

можна буде зробити висновки щодо доцільності питання розміщення вентилятора в мережі.

Література

1. Козориз Г.Ф. Пневматический транспорт деревообрабатывающих предприятий. – М.: Машиностроение, 1968. – 122 с.
2. Ляшеник А.В. Обґрунтування параметрів фільтрувального циклона для очищення аспіраційного повітря від деревного пилу/ Дис.... канд. техн. наук: 05.05.07. – Львів: НЛТУ У, 2005.
3. Ляшеник В.Й. Енергоощадна аспірація: коломийський варіант// Всеукраїнська газета. Деревообробник, № 6-05. – С. 7.
4. Калинушкин М.П. Насосы и вентиляторы. – М.: Высш. шк., 1987, 176 с.
5. Кононенко В.А., Климаш Р.Ф., Ляшеник А.В., Ляшеник В.Й. Проблемы аспирации и газоочистки// Вісник інж. акад. України. – 1996, № 1. – С. 18-21.
6. Московко В.М. Центробежные вентиляторы. – М.: Машиностроение, 1975, 416 с.
7. ГОСТ 12.3.018-79. Методы аэродинамических испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1981, 10 с.

УДК 684.4.05

Доц. Ю.І. Грицюк, канд. техн. наук – НЛТУ України

ДИНАМІЧНЕ ПРОГРАМУВАННЯ У ЗАДАЧІ ГІЛЬЙОТИННОГО РОЗКРОЮ

Розглянуто можливість застосування динамічного програмування у задачі гільйотинного розкрою. Практичне використання оптимальних карт розкрою плити на меблевій заготовці дає змогу у декілька разів зменшити відходи порівняно з тими, які утворюються під час її розкроювання за простими картами, а також уможливорює істотне збільшення ефективності використання розкроюваного матеріалу під час виготовлення меблевих заготовок.

Doc. Yu.I. Gryciuk – NUFWT of Ukraine

In the task of guillotine cut out the dynamic programming

Possibility of application of the dynamic programming is considered in the task of guillotine cut out. Practical use of optimum cards I will cut out flags on the furnitures purveyances enables in a few times to decrease wastes comparatively with those which appear during its cutting out after simple cards, and also does possible the substantial increase of efficiency of the use of the cut material out during making of furnitures purveyances.

В умовах серійного виробництва часто прямокутні заготовки можна отримати шляхом гільйотинного розкрою плит: спочатку їх розрізають на смуги однакової ширини, яка дорівнює одному з розмірів заготовки, а потім ці смуги розрізають на заготовки чи готові деталі [3, ст. 490].

Схема розкрою плити на смуги може бути поздовжньою, поперечною і комбінованою [4, ст. 82]. Перша передбачає відрізання від плити тільки поздовжніх смуг, довжина яких дорівнює довжині плити. Поперечною називають схему розкрою плити на смуги довжиною, яка дорівнює ширині плити. При комбінованому розкроюванні від плити відрізають смуги, орієнтація яких може бути як вздовж, так і впоперек неї. Лінія відрізання будь-якої смуги повинна бути наскрізною – від одного краю плити до іншого. Ця ознака, яка достеменно характеризує схему гільйотинного розкрою, є важливою під час побудови математичної моделі процесу розкрою плити на однакові прямокутні заготовки.

Зазвичай, розміри заготовок не завжди є кратними до розмірів плити, тому при поздовжньому або поперечному розкроюванні утворюються відходи як при відрізання смуг від плити, так і при їх розрізанні на заготовки чи готові деталі. Важливо визначити таку послідовність відрізання поздовжніх і поперечних смуг від плити, яка б забезпечила отримання найбільшої кількості заготовок з плити заданих розмірів. Однак визначити найбільш вигідну послідовність виконання пропилів шляхом простого перебору є надзвичайно складно, позаяк кількість різних карт комбінованого розкрою плити на заготовки може сягати декількох тисяч. Наприклад [2, ст. 146], при розкроюванні плитоформатного матеріалу розміром 2000×1000 мм на заготовку розміром 175×135 мм кількість допустимих карт розкрою дорівнює 4366, і тільки дві з них дають змогу отримати максимальну кількість заготовок з плити – 81 шт.

Для значного скорочення перегляду кількості допустимих карт розкрою доцільно застосувати динамічне програмування [2], оскільки процес розкрою плити на заготовки має поетапний характер і попередні етапи зовсім не впливають на подальші. Наприклад, для подальшого розкрою частини плити, яка залишилася після відрізання від цілої плити двох смуг – поздовжньої та поперечної, не має значення, в якій послідовності було відрізано ці смуги. Дане твердження є справедливим тільки тоді, коли критерієм ефективності процесу розкрою не виступає трудомісткість процесу відрізання смуг. А саме, чергування процесу відрізання поздовжніх і поперечних смуг пов'язане з поворотом плити на столі. Мінімізувати кількість поворотів плити можна за умови, що це не призведе до погіршення ефективності використання розкроюваного матеріалу.

Поетапне розв'язування задачі гільйотинного розкрою дає змогу свідомо відкидати безперспективні варіанти розміщення смуг, не простежуючи їх до кінця. Такий підхід свого часу було запропоновано для оптимізації управління польотом літальних апаратів [1]. Застосуємо його до оптимізації процесу гільйотинного розкрою плити на одну прямокутну заготовку. Для пояснення сутності методу поетапного розв'язування задачі (методу динамічного програмування) звернемось до порівняно простого числового прикладу.

Необхідно розробити карту гільйотинного розкрою плитоформатного матеріалу розміром 3500×1830 мм, яка б забезпечила отримання максимальної кількості прямокутних заготовок розміром 530×320 мм.

Зазначимо, що прості карти розкрою плити тільки на поперечні або поздовжні смуги дають у цьому показовому прикладі по 30 заготовок з ефективністю використання розкроюваного матеріалу 0.7944 (рис. 1). Однак таке значення цього показника є надзвичайно малим, тому спробуємо його дещо покращити.

На рис. 2 показано плиту з нанесеними на ній всіма можливими лініями відрізання смуг шириною 530 мм. Смуги почнемо відрізати від верхнього правого краю плити в будь-якій послідовності. Позначки 3500, 2970, ..., 850, 320 мм вздовж плити, а також 1830, 1300, ..., 240 мм впоперек неї утворюють двовимірну шкалу на сітці можливих ліній відрізання смуг. Кожному вузлу сітки відповідає певний етап процесу формування деякої карти роз-

крою. Вказані розміри означають довжину і ширину не відрізаної частини плити на тому або іншому етапі, а значить, і довжини смуг, які можуть бути відрізані від неї. З вузлів сітки можуть виходити по два ребра: горизонтальне – спрямоване вздовж плити, і вертикальне – впоперек неї. Ребром у даному випадку позначено відрізок зі стрілкою. Відповідно до позначок шкали, горизонтальне ребро означає зменшення довжини плити або його нерозрізаної частини, тобто має відрізатися поперечна смуга. Вертикальне ребро аналогічно інтерпретує процес відрізання поздовжньої смуги. Кожному ребру ставиться у відповідність число, значення якого вказує на ту кількість заготовок, яку можна отримати зі смуги, відрізання якої передбачає це ребро.

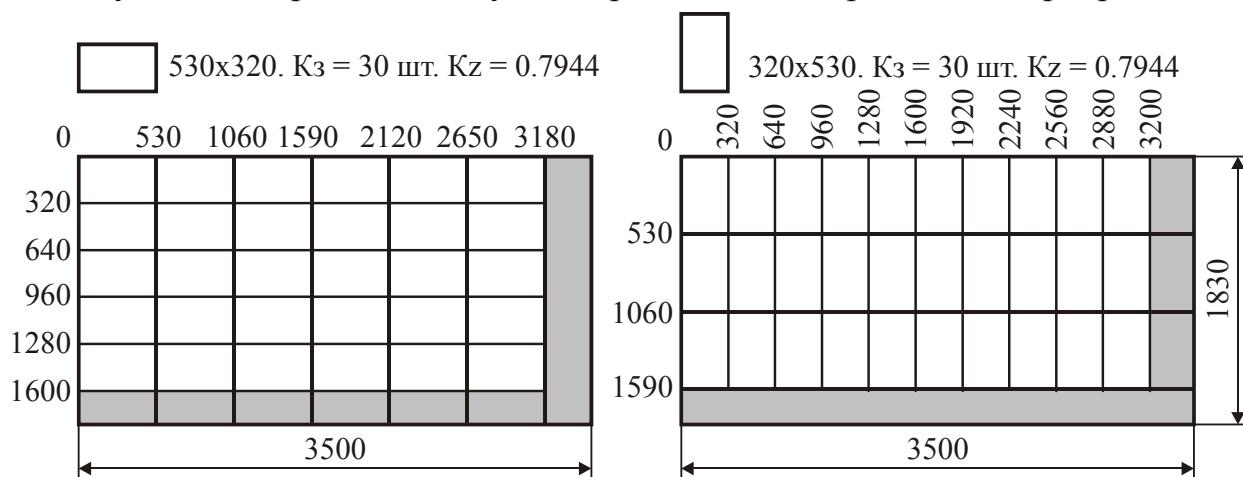


Рис. 1. Карти розкрою плити, розміром 3500×1830 мм, на заготовки, розміром 530×320 мм

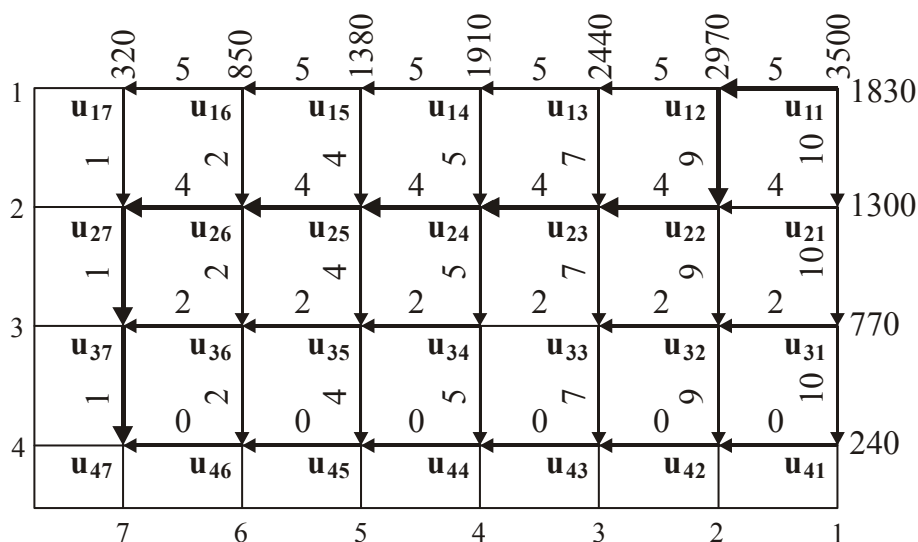


Рис. 2. Сітка для розрахунку схеми розкрою плити, розміром 3500×1830 мм, на заготовки, розміром 530×320 мм

Таким чином, на рис. 2 зображено геометричну інтерпретацію математичної моделі можливих схем розкрою плити – орієнтований граф, заданий множиною вузлів сітки і ребер, які з'єднують вузли. Позначимо вузли сітки:

$$\bar{U} = \left\{ \bar{U}_i = \left\{ u_{ij} = \begin{cases} D^n - d \cdot (j - 1), & \text{якщо} \\ \Pi^n - d \cdot (i - 1), & \end{cases}, j = \overline{1, n}, i = \overline{1, m} \right\} \right\},$$

де: D^n , $Ш^n$ – відповідно ширина і довжина плити; d , $ш$ – відповідно ширина і довжина заготовки; m , n – відповідно кількість рядків і стовпців, в якому розміщено вузли ($m = 3$, $n = 7$).

Будь-яка схема розкрою плити на смуги інтерпретується деяким ланцюгом послідовно з'єднаних у напрямку стрілок ребер, яка починається у верхньому правому вузлі сітки u_{11} . Завдання полягає у відшукуванні такого ланцюга, в якому сума чисел, поставлених у відповідність ребрам ланцюга, буде найбільшою. Такий ланцюг означає оптимальну карту розкрою, а вказана сума чисел – кількість заготовок, отриманих з плити за цією картою.

Розглянемо ланцюг $u_{11} - u_{12} - u_{22}$ і $u_{11} - u_{21} - u_{22}$. Перший ланцюг означає, що спочатку від плити відрізають поперечну смугу шириною 530 мм і довжиною 1830 мм, яка містить 5 заготовок, а потім відрізають поздовжню смугу шириною 530 мм і довжиною 2970 мм, яка містить 9 заготовок. Другому ланцюгу відповідає першочергове відрізання поздовжньої смуги довжиною 3500 мм (9 заготовок) і подальше відрізання поперечної смуги довжиною 1300 мм (4 заготовки). Ці ланцюги моделюють два можливих варіанти першого етапу комбінованої схеми розкрою плити. При однакових розмірах залишку плити – 2970×1300 мм за другою схемою отримують меншу кількість заготовок, тому останнє ребро другого ланцюга $u_{21} - u_{22}$ вилучають з графа. Це означає, що вилучаються з подальшого аналізу всі ланцюги, які містять це ребро і ті, які продовжуються від вузла u_{22} вліво і вниз (у даному прикладі таких ланцюгів 21). На рис. 4, а показано фрагменти сітки з вилученими (перекресленими) ребрами.

На наступному етапі залишок ланцюга $u_{11} - u_{12} - u_{13}$, $u_{11} - u_{21} - u_{31}$, $u_{11} - u_{12} - u_{22}$ продовжується вліво і вниз. Кількість ланцюгів при цьому зростає, але частина з них знову відсіюється за принципом: у кожний вузол повинен входити тільки один відрізок зі стрілкою (рис. 4, б). Після виконання процедури відсіювання виявляється, що кожний вузол u_{ij} зв'язаний з вузлом u_{11} одним єдиним ланцюгом $u_{11} \dots u_{ij}$.

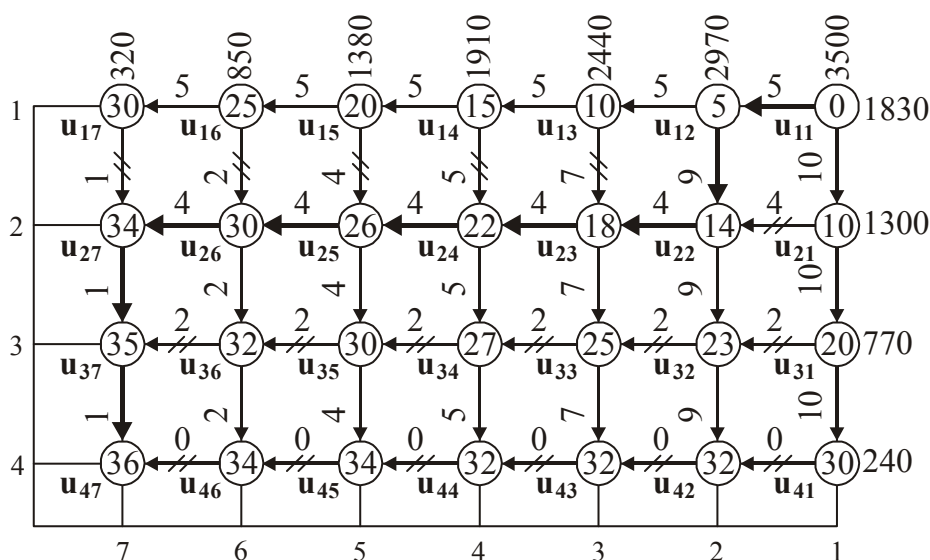


Рис. 3. Фрагменти сітки після відсіювання варіантів на першому і подальших етапах розрахунку

Якщо будь-які два ланцюги – $u_{11} \dots u_{i-1,j} - u_{ij}$ і $u_{11} \dots u_{i,j-1} - u_{ij}$ виявляються рівноцінними за відношенням до кількості отриманих заготовок, то перевага віддається тому, якому відповідає менша кількість поворотів плити. Плину необхідно повертати відносно супорта пилки, коли після відрізання смуги одного типорозміру відрізається смуга другого типорозміру.

У вузлах сітки на рис. 3 проставлені числа:

$$\bar{N} = \{ \bar{N}_i = \{ n_{ij}, j = \overline{1, n} \}, i = \overline{1, m} \},$$

значення яких вказують на ту кількість заготовок, яку можна отримати зі смуги, відрізання якої інтерпретується ланцюгом $u_{11} \dots u_{ij}$. Різниця значень n_{ij} у сусідніх вузлах ланцюга дорівнює числу, поставленому у відповідність ребру, яке з'єднує ці вузли ($z = n_{ij} - n_{i-1,j}$ – якщо відрізається поздовжня смуга; $z = n_{ij} - n_{i,j-1}$ – поперечна смуга).

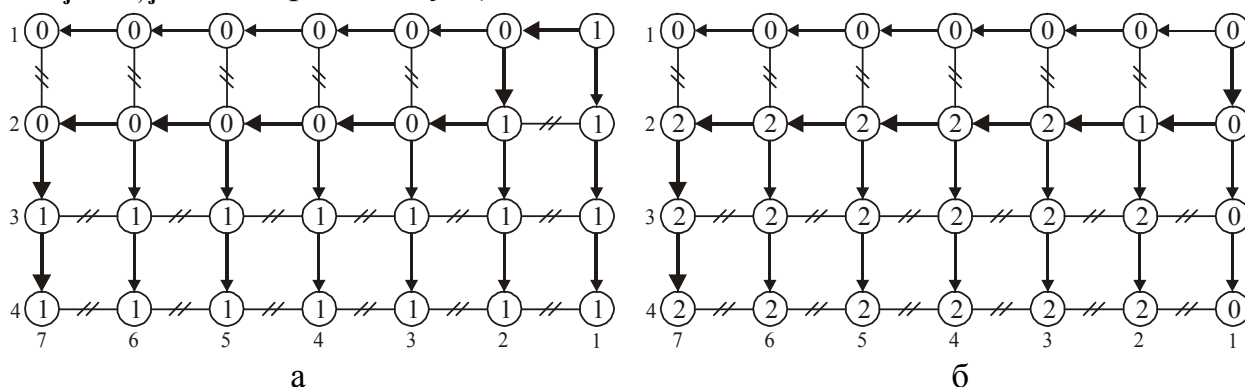


Рис. 4. Схеми оптимальних карт гільйотинного розкрою плити на заготовки

Процедура відсіювання ланцюгів продовжується доти, доки всі ланцюги не досягнуть вузлів нижнього ряду або лівого стовпця сітки. Всього у розглядуваному прикладі простежується до кінця 10 ланцюгів (з 120), одному з них відповідає найбільша кількість заготовок – 36. Цей ланцюг показано на рис. 4 потовщеною лінією, а відповідну йому оптимальну карту розкрою плити на одну заготовку зображено на рис. 5. Суцільними товстими лініями позначено відрізання смуг, тонкими – відрізання заготовок. Зазначимо, що прості карти розкрою плити тільки на поперечні смуги або тільки на поздовжні смуги у даному прикладі дають по 30 заготовок.

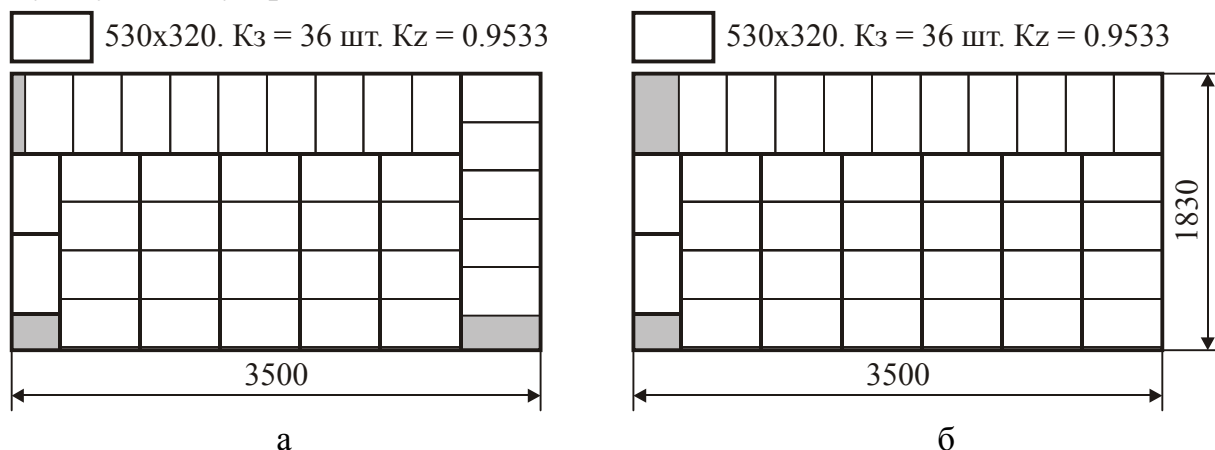


Рис. 5. Оптимальні карти гільйотинного розкрою плити на заготовки

Викладений метод визначення оптимальної карти розкрою плити на одну заготовку може використовуватися як в автоматизованому, так і в безмашинному проектуванні карт розкрою. Час, витрачений на розв'язування задачі "вручну", не перевищує 15-20 хв. Використання ЕОМ дає змогу розв'язувати дещо складніші задачі. У програмі автоматизованого проектування карт розкрою плити на заготовки, їх розміри розраховуються автоматично. Кожна із сторін заданої деталі почергового слугує базовим напрямком, паралельно і перпендикулярно якому розміщуються сторони заготовки.

Передбачено скорочення множини побудованих таким чином заготовок, якщо розміри одної C_i, D_i і іншої C_j, D_j задовольняють умову $C_i \geq C_j$ і $D_i \geq D_j$ або $C_i \geq D_j$ і $D_i \geq C_j$. Потім неодноразово розв'язується задача оптимізації гільйотинного розкрою плити на однакові заготовки. Як початкові дані почергово використовується кожний типорозмір заданого переліку плит і отриманого переліку заготовок. На екран виводяться розміри плити і заготовки, орієнтація заготовки стосовно деталі, а також карти розкрою, які сукупно забезпечують найбільшу ефективність використання розкроюваного матеріалу. За цим критерієм вибирають також кращу з простих карт розкрою і виводять інформацію, яка їй стосується.

Математична модель процесу формування карти гільйотинного розкрою плити на заготовки, яку використовують в автоматизованому проектуванні, дещо відрізняється від викладеної вище, оскільки необхідно алгоритмізувати процедури, яку виконують в "ручному" проектуванні візуально. Кожному вузлу сітки ставлять у відповідність, поряд з N_{ij} , такі величини: K_{ij} – кількість поворотів плити при розкроюванні за схемою, яка відповідає ланцюгу $u_{11} \dots u_{ij}$; M_{ij} – ознака, яка характеризує орієнтацію останнього ребра ланцюга $u_{11} \dots u_{ij}$ ($M_{ij} = 0$ відповідає ребру $u_{i,j-1} - u_{ij}$ – передбачається відрізання поздовжньої смуги, $m_{ij} = 1$ відповідає ребру $u_{i-1,j} - u_{ij}$ – поперечної смуги).

На рис. 6 наведено алгоритм розрахунку кількості рядів і стовпців сітки – m_1 і m_2 , а також N_{ij}, K_{ij}, M_{ij} . В алгоритмі **A** і **B** визначають розміри плити, C і D – розміри заготовок, $\div$ – знак ділення з заокругленням до меншого цілого.

Під час формування ланцюгів і відсіювання варіантів порівнюються два можливих значення N_{ij} , позначені в алгоритмі n_A і n_B . Якщо $n_A = n_B$, то ланцюги $u_{11} \dots u_{i-1,j} - u_{ij}$ і $u_{11} \dots u_{i,j-1} - u_{ij}$ порівнюють за іншим критерієм – кількістю поворотів плити K_{ij} . Якщо і у цьому відношенні ланцюги виявляються рівноцінними, то залишається другий ланцюг, хоча це рішення надалі може бути не оптимальним.

Після того, як в усіх вузлах сітки визначено величину N_{ij} , знаходимо простим перебором її максимальне значення N_{kl} , де $k = m_1$ і (або) $l = m_2$. Якщо є більш ніж одне максимальне значення N_{ij} , вибір N_{kl} здійснюють за умови мінімізації кількості поворотів плити K_{kl} . Визначивши останній вузол u_{kl} ланцюга, якому відповідає оптимальна карта розкрою плити на одну заготовку, переходимо до "розкодування" ланцюга $u_{11}, \dots, u_{kl}$ для виведення інформації про перелік смуг. У переліку вказують тип і довжини смуг у тій послідовності, в якій ці смуги відрізаються від плити (рис. 7).

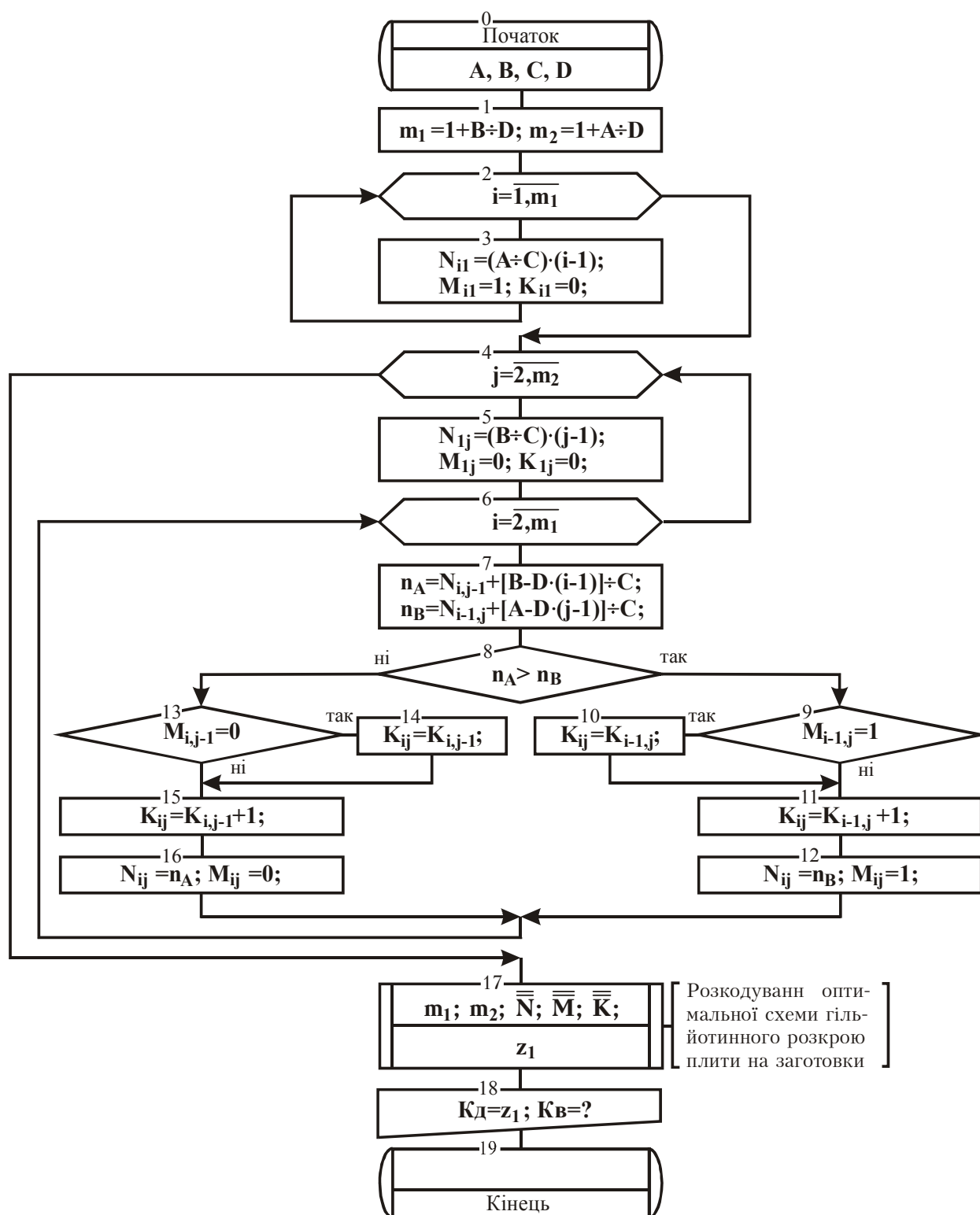


Рис. 6. Алгоритм формування графа процесу моделювання оптимальної схеми гільйотинного розкрою плити на одну прямокутну заготовку

Практичне використання оптимальних карт розкрою плити на заготовки дає змогу у декілька разів зменшити відходи плити порівняно з тими, які утворюються під час розкроювання плити за простими картами, а також істотно збільшити ефективність використання розкроюваного матеріалу під час виготовлення заготовок. Прямокутні заготовки використовують не тільки в індивідуальному чи дрібносерійному виробництві, але і у крупносерійному і масовому, коли використання інших розмірів заготовок, наприклад смуг,

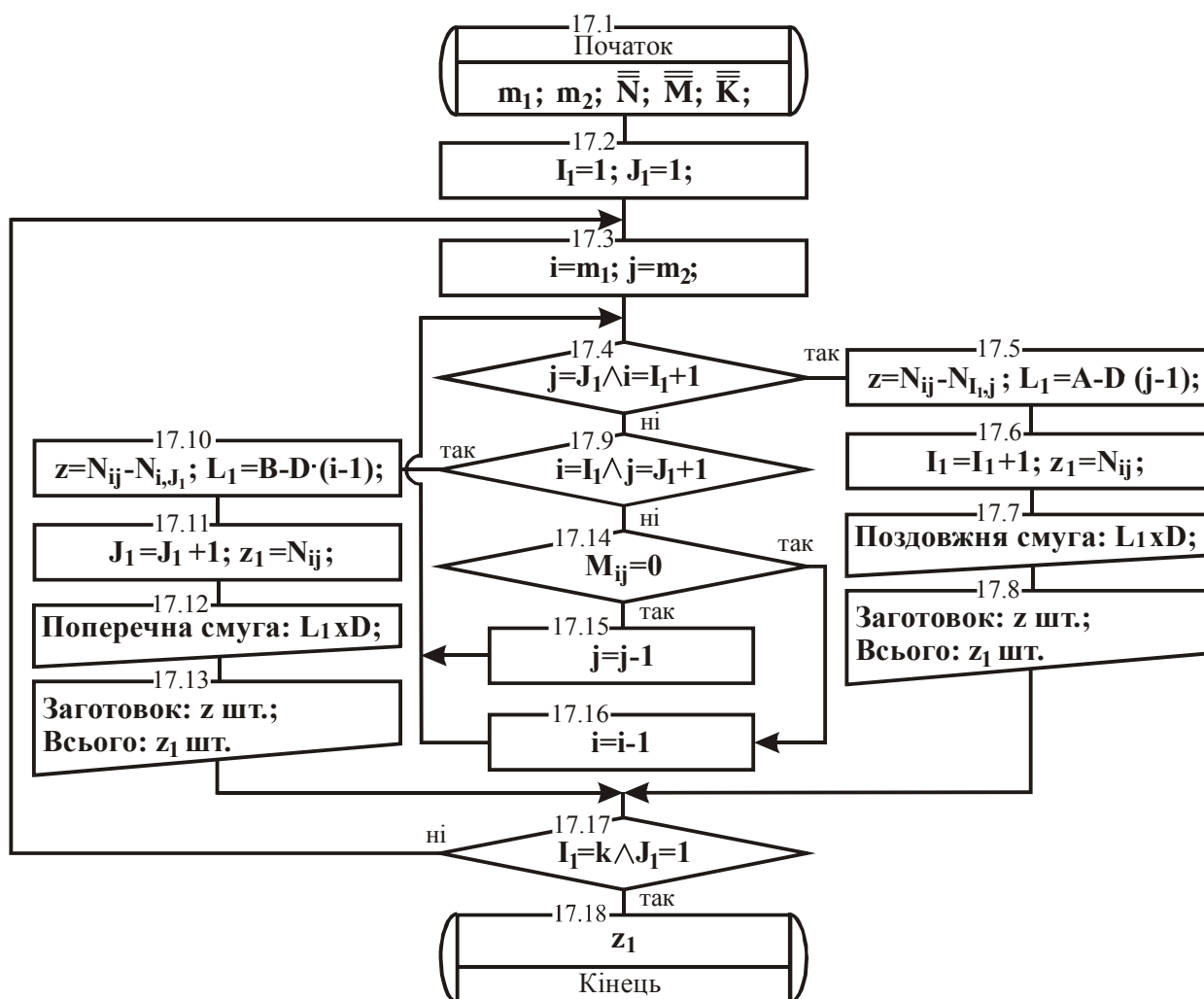


Рис. 7. Алгоритм визначення переліку смуг, що відрізаються від плити відповідно до оптимальної схеми гільйотинного розкрою

недоцільно через їх великі розміри. Складні карти розкрою плити на заготовки можуть бути реалізовані в умовах крупносерійного виробництва за допомогою комп'ютерного управління обладнанням, яке забезпечує автоматичне переміщення плити відносно пилкових супортів.

Література

1. Р. Беллман, Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования/ Пер. с англ. под ред. А.А. Первозванского. – М.: Наука, 1965. – 457 с.
2. Вдовин С.И. Методы расчета и проектирования на ЭВМ процессов штамповки листовых и профильных заготовок. – М.: Машиностроение, 1988. – 185 с.
3. Грицюк Ю.І. Моделювання карт і оптимізація плану розкрою плитних деревних матеріалів на меблевій заготовці: Монографія. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2004. – 523 с.
4. Грицюк Ю.І. Оптимізація технологічного процесу розкрою плитних деревних матеріалів на меблевій заготовці: Монографія. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2004. – 484 с.

УДК 674.04

Доц. Б.Я. Кишинецький, канд. техн. наук – НЛТУ України

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ З'ЄДНАНЬ ШПИЛЬКОВИХ ПОРІД ДЕРЕВИНИ ЗАЛЕЖНО ВІД ВОЛОГОСТІ

Наведено результати досліджень зміни міцності та довговічності клейових з'єднань шпилькових порід деревини (сосни) клеями на основі ПВАД та "Йоваколь" прискореними температурно-вологісними методами залежно від вологості деревини.