

нячному сушінні на пиломатеріалах виявлено специфічні плями, появу яких можна пояснити, по-перше, конденсацією води на поверхні матеріалу при щоденному нагріванні, коли температура деревини є нижчою температури мокрого термометра; при цьому фарбуючі дубильні речовини розчиняються водою і виносяться на поверхню. По-друге, окислення хімічно активних дубильних речовин на пластах і кромках виражається у специфічних концентричних колах на поверхні матеріалу. І нарешті, температура як один з фундаментальних чинників інтенсифікує процеси окислення і дифузії забарвлюючих речовин на поверхні матеріалу, оскільки критичною щодо зміни природного кольору деревини дуба є температура 24...27 °C [4].

Варто відзначити, що виявлені плями в жодному разі не знижують якості висушеного матеріалу, оскільки мають тільки поверхневий характер, що в будь-якому випадку усувається під час вторинної механічної обробки.

4. Висновки. Із аналізу результатів проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. загальний час сушіння дубових пиломатеріалів у сонячній сушарці в наших кліматичних умовах є значно коротший, ніж при атмосферному сушінні;
2. при сонячному сушінні можливо досягти значно нижчої кінцевої вологості матеріалу, ніж при атмосферному;
3. хід параметрів середовища при сонячному сушінні принципово відображає хід режимних параметрів при камерному сушінні – ріст температури та зниження відносної вологості повітря при висиханні матеріалу;
4. при сонячному сушінні практично відсутнє розтріскування матеріалу на відміну від мало керованого атмосферного способу;
5. виявлені поверхневі плями не знижують якості матеріалу порівняно з атмосферним способом та сушінням у конвективних сушарках;
6. отримані результати експериментальних досліджень є коректними і можуть бути використані для перевірки адекватності математичних моделей процесу сонячного сушіння пиломатеріалів.

Література

1. **Мацьків А.І.** Використання сонячної енергії для сушіння деревини// Наук. вісник УкрДЛТУ: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2002, вип. 12.5. – С. 115-118.
2. **Гвоздяк Р.И., Гордиенко М.И., Гойчук А.Ф.** Дуб черешчатый в Украине. – К.: Наук. думка, 1993. – 222 с.
3. **Руководящие** технические материалы по технологии камерной сушки древесины. Архангельськ, 1985. – 143 с.
4. **Rech H., Hansmann C., Pokorny M.** The colour of wood from white oak// Forschung-Verwertung. – 2000, № 1. – S. 13-15.

УДК 674.815

Доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук – УкрДЛТУ

РОЗРАХУНОК ПРОДУКТИВНОСТІ РОБОТИ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО РОЗКРІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

Пропонується методика визначення продуктивності роботи розкрійного обладнання, яка базується на врахуванні показників ефективності отриманого оптималь-

ного плану розкрою, дає змогу більш точно виконувати проектні чи перевірні розрахунки. Наведено методику визначення тривалості робочого циклу і виконання операцій процесу основного розкрою ПДМ на заготовки для кутових двопилкових установок, призначеної для обчислення продуктивності роботи основного обладнання.

Doc. Yu.I. Gryciuk – USUFWT

Calculation of performance productivity for specialized cutting equipment

The procedure is presented for determining of performance productivity for cutting equipment, that is based on tanning into account the effectiveness indicators for optimal cutting plan, yielding more precise planning or verifying calculations. The procedure is presented for determining of duration for working cycle and execution of process operations for main cutting of PWM into blanks for angle two-saw plants. At is used for calculations of performance productivity for main equipment.

За останні десятиліття важливим напрямком науково-технічного прогресу у сфері розкрою плитних деревних матеріалів (ПДМ) став перехід від створення і реалізації окремих видів розкрійного обладнання до розроблення та широкого впровадження у виробництво систем і комплексів автоматизованого та автоматичного устаткування на базі верстатів з комп'ютерним управлінням. Використання таких автоматичних ліній і комплексних систем розкрою дає змогу автоматизувати не тільки основні операції розкрою, але й завантажувальні, передавальні та розвантажувальні операції, тобто вони максимально скорочують частку ручної праці та участь людини в управлінні ТП розкрою ПДМ на меблевій заготовці.

Досвід закордонних фірм [1, 6, 7], пов'язаний зі створенням і впровадженням у виробництво гнучких автоматичних ліній чи систем розкрою, свідчить про те, що вони забезпечують не тільки значне підвищення продуктивності праці, але й значно зменшують собівартість процесу виготовлення продукції. Більшість зразків такого обладнання побудовані за модульним принципом, тобто дають змогу замовнику компонувати структуру пилкових установок, базувальних столів чи передавальних пристроїв залежно від необхідної йому продуктивності, що уможливорює економію чималих матеріальних і фінансових ресурсів.

Однак для того, щоби зрозуміти основні принципи компонування сучасного високопродуктивного розкрійного обладнання, необхідно, перш за все, розглянути загальні підходи щодо визначення продуктивності роботи розкрійного обладнання, загальної тривалості робочого циклу процесів основного і додаткового розкрою, тривалостей виконання операцій процесу розкрою.

Знання продуктивності роботи автоматичних ліній дає змогу здійснити: розрахунок проектної потужності обладнання на етапі проектування процесу виготовлення меблевих заготовок з ПДМ, а також перевірний розрахунок продуктивності лінії – в процесі її експлуатації; поділ лінії на структурні компоненти; вибір концептуальної схеми роботи лінії та компонування оптимальної структури її пилкових установок; вибір раціональних типів передавальних пристроїв між окремими пилковими установками лінії; вибір оптимальних ширин базувальних і приймальних столів чи довжин передаваль-

них пристроїв між пиловими установками; вибір систем керування завантажувальними і розвантажувальними установками, передавальними пристроями і пиловими установками та інші.

1. Визначення продуктивності роботи розкрійних автоматичних ліній

Розрахунок продуктивності роботи сучасного обладнання для розкрою ПДМ на заготовки за існуючими методиками [2, 8] виконується для обґрунтування вибору того чи іншого його типу і зводиться до малоефективних наближених обчислень. В процесі експлуатації розкрійного обладнання робиться тільки експериментальна оцінка міри його завантаження. При цьому ефективність використання робочого часу ζ_p береться з таблиць, де його визначено дослідним шляхом залежно від середньої кількості та тривалості переналагоджень і перенастроювань обладнання, середньої тривалості його обслуговування, а також тривалості випадкових перерв, які виникають у процесі роботи. Зрозуміло, що значення цієї ефективності здебільшого не відповідає хронології процесу реальної роботи сучасного розкрійного обладнання.

Продуктивність роботи розкрійних автоматичних ліній визначається через обсяг заготовок (шт., m^2 або m^3), отриманих за одиницю часу (хв., годину або зміну), і вимірюється в різних одиницях (наприклад, шт./хв., $m^2/\text{год.}$ або $m^3/\text{зміну}$). За основу розрахунку приймається **ритм роботи автоматичної лінії** – це усереднений проміжок часу, протягом якого на лінії розрізається одна закладка плит. Однак таке твердження стосується тільки ліній розкрою, в яких відбувається одночасно поздовжнє відрізання смуг і поперечне розрізання їх на заготовки (наприклад, ліній фірми Schwabedissen). Для Г-подібних кутових установок (наприклад, лінії фірми Holzma, AnThon чи Giben) під ритмом роботи лінії розуміється усереднений проміжок часу, який дорівнює максимальному значенню між тривалостями процесів поздовжнього відрізання смуг і поперечного розкроювання їх на заготовки.

Фактична продуктивність роботи автоматичної лінії з врахуванням різних простоїв визначається за допомогою безрозмірного **коефіцієнта використання лінії** $\zeta_{\text{л}}$, який дорівнює відношенню часу безперебійної роботи лінії за деякий період до загального часу роботи і тривалості простоїв, $m^3/\text{год.}$:

$$P_{\text{ф}}^{\text{ал}} = \frac{60 \cdot \sum Q}{R} \cdot \zeta_{\text{л}}, \quad (1)$$

де: $\sum Q$ – усереднений обсяг заготовок, який отримуються з однієї закладки плит, m^2 ; R – усереднений ритм роботи автоматичної лінії, хв. Для підвищення ефективності використання лінії $\zeta_{\text{л}}$ необхідно впроваджувати заходи стосовно скорочення витрат часу, які умовно поділяються на такі три групи: технічні, організаційні та регламентовані.

Технічні витрати як прямо, так і опосередковано пов'язані з режимом роботи лінії – налагодженням, настроюванням і поточним доглядом за механічною, електричною, електронною та іншими системами, змащуванням

рухомих елементів агрегатів, заміною різальних інструментів, усуненням різного роду неполадок і т.д. Відсутність розкроюваного матеріалу, карт їх розкрою, складських приміщень для зберігання заготовок, різального інструменту, стиснутого повітря – ці та інші прості лінії належать до **організаційних витрат**, які викликані зовнішніми чинниками, в основному культурою організації виробництва. До **регламентованих витрат** належать прості лінії, пов'язані з відпочинком операторів, обідньою перервою і доглядом за робочим місцем.

Витрат першої групи уникнути практично неможливо, однак їх необхідно зменшувати, використовуючи сучасні засоби автоматизованого обслуговування ліній, підвищуючи при цьому кваліфікацію обслуговуючого персоналу. Витрати другої групи можуть бути повністю усунуті відповідними організаційними заходами. Витрати третьої групи усуваються шляхом впровадження динамічних перерв для обслуговуючого персоналу лінії. Однак це можливе тільки у тому випадку, коли кваліфікація допоміжних робітників наблизиться до кваліфікації оператора лінії. Впровадження сучасних пневматичних засобів прибирання дає змогу значно зменшити тривалості догляду за робочим місцем.

Таким чином, згідно з нашими дослідженнями, для автоматичних ліній розкрою ПДМ на заготовки загальну ефективність їх використання $\zeta_{\text{л}}$ можна визначити за такою формулою:

$$\zeta_{\text{л}} = 1 - \sum_{i=1}^7 \zeta_i, \quad (2)$$

де ζ_i – часткові ефективності витрат часу на:

- налагодження лінії, $\zeta_1 = 0.12 \div 0.16$;
- настроювання лінії, $\zeta_2 = 0.10 \div 0.13$;
- поточний догляд за системами лінії, $\zeta_3 = 0.03 \div 0.06$;
- догляд за різальним інструментом, $\zeta_4 = 0.02 \div 0.05$;
- усунення неполадок, пов'язаних з браком, $\zeta_5 = 0.05 \div 0.10$;
- прості з організаційних причин, $\zeta_6 = 0.01 \div 0.03$;
- відпочинок і догляд за робочим місцем, $\zeta_7 = 0.02 \div 0.04$.

З урахуванням наведених меж значень часткових ефективностей витрат часу загальна ефективність використання автоматичних ліній розкрою $\zeta_{\text{л}}$ може становити:

$$\zeta_{\text{л}} = 1 - (0.38 \div 0.63) = 0.65 \div 0.42.$$

На продуктивність роботи автоматичних ліній розкрою істотно впливають структура пилкових установок і принцип роботи лінії. Під **структурою пилкових установок** треба розуміти перелік і кількість поздовжніх і поперечних пилкових супортів, які забезпечують реалізацію сформованих карт розкрою ПДМ на заготовки. **Принцип роботи лінії** розкрою залежить від технологічної схеми розкрою закладки плит, визначається видом завантажувально-розвантажувальних установок, можливостями передавальних і транспортних механізмів між пилковими установками, наявністю проміжних столів для накопичення відрізанних частин матеріалу, залежить від поділу лінії на

окремі елементи. Раціональна, а краще всього оптимальна технологічна схема розкрою закладки плит повинна забезпечувати найменшу довжину шляху переміщення всього матеріалу, його частин або відрізнаних смуг і найменшу кількість їх перебезувань. Кращий варіант структури пилових установок лінії розкрою визначається в результаті техніко-економічних порівнянь [3, 5], а оптимізується за критеріями мінімальної вартості виготовлення обладнання, включаючи і витрати на пошукові та проектно-конструкторські роботи, мінімальну собівартість процесу виготовлення меблевих заготовок і максимальну її продуктивність. Дотримання цих умов сприяє підвищенню надійності роботи лінії та її ефективної експлуатації.

Принцип роботи будь-якої автоматичної лінії для розкрою ПДМ на заготовки, наприклад, кутових двопилкових верстатів-автоматів і їх модифікацій, є однаковим, тому зупинимося на лінії італійського виробництва "GibenImpianti". Всі операції переміщення, базування та розкрою на цій лінії виконуються паралельно, тобто, суміщені в часі. На прикладі цього обладнання покажемо загальний підхід щодо визначення його продуктивності роботи та тривалості робочого циклу процесу розкрою стосовно карт розкрою різної базової конфігурації.

Змінну продуктивність роботи лінії розкрою пропонується визначати за дещо уточненою формулою (1), яка охоплює декілька критеріїв оптимізації, а також пов'язує параметри ефективності отриманого плану розкрою з продуктивністю роботи обладнання, $m^2/зміну$.

$$P_{зм}^{ал} = \frac{T_{зм} \cdot 60 \cdot \eta^0 \cdot S_y^m \cdot K_b^y}{R} \cdot \zeta_{л}, \quad (3)$$

де: $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год.; η^0 – кількість одиниць матеріалу, яка входить в одну закладку плит, шт.; S_y^m – усереднений обсяг одиниці розкроюваного матеріалу, m^2 ; K_b^y – усереднена ефективність використання розкроюваного матеріалу; R – усереднений ритм роботи автоматичної лінії, хв.

У знаменнику формули (3) використовується такий показник як усереднений ритм роботи лінії, який з врахуванням оптимального плану розкрою дорівнює усередненій тривалості робочого циклу процесу розкрою однієї закладки плит $R = T_y^{оч}$. Однак для його визначення необхідно, перш за все, знати загальну тривалість робочого циклу процесу розкрою t_{jk}^0 однієї закладки ПДМ і загальну тривалість процесу настроювання h_{jk}^0 основного обладнання для розкроювання плит j -го типорозміру за k -ою картою.

Тривалість процесу настроювання сучасних кутових двопилкових установок переважно становить декілька хвилин, якщо кожна нова карта розкрою вводиться щоразу з клавіатури панелі управління або декілька секунд, якщо всі карти введено зразу і вони зберігаються у пам'яті ЕОМ. Для іншого обладнання, наприклад, лінії МРП на базі ЦТМФ, як показують дослідження [4, 9], цей процес займає значно більше часу, а конкретні значення можна ви-

значити за допомогою хронометражу. У будь-якому з випадків оператор обладнання на початку процесу розкрою партії плит за новою картою здійснює контроль точності розмірів отриманих смуг, заготовок чи деталей. А тривалість такого контролю залежить тільки від складності самої карти розкрою, точності механічного позиціювання пилкових супортів, стану фізичного зношення обладнання та кваліфікації контролюючого. Зменшення витрат часу на налаштування обладнання та на контроль отриманих розмірів частин матеріалу можна домогтися шляхом оптимізації черговості реалізації карт розкрою протягом зміни за умови забезпечення виконання планової потреби у заготовках.

2. Визначення тривалості робочого циклу процесу основного розкрою

Оскільки розкрій ПДМ є одним з етапів ТП виготовлення меблевої продукції, то йдеться про самостійний і завершений виробничий цикл стадії розкрою, який складається з циклу обробки і позациклових перерв. Цикл обробки ще називають робочим циклом процесу розкрою, який протягом деякого планового періоду може характеризувати увесь *отриманий план розкрою*, а протягом певного проміжку часу – *розкрій деякої закладки плит*.

Кожному робочому циклу, що характеризує оптимальний план розкрою, відповідає графік реалізації розкрійних карт, а також властива структура виконуваних операцій і певна тривалість кожної зокрема. Графік реалізації карт розкрою призначений для дотримання строків виконання замовлення та забезпечення плану постачання меблевих заготовок замовнику. Під структурою циклу розуміється перелік основних і допоміжних операцій, необхідних для виготовлення заготовок, а також співвідношення витрат часу на їх виконання, включаючи всі перерви. Під тривалістю робочого циклу процесу розкрою закладки плит розуміють час, протягом якого ПДМ підлягають розкрою з моменту їх завантаження у технологічне обладнання до моменту розвантаження окремих частин матеріалу, готових заготовок чи деталей.

Робочий цикл процесу розкрою $\Sigma t_{\text{ц}}$ складається з часу на виконання основних Σt_0 і допоміжних Σt_d операцій, визначається у хвилинах. Технологічних перерв під час розкроювання ПДМ немає, а всі інші витрати часу враховуються через ефективність використання машинного ζ_m і робочого часу ζ_p будь-якого розкрійного верстата, або через загальну ефективність використання лінії $\zeta_{\text{л}}$. Для різних типів розкрійного обладнання тривалості виконання основних і допоміжних операцій переважно є різними, беруться з технічної характеристики обладнання.

У процесі розрахунку будь-якої тривалості робочого циклу процесу розкрою доцільно застосувати концепцію про абстрактні частини матеріалу (АЧМ). Будемо вважати, що індекс $h = 1$ вказує на всю плиту або її основну частину, індекс $h = 2$ – на її головну частину, а кількість АЧМ у даному випадку буде дорівнювати двом ($H_{jk}^{\text{ач}} = 2$).

Стосовно *оптимального плану розкрою*, то загальна тривалість робочого циклу $t_{jk}^{3п}$ процесу основного розкрою матеріалу j -го типорозміру за k -ою картою можна визначити за допомогою такого співвідношення, хв.:

$$t_{jk}^{3п} = h_{jk}^0 \cdot \lambda_{jk}^0 + t_{jk}^0 \cdot \begin{cases} \eta_{jk}^{3п}, & \text{якщо } \eta_{jk}^{3п} \cdot \eta^0 = x_{jk}; \\ (\eta_{jk}^{3п} + 1) - & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \quad (4)$$

де: η^0 – кількість плит в одній закладці, шт.; λ_{jk}^0 – кількість перенастроювань основного обладнання у процесі розкроювання матеріалу j -го типорозміру за k -ою картою; $\eta_{jk}^{3п} = \text{round}(x_{jk} / \eta^0)$ – кількість закладок плит j -го типорозміру, які необхідно розкроїти за k -ою картою; *round()* – функція, яка округлює отриманий результат розрахунку до більшого цілого числа.

Стосовно *розкроювання деякої закладки плит*, то для основного обладнання зі всіма прохідними операціями у випадку *послідовного розкрою* головної та основної частин плити тривалість робочого циклу $t_{jk}^{\Sigma 0} = t_{jk}^0$ процесу основного розкрою матеріалу j -го типорозміру за k -ою картою можна визначити за допомогою такого співвідношення, хв.:

$$t_{jk}^0 = t^{3п} + t^{пм} + \gamma_{jk} \cdot (t_{jk}^{гп} + 2 \cdot t_{jk}^{пм} + t_{jk}^{гч} + \Sigma t_{2jk}^{пп} + \Sigma t_{2jk}^{п3}) + \Sigma t_{1jk}^{пп} + \Sigma t_{1jk}^{п3}, \quad (5)$$

а у випадку паралельного розкрою головної та основної частин плити – за допомогою такого співвідношення, хв.:

$$t_{jk}^0 = t^{3п} + t^{пм} + \max \{ t_{jk}^{гп} + 2 \cdot t_{jk}^{пм} + t_{jk}^{гч} + \Sigma t_{2jk}^{пп} + \Sigma t_{2jk}^{п3}; \Sigma t_{1jk}^{пп} + \Sigma t_{1jk}^{п3} \}, \quad (6)$$

де: $t^{3п}$ – тривалість процесу завантаження однієї закладки плит; $t^{пм}$ – тривалість переміщення і позиціювання закладки плит; $\gamma_{jk} = \{0, 1\}$ – ознака розкрою всієї плити $\{0\}$ чи її головної та основної частин $\{1\}$; $t_{jk}^{гп}$ – тривалість робочого циклу процесу виконання головного пропилю; $t_{jk}^{пм}$ – тривалість подачі всієї закладки плит назад; $t_{jk}^{гч}$ – тривалість повороту головної частини плити; $\Sigma t_{2jk}^{пп}$, $\Sigma t_{1jk}^{пп}$ – відповідно тривалості робочих циклів процесів розкрою головної та основної частин плити; $\Sigma t_{2jk}^{п3}$, $\Sigma t_{1jk}^{п3}$ – відповідно тривалості розвантаження заготовок, отриманих після розкрою головної та основної частин плити.

Співвідношення (5) враховує ситуацію послідовного розкрою як всієї плити через ознаку $\gamma_{jk} = 0$, так і її головної та основної частин ($\gamma_{jk} = 1$). Також у цьому виразі враховується випадок, коли на розкрійному обладнанні після проведення головного пропилю здійснюється подача всього матеріалу назад для виконання поздовжнього розкроювання спочатку головної частини плити, а потім – подача матеріалу вперед для виконання знову ж таки поздовжнього розкроювання основної частини плити. Окрім того, враховується випадок повороту головної частини плити на 90° , якщо орієнтація смуг здійснюється впоперек плити. Якщо ж після виконання головного пропилю не відбу-

вається подача всього матеріалу назад і не повертається головна частина плити, то відповідні показники у (5) і (6) набувають нульових значень, тобто вони не враховуються.

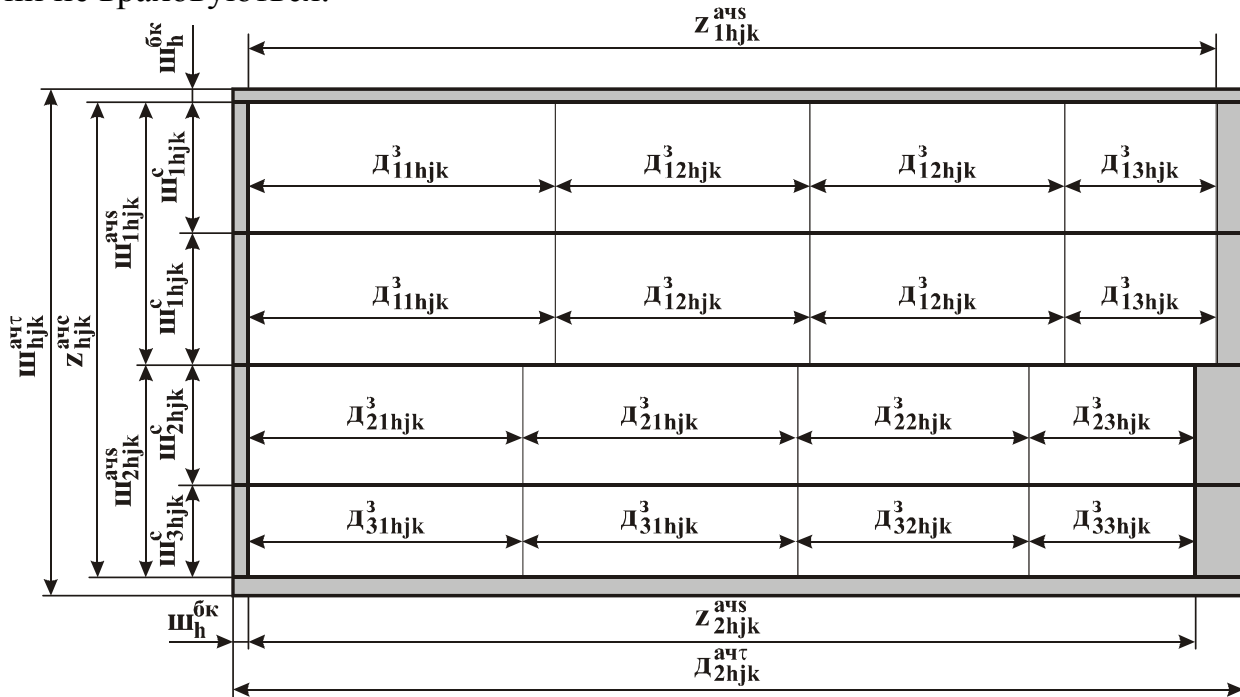


Рис. 1. Схема позначень лінійних розмірів елементів h -ї АЧМ

Під час розкроювання всієї плити чи головної та основної її частин спочатку відбувається відрізання смуг – усіх разом чи групами кожної з "сіток", а потім усі смуги чи групи смуг однієї "сітки" розрізаються на заготовки. У будь-якому з випадків під час визначення тривалості робочого циклу процесу розкрою Σt_{hjk}^{np} приймається більше значення між часом на виконання поздовжнього $\Sigma t_{hjk}^{позд}$ і поперечного $\Sigma t_{hjk}^{попер}$ розкроїв, хв.:

$$\overline{\Sigma T_{jk}^{np}} = \left\{ \Sigma t_{hjk}^{np} = \max \left\{ \Sigma t_{hjk}^{позд}; \Sigma t_{hjk}^{попер} \right\}, h = \overline{1, H_{jk}^{ач}} \right\}. \quad (7)$$

Для обчислення тривалостей робочих циклів процесів основного поздовжнього і поперечного розкроювання h -ї АЧМ, тобто головної чи основної частин плити, необхідно визначити ще такі додаткові показники (рис. 1 і 2):

- загальна кількість смуг у h -ій АЧМ, шт.:

$$\overline{H_{jk}^{ачс}} = \left\{ \eta_{hjk}^{ачс} = \sum_{q=1}^{M^c} p_{qhjk}^c, h = \overline{1, H_{jk}^{ач}} \right\}; \quad (8)$$

- частка заповненої смугами ширини h -ї АЧМ від робочої ширини плити j -го типорозміру:

$$\overline{\chi_{jk}^{ачс}} = \left\{ \chi_{hjk}^{ачс} = \frac{Z_{hjk}^{ачс}}{\overline{\chi_{hjk}^{ачс}} - \overline{\chi_h^{бк}}}, h = \overline{1, H_{jk}^{ач}} \right\}; \quad (9)$$

- загальна кількість "сіток" у h -ій АЧМ, шт.:

$$\overline{H_{jk}^{ачс}} = \left\{ \eta_{hjk}^{ачс} = f[\overline{P_{hjk}^3}], h = \overline{1, H_{jk}^{ач}} \right\}; \quad (10)$$

- загальна ширина групи смуг у s -ій "сітці" h -ої АЧМ, мм:

$$\overline{\overline{\mathbf{W}}}_{jk}^{acs} = \left\{ \overline{\mathbf{W}}_{hjk}^{acs} = \left\{ \mathbf{w}_{shjk}^{acs} = f[\overline{\mathbf{P}}_{hjk}^3], s = \overline{1}, \eta_{hjk}^{acs} \right\}, h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac} \right\}; \quad (11)$$

- загальна кількість заготовок у q -ій смузі h -ої АЧМ, шт.:

$$\overline{\overline{\mathbf{H}}}_{jk}^{ac3} = \left\{ \overline{\mathbf{H}}_{hjk}^{ac3} = \left\{ \eta_{qhjk}^{ac3} = \sum_{g=1}^{m_q^3} \mathbf{p}_{qghjk}^3, q = \overline{1}, \mathbf{M}^c \right\}, h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac} \right\}; \quad (12)$$

- загальна кількість заготовок, розміщених вздовж смуг s -ої "сітки" h -ої АЧМ, шт.:

$$\overline{\overline{\mathbf{H}}}_{jk}^{acs} = \left\{ \overline{\mathbf{H}}_{hjk}^{acs} = \left\{ \eta_{shjk}^{acs} = f[\overline{\mathbf{P}}_{hjk}^3; \overline{\mathbf{H}}_{hjk}^{ac3}], s = \overline{1}, \eta_{hjk}^{acs} \right\}, h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac} \right\}; \quad (13)$$

- заповнення заготовками довжини смуг s -ої "сітки" у h -ій АЧМ, мм:

$$\overline{\overline{\mathbf{Z}}}_{jk}^{acs} = \left\{ \overline{\mathbf{Z}}_{hjk}^{acs} = \left\{ \mathbf{z}_{shjk}^{acs} = f[\overline{\mathbf{P}}_{hjk}^3; \overline{\mathbf{Z}}_{hjk}^{ac3}], s = \overline{1}, \eta_{hjk}^{acs} \right\}, h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac} \right\}; \quad (14)$$

- частка заповненої заготовками довжини смуги s -ої "сітки" у h -ій АЧМ від робочої довжини матеріалу j -го типорозміру, розкритого за k -ою картою:

$$\overline{\overline{\mathbf{C}}}_{hjk}^{ac3} = \left\{ \mathbf{c}_{shjk}^{ac3} = \frac{\mathbf{z}_{shjk}^{ac3}}{\mathbf{L}_{hjk}^{ac3} - \mathbf{w}_h^{bk}}, s = \overline{1}, \eta_{hjk}^{acs} \right\}, h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac}. \quad (15)$$

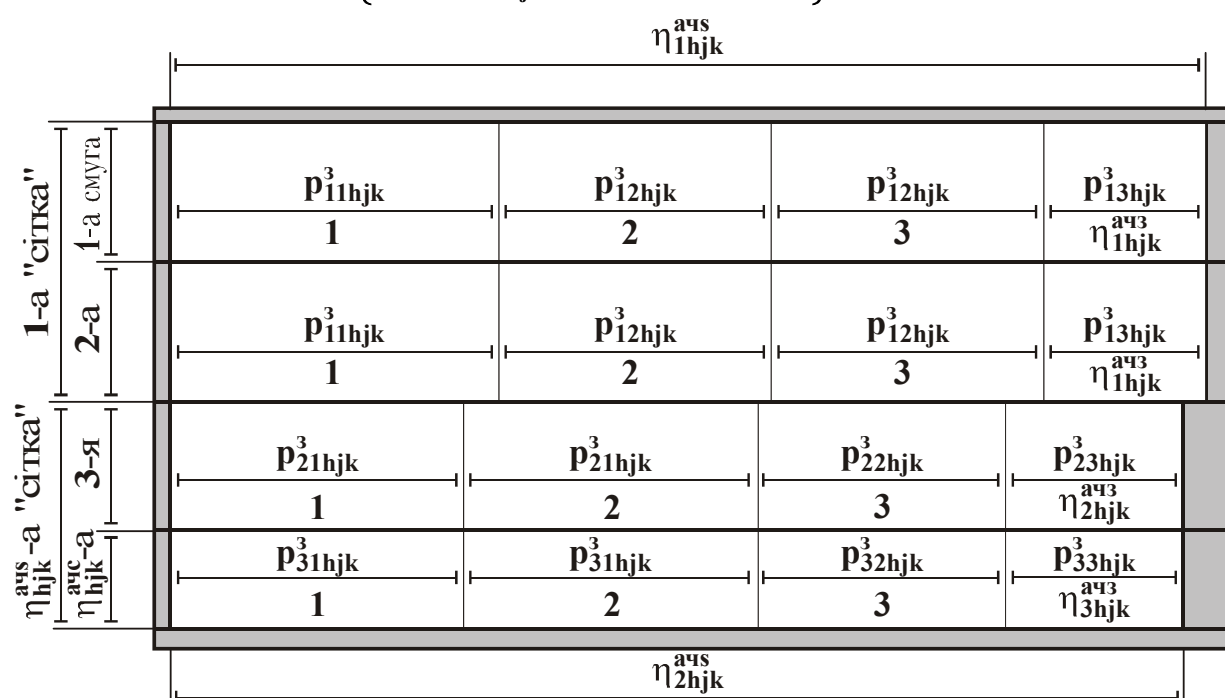


Рис. 2. Схема позначень кількісних показників у h -ій АЧМ

У виразі (10) загальну кількість "сіток" у h -ій АЧМ можна визначити за допомогою такої циклічної процедури, шт.:

$$\eta_{hjk}^{acs} = 1; \left(\eta_{hjk}^{acs} = \begin{cases} \eta_{hjk}^{acs}, & \text{якщо } \overline{\mathbf{P}}_{qhjk}^3 = \overline{\mathbf{P}}_{q+1,hjk}^3, \\ \eta_{hjk}^{acs} + 1 - \text{в іншому випадку,} \end{cases} q = \overline{1}, \mathbf{M}^c - 1 \right), h = \overline{1}, \mathbf{H}_{jk}^{ac}. \quad (16)$$

Вважається, що перед початком розрахунку є тільки одна "сітка". Потім у циклі порівнюються повторюваності заготовок, які є у попередній смузі.

зі, з наступною: у випадку відповідності кількість "сіток" залишається попередньою, інакше – збільшується на одиницю і т.д.

У виразі (11) загальну ширину групи смуг у s -ій "сітці" h -ої АЧМ можна визначити за допомогою такої циклічної процедури, мм:

$$s = 1;$$

$$\left(\begin{array}{l} s = \begin{cases} s + 1 \\ \mathbf{w}_{shjk}^{acs} = \mathbf{w}_{qbjk}^c \cdot \mathbf{p}_{qbjk}^c \end{cases}, \text{ якщо } \overline{\mathbf{p}_{qbjk}^3} \neq \overline{\mathbf{p}_{q-1,h,j,k}^3}, \\ \mathbf{w}_{shjk}^{acs} + \mathbf{w}_{qbjk}^c \cdot \mathbf{p}_{qbjk}^c - \text{в іншому випадку,} \end{array} \right), q = \overline{2, M^c}, h = \overline{1, H_{jk}^{ac}}. \quad (17)$$

Вважається, що перед початком циклу розрахунку є тільки одна "сітка", ширина якої дорівнює ширині 1-ої смуги. Потім у циклі порівнюються повторюваності наступної смуги з попередньою: у випадку невідповідності збільшується кількість "сіток", а її ширина дорівнює ширині поточної смуги, у випадку відповідності – збільшується ширина "сітки" на ширину поточної смуги і т.д.

У виразі (13) загальну кількість заготовок, розміщених вздовж смуг s -ої "сітки" h -ої АЧМ, а також заповнення заготовками довжин смуг цієї "сітки" (14) визначається за допомогою такої циклічної процедури, шт., мм:

$$s = 1; \eta_{shjk}^{acs} = \eta_{lshjk}^{acz}; z_{shjk}^{acs} = z_{lshjk}^{acz};$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{якщо } \overline{\mathbf{p}_{qbjk}^3} \neq \overline{\mathbf{p}_{q-1,h,j,k}^3}, \text{ то } \left(\begin{array}{l} s = s + 1; \\ \eta_{shjk}^{acs} = \eta_{qbjk}^{acz}; \\ z_{shjk}^{acs} = z_{qbjk}^{acz}; \end{array} \right), q = \overline{2, M^c}, h = \overline{1, H_{jk}^{ac}}. \end{array} \right). \quad (18)$$

Вважається, що перед початком розрахунку є тільки одна "сітка", кількість розміщених заготовок вздовж смуг якої дорівнює кількості заготовок у 1-ій смузі, а заповнення її довжини заготовками дорівнює заповненню довжини 1-ої смуги. Потім у циклі порівнюються повторюваності наступної смуги з попередньою: у випадку невідповідності збільшується кількість "сіток", кількість заготовок у смугах якої дорівнює кількості заготовок поточної смуги, а заповнення довжини смуг цієї "сітки" заготовками дорівнює заповненню довжини поточної смуги і т.д.

З урахуванням показників (8)-(15) тривалість робочого циклу процесу *основного поздовжнього розкроювання* h -ої АЧМ буде визначатися за такою формулою, хв.:

$$\overline{\Sigma T_{jk}^{позд}} = \left\{ \Sigma t_{shjk}^{позд} = (\eta_{shjk}^{acs} + 1) \cdot t_{shjk}^{cm} + \eta_{shjk}^{acs} \cdot t_{shjk}^{mnp} + \eta_{shjk}^{acs} \cdot t_{shjk}^{znc}, h = \overline{1, H_{jk}^{ac}} \right\}, \quad (19)$$

а *основного поперечного розкроювання* h -ої АЧМ – матиме такий вигляд, хв.:

$$\overline{\Sigma T_{jk}^{попер}} = \left\{ \Sigma t_{shjk}^{попер} = \sum_{s=1}^{\eta_{shjk}^{acs}} (\eta_{shjk}^{acs} + 1) \cdot t_{shjk}^{za} + \sum_{s=1}^{\eta_{shjk}^{acs}} \eta_{shjk}^{acz} \cdot t_{shjk}^{mnp} + \eta_{shjk}^{acs} \cdot t_{shjk}^{znc}, h = \overline{1, H_{jk}^{ac}} \right\}, \quad (20)$$

- де: $\overline{T_{jk}^{cm}} = \{t_{hjk}^{cm} = f[d_{hjk}^{act}; h^{np}; t^{pi}], h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість робочого циклу процесу поздовжнього відрізання смуг у h -ій АЧМ, хв.;
- $\overline{T_{jk}^{za}} = \{T_{hjk}^{za} = \{t_{shjk}^{za} = f[w_{shjk}^{acs}; h^{np}; t^{pi}], s = 1, \overline{\eta_{hjk}^{acs}}\}, h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість робочого циклу процесу поперечного розкроювання смуг s -ої "сітки" на заготовки, отриманих з h -ої АЧМ, хв.;
 - $\overline{T_{jk}^{shp}} = \{t_{hjk}^{shp} = f[w_{hjk}^{act}], h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість робочого ходу поперечного штовхача при переміщенні закладки плит h -ої АЧМ для відрізання смуг, хв.;
 - $\overline{T_{jk}^{shp3}} = \{t_{hjk}^{shp3} = f[d_{hjk}^{act}], h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість робочого ходу поздовжнього штовхача при переміщенні усіх смуг h -ої АЧМ для відрізання заготовок, хв.;
 - $\overline{T_{jk}^{znc}} = \{T_{hjk}^{znc} = \{t_{shjk}^{znc} = f[w_{shjk}^{act}], s = 1, \overline{\eta_{hjk}^{acs}}\}, h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість процесу звільнення стола від групи смуг s -ої "сітки" h -ої АЧМ після поздовжнього розкроювання закладки плит, хв.
 - $\overline{T_{jk}^{znp}} = \{T_{hjk}^{znp} = \{t_{shjk}^{znp} = f[d_{hjk}^{act}], s = 1, \overline{\eta_{hjk}^{acs}}\}, h = 1, \overline{H_{jk}^{ac}}\}$ – тривалість процесу звільнення стола від заготовок, отриманих зі смуг s -ої "сітки" h -ої АЧМ після поперечного розкрою, хв.

У виразі (19) і (20) запис $+1$ у дужках означає, що для відрізання, наприклад, трьох смуг потрібно чотири пропили, бо один пропил використовується для надання базових кромek. Необхідно також зазначити, що тривалості робочих ходів поздовжнього чи поперечного пилкових супортів є різними, у загальному випадку залежать від величини пройденого шляху (довжини d_{hjk}^{act} чи ширини w_{hjk}^{act}), висоти пропилу h^{np} та тривалості роботи (міри затуплення) різального інструменту t^{pi} . Тривалості не робочих (зворотних) ходів пилкових супортів переважно залежать тільки від пройденого шляху. Необхідно також зазначити, що у деякому сучасному розкрійному обладнанні зворотний хід будь-якого пилкового супорта в рахунок не береться, оскільки після виконання робочого ходу він опускається вниз і на зворотному шляху рухається під столом, водночас піднімається притискна балка і розкроюваний матеріал рухається вперед для виконання нового пропилу. У такому випадку до уваги береться тільки робочий хід пилкового супорта.

Відношення заповнення смугами ширини АЧМ до її робочої ширини або заповнення довжини смуги заготовками до її робочої довжини використовується під час визначення тривалості робочого ходу відповідно поздовжнього і поперечного штовхачів. Якщо ж ширина чи довжина АЧМ повністю не використовується, то здійснюється переміщення відповідних штовхачів тільки на зайняті частини матеріалу. Невикористані залишки АЧМ зіштовхуються зі стола на транспортер наступною закладкою плит.

Наведена вище методика є придатною для розрахунку тривалостей робочих циклів процесів поздовжнього і поперечного розкроювання всієї плити або її головної та основної частин на Г-подібних двопилкових кутових установках. Вона також може використовуватися і для іншого обладнання, наприклад, фірми "Schwabedissen" з верхнім розміщенням пилкових супортів і відповідним переміщенням столів-кареток, а також з деяким уточненням

для багатопилкових верстатів-автоматів фірми "AnThon" з одноразовими операціями поздовжнього і поперечного розкрою.

Висновки

1. Виявлено, що на продуктивність роботи автоматичних ліній розкрою в основному впливає її структура пилкових установок, яка визначається переліком і кількістю поздовжніх і поперечних пилкових супортів, що забезпечують реалізацію сформованих карт розкрою ПДМ на заготовки. З'ясовано, що важливий вплив на продуктивність роботи розкрійного обладнання має принцип роботи лінії, який визначається наявністю проміжних столів – буферних накопичувачів, які дають змогу паралельно виконувати поздовжні та поперечні пропили, зменшуючи при цьому майже удвічі тривалість робочого циклу процесу розкрою однієї закладки плит.

2. Встановлено, що тривалість робочого циклу процесу основного розкрою протягом деякого планового періоду може характеризувати увесь *отриманий план розкрою*, а протягом деякого проміжку часу – *розкрій деякої закладки плит*. Кожному робочому циклу процесу розкрою, що характеризує оптимальний план розкрою, відповідає графік реалізації карт розкрою, а також властива структура виконуваних операцій і певна тривалість кожної зокрема. Графік реалізації карт розкрою призначений для дотримання строків і забезпечення плану постачання меблевих заготовок замовнику. Під структурою циклу треба розуміти перелік основних і допоміжних операцій, необхідних для виготовлення заготовок, а також співвідношення витрат часу на їх виконання, включаючи всі перерви. Під тривалістю робочого циклу процесу розкрою закладки плит розуміють час, протягом якого ПДМ підлягають розкрою з моменту їх завантаження у технологічне обладнання до моменту розвантаження окремих частин матеріалу, готових заготовок чи деталей.

Література

1. Германское оборудование для деревообработки. Каталог справочник. – FG Holz, 1998. – 210 с.
2. Деревообрабатывающее оборудование. Каталог. – М.: ВНИИПИЭНлеспром. – 1991, т.1. – 204 с.
3. Дудюк Д.Л., Загвойська Л.Д., Максимів В.М., Сорока Л.Я. Елементи теорії автоматичних ліній: Навч. посібник. – Київ-Львів: ІМЗН, 1998. – 192 с.
4. Козлов Г.И. Оптимизация раскроя листовых древесных материалов. Дис. канд. техн. наук. – М.: МЛТИ, 1986. – 169 с.
5. Максимів В.М. Методи обґрунтування ефективних варіантів ліній меблевого виробництва/ Дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.07. – Львів: УкрДЛТУ. – 1999. – 380 с.
6. Проспекти фірми "GibenImpianti", Італія. – 1996, 2000.
7. Проспекти фірми "Schwabedissen", ФРН. – 1998, 2000, 2001.
8. Тарасенко В.М., Вихрева В.В. Оборудование мебельного производства. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 304 с.
9. Тихомиров Б.И. Разработка и внедрение на предприятиях оптимального раскроя материалов. Автореф. канд. экон. наук. – М. – 1967. – 23 с.

(Продовження буде)