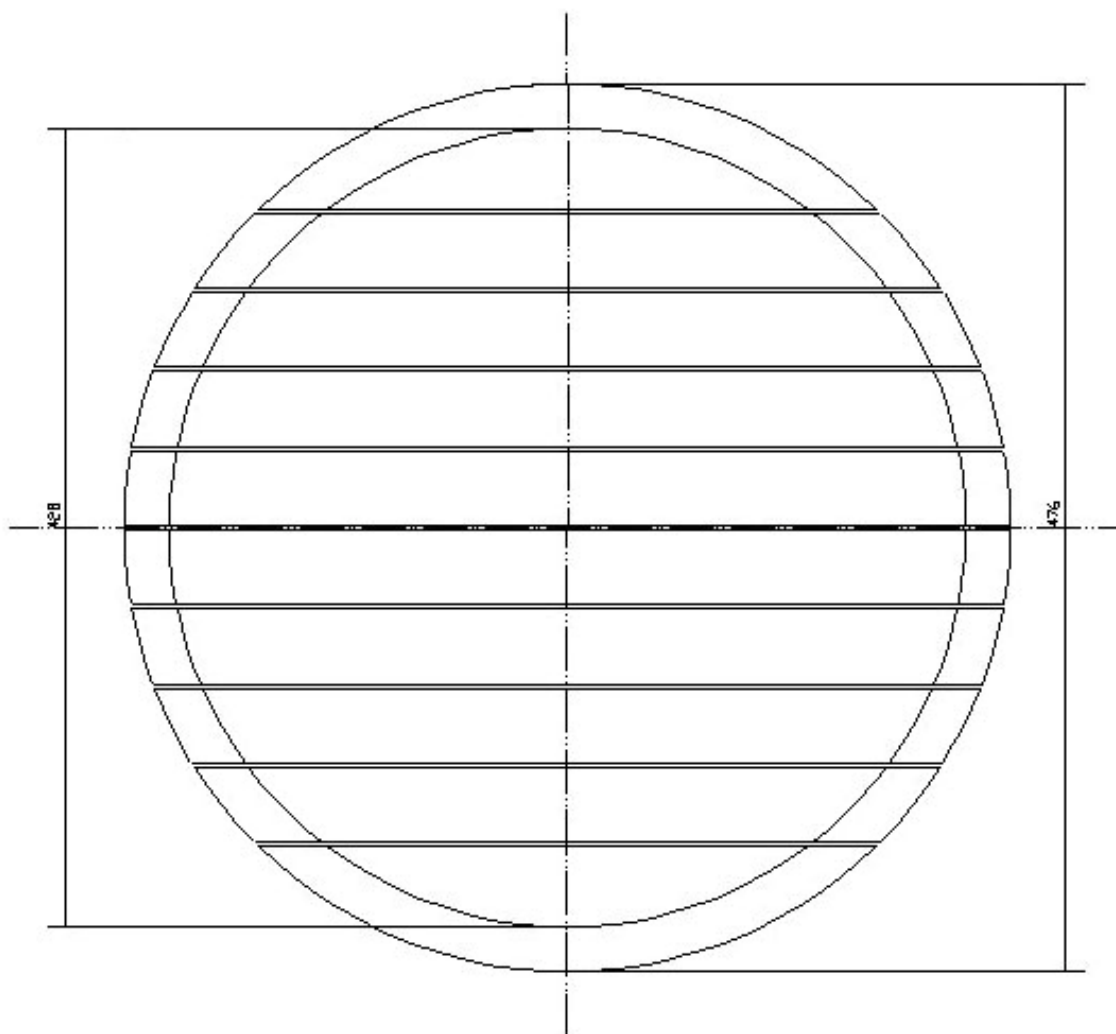
Тип клею	Марка клею	Слад клею		
		Вид смоли	Затверджувач	
			Вид	Кількість мас.ч. на 100 мас. ч. смоли
Резорциновий	ФР-12	ФР-12	Параформальдегід у суміші з деревинним борошном (постачається у готовому вигляді в комплекті із смолою)	10-13
Фенольно-резорциновий	ФРФ-50	ФРФ-50		
Алкілрезорциновий	ФР-100	ФР-100		
Фенольно-алкілрезорциновий	ДФК-14Р	ДФК-14Р		
Фенольноформальдегідний	КБ-3	СФЖ-3016	Гасовий контакт Петрова або β -сульфо кислота нафталіну технічна (20%-ний розчин), бензолсульфо кислота (20%-ний розчин)	18-25
				12
Карбамідоформальдегідні	КФ-Ж	КФ-Ж	Щавлева кислота (10%-ний розчин) або хлористий амоній при склеюванні з нагрівом	10-15
	КФ-БЖ	КФ-БЖ		0,5-1
Епоксидні	ЕПЦ-1	К-115 або ЕД-20	Поліетилен-поліамін або складні аміни	15
				18-20

Література

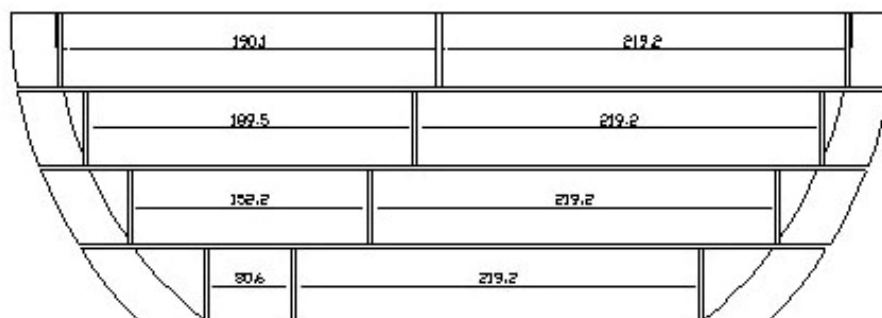
1. Ковальчук Л. М. Производство деревянных клееных конструкций. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 248 с.
2. Хрулев В. М. Производство конструкций из дерева и пластмасс: Учебн. пособие. Изд. 2-е, перераб. и дополн. – М.: Высшая школа, 1989. – 239 с.
3. Иванов В.А., Клименко В.З. Конструкции из дерева и пластмасс. – Киев: Вища школа, 1983. – 279 с.
4. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции: Справочник. – М.: Высшая школа, 1990. – 495 с.
5. Песоцкий А.Н. Лесопильное производство. Изд. 4-е, перераб. и дополн. – М.: Лесн. пром-сть, 1970. – 432 с.
6. Справочник по сушке древесины/под ред. Е. С. Богданова. – М: Лесн. пром-ть, 1990. – 304 с.
7. Уголев Б.Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 368 с.

Додаток

Схеми розкрою колоди
на обрізні пиломатеріали
(приклад)



1 етап: розкрій колоди на необрізні пиломатеріали



2 етап: розкрій необрізних пиломатеріалів на обрізні

Підп. до друку 07.12.2010. Формат 60×84/16.

Ум. др. арк. 2,5. Тираж 50 прим. Зам. 80.

Видавець: РВЦ НЛТУ України

