

УДК 630.673.1

**Шулла Роман Степанович**, к.е.н., доцент кафедри обліку і аудиту ДВНЗ «Ужгородський національний університет», schulla\_uni\_uzhgorod@hotmail.com

**Повідайчик Михайло Михайлович**, к.е.н., доцент, декан математичного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

**Попик Мар'яна Михайлівна**, аспірант кафедри економіки підприємства ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

## **ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛЕЙ ЦІЛОЧИСЛОВОГО ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТУ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИТРАТ І ФІНАНСОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ В УМОВАХ БАГАТОВАРІАНТНОСТІ ТА КОМПЛЕКСНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

*У статті для підприємств лісопильної галузі, іманентною ознакою яких є багатоваріантний та комплексний характер технології виробництва продукції, удосконалено модель оптимізації плану розкрою пиловочної сировини, яка була висвітлена авторами у попередніх наукових працях. У розробленій моделі удосконалено структуру цільової функції на основі використання підходу «постадійного калькулювання витрат» Альбаха/Якоба (H. Albach, H. Jacob), а саме: виокремлення окремих змінних обсягу діяльності для першої та другої стадії процесу розкрою пиловочної сировини, що в свою чергу, дозволяє на декілька порядків знизити кількість змінних цільової функції оптимізаційної моделі і, таким чином, створює передумови для вирішення прикладних задач лінійного програмування за допомогою сучасних програмних продуктів.*

***Ключові слова:** маржинальний прибуток, маржинальні витрати, модель цілочислового лінійного програмування, план розкрою пиловочної сировини.*

**Постановка проблеми.** Як у вітчизняній, так і у зарубіжній фаховій літературі на сьогоднішній день пропонується для цілей оптимізації фінансових результатів підприємств лісопильної галузі використання різноманітних оптимізаційних моделей. Основним недоліком переважної більшості зазначених моделей, на нашу думку, виступає відсутність адекватного економічного критерію в цільовій функції запропонованих моделей: одна частина авторів пропонує використання в цільовій функції неважливих цільових критеріїв (об'ємний вихід продукції, об'єм витраченої пиловочної сировини) або ж ігнорує факт існування виробничих витрат, використовуючи в

якості цільового критерію тільки показник доходу (виручки), а інша частина науковців, пропонуючи використання таких показників як виробничі або операційні витрати, валовий або операційний прибуток, не враховують фактор іррелевантності постійних витрат у умовах короткостроковості горизонту планування виробничо-збутової програми лісопилних підприємств. Для оперативного планування релевантними цільовими критеріями можуть бути тільки показники маржинальних витрат або маржинального прибутку, які виключають ефект пропорційного розподілу постійних витрат між об'єктами калькулювання. Ті ж нечисленні пропозиції, які передбачають використання в якості цільового критерію оптимізаційних моделей адекватних оперативному плануванню показників маржинального прибутку (або маржинальних витрат) [1, 2], дозволяють формувати оптимальні плани розкрою пиловочної сировини тільки в умовах наявності обмеженої кількості альтернативних схем розкрою. У випадку ж наявності значної кількості альтернативних схем розкрою, а отже, і змінних цільової функції оптимізаційної моделі задача лінійного програмування на сьогоднішній день поки ще не може бути вирішеною за допомогою навіть найбільш сучасних програмних продуктів. Тому, на нашу думку, на сьогоднішній день основною проблемою в сфері оптимізації фінансових результатів підприємств лісопилної галузі є проблема декомпозиції такого інтегративного елемента як «схема розкрою пиловочної сировини» на складові елементи таким чином, щоб це дозволило зменшити кількість змінних цільової функції до прийняттого рівня, створюючи таким чином передумови для ефективного вирішення задачі оптимізації за допомогою наявних на сьогоднішній день програмних продуктів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У вітчизняній науці проблема оптимізації витрат (прибутку) досліджувалася багатьма науковцями, серед яких можна виділити таких як М. Чумаченко, С. Голов, Л. Нападовська та ін. Серед зарубіжних дослідників можна виділити таких вчених як В. Кільгер (W. Kilger), Х.-Г. Плаут (H.-G. Plaut), П. Рібель (P. Riebel), Г. Лассманн (G. Lassmann), Т. Грайгеріч (T. Greigeritsch), Х. Альбах (H. Albach), Г. Якоб (H. Jacob) та ін.

Серед згаданих вище авторів особливо слід виділити австрійського вченого Т.Грайгеріча, який запропонував модель оптимізації маржинального прибутку для підприємств лісопильної галузі в умовах агрегатної технології розкрою сировини [1]. Також слід відзначити наукові напрацювання відомих німецьких вчених Х. Альбаха та Г. Якоба, які запропонували в умовах багатоваріантності технологічного процесу використовувати підхід «постадійного калькулювання собівартості продукції», що дозволило на порядок зменшити кількість змінних цільової функції та альтернативних калькуляцій і, таким чином, створило передумови для використання теорії лінійного програмування при вирішенні оптимізаційних задач на практиці [3].

**Методологія дослідження.** Методологічною основою даної статті є такі загальнонаукові методи як індукція, дедукція, порівняння, синтез. Окрім цього при розробці оптимізаційних моделей в статті використовувався математичний апарат теорії лінійного програмування.

**Формулювання цілей статті.** Метою даної статті є розробка практично орієнтованих моделей оптимізації витрат та фінансових результатів, а також формулювання рекомендацій для їх практичного впровадження на підприємствах лісопильної галузі.

Для досягнення мети в статті були сформульовані такі завдання: дослідити природу витратоутворюючих факторів для процесів лісопильного виробництва, що, в свою чергу, створює передумови для формулювання оптимізаційних моделей лінійного програмування та формування ефективних планів розкрою пиловочної сировини; дослідити проблему багатоваріантності та комплексності як іманентних ознак технологічного процесу підприємств лісопильної галузі; обґрунтувати та адаптувати для підприємств лісопильної галузі теорію Кільгера щодо гетерогенної зумовленості маржинальних витрат.

**Виклад результатів дослідження.**

**1. Характеристика комплексності та багатоваріантності технологічного процесу лісопильних підприємств.**

Характерною особливістю лісопильного виробництва є його комплексний характер. Для комплексного типу виробництва специфічною ознакою є одномоментне виникнення в єдиному технологічному процесі двох та більше видів основної або супутньої продукції. При цьому пропорції між видами продукції можуть бути постійними або змінними. У випадку змінних пропорцій внаслідок управлінського впливу з боку менеджменту підприємства можна говорити про багатоваріантність технології виробництва продукції, оскільки заданий об'ємний вихід продукції може бути досягнутий за допомогою різних способів виробництва. Так, у лісопильному виробництві багатоваріантність технології проявляється в тому, що готова продукція (пиломатеріали з відповідними розмірно-якісними параметрами) може бути вироблена різними способами [4]: на основі розкрою пиловочної сировини альтернативних розмірно-якісних груп; пиловочна сировина відповідної розмірно-якісної групи може бути розкrojена альтернативними схемами; пиловочна сировина відповідної розмірно-якісної групи може бути розкrojена конкретною схемою на альтернативних видах колодопильного устаткування. При цьому всі три групи альтернатив піддаються зміні зі сторони менеджменту в оперативному періоді, що є необхідною умовою для ідентифікації технології як багатоваріантної.

В умовах фіксованих виробничих потужностей та багатоваріантності технологічного процесу будь-яка оперативна зміна способу виробництва або виду задіяних ресурсів призводить до зміни маржинальної технологічної собівартості продукції. Дане явище на теоретичному рівні було обґрунтоване В. Кільгером (W. Kilger), який розробив теорію гетерогенної зумовленості маржинальних витрат в умовах багатоваріантності технологічного процесу [5].

Враховуючи специфіку лісопильного виробництва наміри пропонується виокремлення наступних чинників гетерогенної зумовленості маржинальних технологічних витрат (рис. 1):

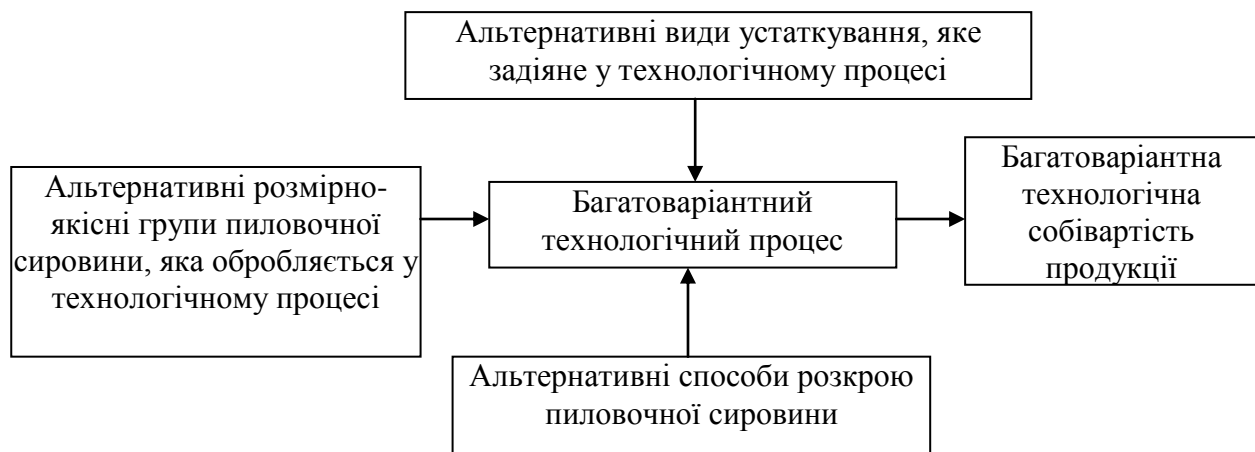


Рис.1. Характеристика факторів гетерогенної зумовленості маржинальних технологічних витрат лісопильних підприємств (розроблено авторами)

Комплексність процесу розкрою лісу, як характерна ознака лісопильного виробництва, формує певні складності при плануванні витрат у зв'язку з виникненням так званих «комплексних витрат»[6]. Комплексні витрати на основі критерію залежності витрат від зміни обсягу виробництва можна розділити на дві групи: постійні та змінні [7]. Постійні комплексні витрати за визначенням не можуть бути розподілені між окремими видами продукції (напівфабрикатів). Але також і змінні комплексні витрати, відповідно до принципу причинності або ідентичності, не можуть бути розподілені між окремими видами продукції [8, 9].

У процесі розкрою лісу первинним чинником комплексних маржинальних витрат виступає не обсяг виробництва конкретного виду продукції, а план розкрою як управлінське рішення щодо формування поставів для пиловочної сировини. Отже, розподіл маржинальних витрат процесу комплексного виробництва (як матеріальних, які формують матеріально-речовинну основу продукції, так і конверсійних, які виникають у процесі трансформації предмета праці в готову продукцію) між видами продукції буде умовним.

## **2. Оптимізація плану розкрою пиловочної сировини на основі моделей лінійного програмування.**

Розглянемо практично орієнтовану модель оптимізації розкрою пиловочної сировини на прикладі одного з підприємств лісопильної галузі Закарпатської області.

Підприємство здійснює розкрій пиловочної сировини на замовлення. Пиломатеріали в сирому вигляді відразу відвантажуються покупцям (стадія сушіння в моделі не врахована).

Якщо план розкрою базується на інформації про наявну на складі сировину, то оптимізаційний розрахунок її розкрою здійснюється тільки після накопичення певного залишку пиловочної сировини на складі.

Якщо ж план розкрою формується синхронно із планом закупівлі пиловочної сировини, то в оптимізаційній моделі потрібно враховувати не тільки майбутні обсяги закупівлі сировини, але і її поточний залишок на момент формування кінцевого варіанту плану розкрою. Ті обсяги сировини, які не були включені в оптимізований план, переносяться в залишок наступного планового періоду.

Наведемо основні припущення, які лежать в основі моделі: 1) за допомогою рамної технології в 2-х стадійному технологічному процесі розвальним способом розкроюється пиловочна сировина з її первинними розмірними параметрами; 2) необрізні дошки подаються на багатопильний обрізний верстат у просортованому вигляді (або ж при відсутності операції сортування використовується технологія гнучких поставів) і розкроюються груповим способом на обрізні пиломатеріали; 3) оптимізаційна модель стосується одного періоду (статична модель); 4) модель передбачає, що весь вихід із схеми розкрою (у т.ч. відходи у вигляді тирси, технологічної тріски або ж кускові відходи) реалізуються на ринку, при цьому для відходів існує ринок збуту без обмежень обсягу реалізації; 5) у моделі обмежуючим фактором технологічної системи виступають потужності лісопильної рами.

Виходячи з наведених вище припущень, пропонується наступна авторська модель цілочислового лінійного програмування для оптимізації плану розкрою:

Цільова функція та обмеження щодо обсягів виробництва (модель оптимізації маржинального прибутку):

$$Z = \sum_i^n \sum_j^m \sum_k^y \sum_z^r (e_{ijkz} - k_R \cdot V_{ijkz} - k_{ijkz} \cdot p_{ijkz}) \cdot x_{ijkz} - \sum_i^n \sum_j^n (k_{ij} \cdot p_{ij} + k_i \cdot p_i + k_P \cdot V_i + c_i \cdot V_i) \cdot x_{ij} \rightarrow \max ;$$

$$U_l \leq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^y \sum_{z=1}^r v_{ijkzl} x_{ijkz} \leq O_l, l = 1, 2, \dots, s;$$

Цільова функція та обмеження щодо обсягів виробництва (модель оптимізації маржинальних витрат):

$$G = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^y \sum_{z=1}^r (k_R \cdot V_{ijkz} - k_{ijkz} \cdot p_{ijkz}) \cdot x_{ijkz} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (k_{ij} \cdot p_{ij} + k_i \cdot p_i + k_P \cdot V_i + c_i \cdot V_i) \cdot x_{ij} \rightarrow \min ;$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^y \sum_{z=1}^r v_{ijkzl} x_{ijkz} = Q_l, l = 1, 2, \dots, s;$$

Умова міжстадійного матеріального балансу:

$$t_{ijk} \sum_{z=1}^r x_{ijkz} = x_{ij}, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m; k = 1, \dots, y;$$

Обмеження потужностей лісопильної рами:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \cdot x_{ij} \leq P;$$

Умова, яка враховує обмеженість строку зберігання сировини:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \geq R_i, i = 1, 2, \dots, n;$$

Обмеження складських запасів або обсягів закупівлі сировини:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq T_i, i = 1, 2, \dots, n;$$

Умова невід'ємності:

$$x_{ij} \geq 0, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m;$$

Умова цілочисловості:

$$x_{ij}, x_{ijkz} - \text{ціле.}$$

У моделі введені такі позначення:  $Z$  – маржинальний прибуток на плановий період, грн./період;  $G$  – маржинальні витрати планового періоду, грн./період;  $e_{ijkz}$  – дохід від реалізації готової продукції, супутньої продукції (технологічної тріски) та відходів (тирси), отриманих внаслідок розкрою  $k$ -воїнеобрізної дошки  $z$ -тим поставом, грн./дошку; при цьому  $k$ -ванеобрізна дошка виходить внаслідок розкрою колоди  $i$ -тої розмірно-якісної групи  $j$ -тим неповним поставом, а  $e_{ijkz}$ , в свою чергу, розраховується за формулою:

$$e_{ijkz} = \sum_{l=1}^S v_{ijkzl} \cdot c_l, (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, y; z = 1, 2, \dots, r),$$

де:  $v_{ijkzl}$  – нормативний обсяг виходу  $l$ -го виду основної продукції, супутньої продукції та відходів із  $k$ -воїнеобрізної дошки, розкрової на  $z$ -му проході  $z$ -

тим поставом, м<sup>3</sup>/дошку;  $c_l$  – реалізаційна ціна (чистий дохід від реалізації)  $l$ -го виду основної продукції (супутньої продукції, відходів), грн./м<sup>3</sup>;

$k_R$  – усереднена ставка маржинальних логістичних витрат на 1 м<sup>3</sup> переміщених через склад обрізних пиломатеріалів, грн./ м<sup>3</sup>; при цьому  $k_R$  – розраховується за формулою:

$$k_R = \frac{k_S + k_N + k_A}{d_S},$$

де:  $k_S$  – логістичні маржинальні витрати на складі при переміщенні обрізних та необрізних пиломатеріалів, грн./період;  $k_N$  – логістичні маржинальні витрати на складі при переміщенні супутньої продукції (технологічної тріски), грн./період;  $k_A$  – логістичні маржинальні витрати на складі при переміщенні відходів (тирси), грн./період;  $d_S$  – об'єм переміщених на складі обрізних пиломатеріалів, м<sup>3</sup>/період;

$V_{ijkz}$  – об'єм обрізних пиломатеріалів, отриманих внаслідок розкрою  $k$ -вої необрізної дошки  $z$ -тим поставом, м<sup>3</sup>/дошка;  $k_{ijkz}$  – ставка маржинальних конверсійних витрат на 1 маш-год роботи обрізного верстата при розкрої на ньому  $k$ -вої необрізної дошки  $z$ -тим поставом, грн./маш-год;  $p_{ijkz}$  – технологічний час обробки на обрізному верстаті  $k$ -вої необрізної дошки  $z$ -тим поставом, маш-год/дошка;  $x_{ijkz}$  – кількість необрізних пиломатеріалів  $k$ -вої розмірно-якісної групи, розкромлених на 2-му проході  $z$ -м поставом у плановому періоді, шт./період;  $k_{ij}$  – ставка маржинальних конверсійних витрат на 1 маш-год роботи лісопильної рами при розкрої на ній колоди  $i$ -тої розмірно-якісної групи  $j$ -м неповним поставом, грн./маш-год;  $p_{ij}$  – технологічний час обробки на лісопильній рамі колоди  $i$ -ї розмірно-якісної групи  $j$ -тим неповним поставом, маш-год/колода;  $k_i$  – ставка маржинальних конверсійних витрат на 1 маш-год роботи лінії підготовки пиловочної сировини до розкрою (транспортування, ліквідація прикореневих напливів, окорювання сировини) при обробці на ній колод  $i$ -ї розмірно-якісної групи, грн./маш-год;  $p_i$  – технологічний час обробки на лінії підготовки колоди  $i$ -ї розмірно-якісної групи, маш-год/колода;  $k_p$  – ставка маржинальних логістичних витрат на 1 м<sup>3</sup> транспортованої пиловочної



сировини(витрати, які виникають на лісопильному підприємстві від моменту оприбуткування сировини і до моменту подачі її на лінію підготовки до розкрою), грн./м<sup>3</sup>;  $V_i$ —об'єм колоди  $i$ -ї розмірно-якісної групи, м<sup>3</sup>/колода;  $c_i$  — закупівельна вартість пиловочної сировини  $i$ -ї розмірно-якісної групи, грн./м<sup>3</sup>;  $x_{ij}$ — кількість колод  $i$ -ї розмірно-якісної групи, розкромлених на 1-му проході  $j$ -м неповним поставом у плановому періоді, шт./період;  $U_l, O_l$ — нижня і верхня межа обсягу виробництва  $l$ -го виду продукції, м<sup>3</sup>/період;  $Q_l$ — плановий обсяг виробництва  $l$ -го виду продукції, м<sup>3</sup>/період;  $t_{ijk}$ — кількість  $k$ -вих необрізних дошок, які містяться в  $j$ -му поставі 1-го проходу, яким розкромлюється сировина  $i$ -ї розмірно-якісної групи (1 або 2шт), шт./постав;  $P$  — наявні протягом планового періоду потужності лісопильної рами, маш-год/період;  $R_i$  — мінімальна кількість колод  $i$ -тої розмірно-якісної групи, яка має бути розкромлена в плановому періоді, шт./період;  $T_i$  — кількість колод  $i$ -ї розмірно-якісної групи, які є на складі підприємства або можуть бути закуплені у плановому періоді, шт./період.

Необхідно зазначити, що складання плану розкрою на лісопильних підприємствах може виходити з двох ситуацій щодо пиловочної сировини: 1) план розкрою базується на інформації про ціну та можливі обсяги закупівлі пиловочної сировини протягом планового періоду в розрізі розмірних груп і сортів; 2) план розкрою базується на інформації щодо наявних на підприємстві обсягів пиловочної сировини в розрізі розмірних груп і сортів.

У першому випадку релевантними витратами в оптимізаційній моделі є маржинальні витрати, які включають також і матеріальні витрати. А у другій ситуації релевантними є тільки маржинальні конверсійні витрати (окрім внутрішніх конверсійних витрат логістичного характеру на складі сировини), а матеріальні витрати є вже іррелевантними.

Запропонована вище модель дозволяє значно знизити кількість змінних цільової функції за рахунок експліцитного виокремлення в якості змінних цільової функції альтернативних поставів 1-го та 2-го проходу, що в свою

чергу, дозволяє оптимізувати цільовий показник на основі використання сучасних програмних продуктів для розв'язку задач лінійного програмування.

Запропонований німецькими вченими Х. Альбахом (H. Albach) та Г. Якобом (H. Jacob)[3] «постадійний варіант» ідентифікації змінних, які виражають обсяги виробництва продукції (напівфабрикатів), сформульований з достатньо високим рівнем абстрактності і не враховує специфіку комплексного типу виробництва та особливості технології лісопиляння.

Головна ідея підходу авторів даної статті полягає в наступному: розглядати як змінну цільової функції не схему розкрою як результат комбінування альтернативних поставів по розкрою необрізних пиломатеріалів, що входять в неповний постав, а в якості змінної розглядати неповний постав на розкрій колоди  $i$ -тої розмірної групи та альтернативні поставки на розкрій  $k$ -го необрізного пиломатеріалу, який виходить при розкрої колоди  $i$ -ї розмірної групи відповідним неповним поставом.

Особливо велика кількість альтернативних схем розкрою спостерігається на підприємствах, які застосовують розвальний спосіб розкрою пиловочної сировини. Сучасні програмні продукти для розв'язку задач лінійного програмування працюють із моделями, в яких містяться від декількох сотень до декількох тисяч змінних та умов-нерівностей. При розвальному способі кількість альтернативних схем розкрою колоди навіть однієї розмірно-якісної групи часто може сягати мільйонів, а деколи навіть сотень мільйонів.

Для дослідження зазначеної проблеми авторами статті було розроблено програмний продукт в середовищі VBA-Excel, який передбачає генерування альтернативних схем розкрою розвальним способом. Алгоритм роботи програмного продукту з повним перебором всіх схем розкрою наводиться на рис.2.

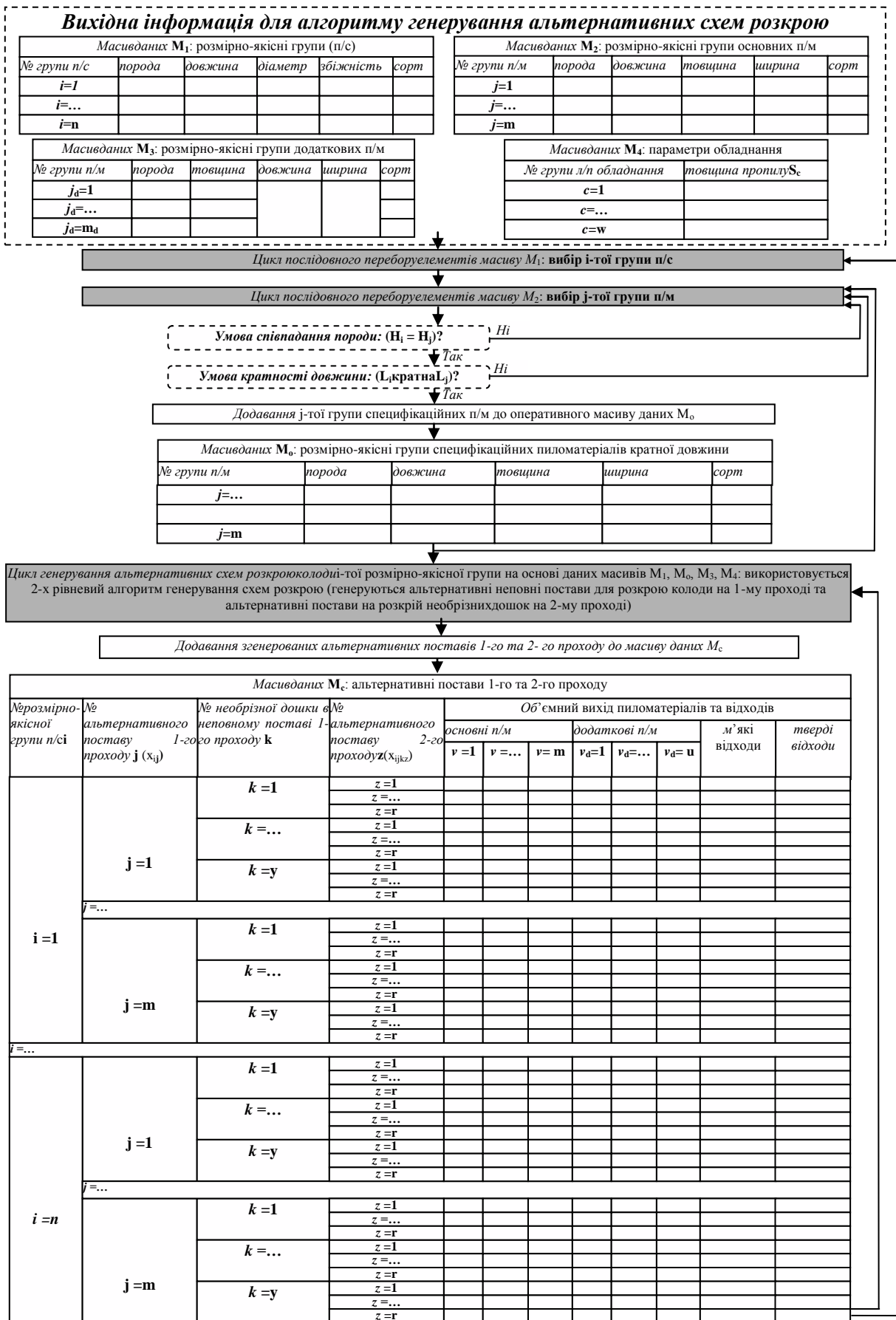


Рис.2. Алгоритм генерування альтернативних поставів 1-го та 2-го проходів для розкрою пиловочної сировини розвальним способом (розроблено авторами)

Для розуміння запропонованого в даній статті авторського підходу до вирішення проблеми оптимізації процесів розкрою пиловочної сировини доцільно більш детально вяснити, що розуміється під поняттям «альтернативна схема розкрою пиловочної сировини».

З теорії розкрою пиловочної сировини відомо [4], що сам процес розкрою складається щонайменше з двох стадій (при розвальному способі): на 1-й стадії колода розкроюється на необрізні дошки-напівфабрикати (формування товщин пиломатеріалів), а на 2-й стадії необрізні дошки-напівфабрикати розкроюються по ширині на обрізні (рис.3).

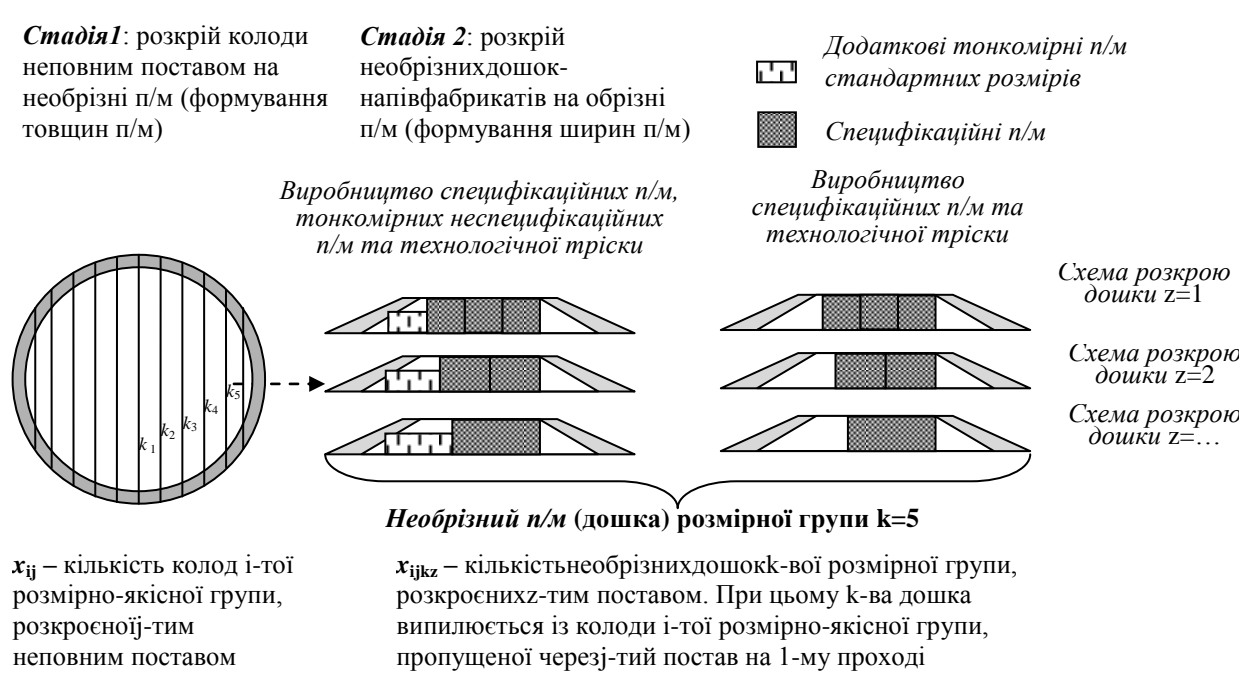


Рис.3. Процес розкрою пиловочної сировини розвальним способом

На 1-ій стадії використовуються так звані «неповні постави», які характеризують тільки товщину пиломатеріалів. Для генерування альтернативних неповних поставів необхідно здійснювати повний перебір всіх товщин в портфелі замовлень. При цьому критеріями раціональності поставу є: 1) зменшення товщини пиломатеріалів в поставі від центру до периферії; 2) симетричність поставу; 3) пріоритетність використання циліндричної зони колоди на випилювання з неї специфікаційних пиломатеріалів (а в залишковій зоні – позиціонуються тонкомірні п/м стандартних розмірів або ж залишкова частина переробляється на технологічну тріску).

На другій стадії необрізні дошки-напівфабрикати альтернативними поставами можуть бути розкроєні на специфікаційні пиломатеріали. Критерієм раціональності розкрою є максимальне використання площі пропиленої частини необрізної дошки-напівфабрикату на виробництво специфікаційних пиломатеріалів. В залишковій частині дошки при можливості можуть позиціонуватись неспецифікаційні тонкомірні пиломатеріали стандартних розмірів (при наявності в лісопильній лінії пильно-рейкових верстатів), або ж залишкова частина переробляється на технологічну тріску.

Якщо у відповідності з даними рис.3 через  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  позначити кількість альтернативних поставів другого проходу, за допомогою яких відповідно може бути розкроєна 1-ша, 2-га, 3-тя, 4-та та 5-та необрізна дошка із неповного поставу, то кількість альтернативних схем розкрою колоди  $i$ -ї розмірно-якісної групи, пропущеної на 1-й стадії через  $j$ -й постав, складе:  $Z = Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \cdot Z_4 \cdot Z_5$ . При цьому припускається, що попарно симетричні дошки неповного поставу (постав 1-го проходу) в кінцевій схемі розкрою мають однаковий постав на 2-му проході.

Розглянемо прикладну задачу генерування повного переліку альтернативних схем розкрою на основі запропонованого авторами програмного продукту в середовищі VBA-Excel.

Вхідна інформація для алгоритму розкрою, наприклад, є такою: порода сировини – ялина; вершинний діаметр колоди – 650 мм; довжина колоди – 6000 мм; збіжність – 10 мм/м; товщина пропилу на 1-му проході – 3 мм, а на 2-му проході – 3,5 мм;

#### 1. Характеристика пиломатеріалів (табл.1):

Таблиця 1.

#### Характеристика замовлених пиломатеріалів

Ідентифікаційний номер специфікаційних п/м	Розмірно-якісні характеристики пиломатеріалів (п/м)				
	Порода	пильна товщина п/м, мм	пильна ширина п/м, мм	довжина п/м, мм	Кінцева вологість п/м, %
1	Ялина	22,2	175,9	6000	>37% (сирі п/м)
2	Ялина	22,2	201	6000	>37% (сирі п/м)

За допомогою програмного продукту та на основі наведеної вище інформації було згенеровано альтернативні неповні поставки типу «пропил по центру». Додаткові пиломатеріали не випилювались (припускається виробництво технологічної тріски). Кількість альтернативних неповних поставів 1-го проходу склала один, а саме:

$$\frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2} - \frac{22,2}{2}$$

Кількість альтернативних поставів для необрізних дощок № 1,2,..., 12 склала відповідно 4,4,4,4, 4, 3,3,3, 3, 2, 2.

З наведеного вище прикладу випливає, що загальна кількість альтернативних схем розкрою колоди складає:  $Z = 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 2 = 1\,327\,104$ .

На сьогоднішній день сучасні програмні продукти не в змозі ефективно вирішувати задачі лінійного програмування з такою кількістю змінних.

Якщо ж використовувати запропоновану в даній статті авторську модель оптимізації, то для вище наведеного прикладу кількість альтернативних поставів, а, отже, і змінних цільової функції складе:  $Z = 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 4 + 3 + 3 + 3 + 3 + 2 + 2 + 1 = 41$ . При цьому додатково виникне 40 рівнянь, які характеризують міжстадійний матеріальний баланс сировини.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** У статті була досліджена проблема оптимізації плану розкрою пиловочної сировини для підприємств лісопильної галузі виходячи з вартісного цільового критерію (маржинального прибутку або маржинальних витрат).

Запропонована в попередніх наукових працях авторська модель оптимізації маржинального прибутку (маржинальних витрат) може бути використана тільки у випадку, якщо кількість альтернативних схем розкрою колоди певної розмірно-якісної групи буде помірною [2]. В іншому випадку неможливим є розв'язок задачі лінійного програмування за допомогою навіть найбільш сучасних програмних продуктів.

Наукова новизна авторської розробки, запропонованої в даній статті, полягає у вдосконаленні структури цільової функції моделі цілочислового лінійного програмування, а саме: виокремлення окремих змінних обсягу діяльності для першої та другої стадії процесу розкрою пиловочної сировини, що в свою чергу дозволяє на декілька порядків знизити кількість змінних цільової функції оптимізаційної моделі і, таким чином, створює передумови для вирішення прикладних задач лінійного програмування за допомогою сучасних програмних продуктів.

Подальшим напрямом вдосконалення запропонованої моделі може бути врахування чинника кількості змін в плановому періоді, можливості інтенсифікації деяких технологічних операцій, можливість інтеграції в модель динамічних елементів у формі декількох планових періодів, термінів виконання замовлень, елементів теорії черг, що дозволить підвищити практичну цінність моделі.

#### **Перелік використаних джерел.**

1. Thomas Greigeritsch.  
Neue Methoden zur Planung und Optimierung der Schnittholzproduktion von Nadelholzsägewerken. – Wiesbaden: Gabler, 2009. – 175 S.
2. Шулла Р.С. Модель оптимізації прибутку підприємств лісопильної галузі / Р.С. Шулла, М.М. Повидайчик // Problems of Computer Intellectualization. V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine. – Kyiv, Ukraine – Sofia, Bulgaria, September 2012. – С. 258 – 262.
3. H. Albach. Produktionsplanung auf der Grundlagetechnischer Funktionen, Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 105.- Köln und Opladen, 1962.
4. Калитеевский Р.Е. Лесопиление в XXI веке: технология, оборудование, менеджмент / Р.Е. Калитеевский. – Профи-Информ. – Санкт-петербург, 2005. – 474 с.

5. Kilger W. Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung. 9. Aufl. / W. Kilger. – Wiesbaden, 1988. – 1211 S.
6. Bungenstock C. Entscheidungsorientierte Kostenrechnungssysteme: eine entwicklungsgeschichtliche Analyse. Mit einem Geleitwort von Jürgen Weber / C. Bungenstock. – Wiesbaden: Dt. Univ.-Vlg. Wiesbaden: Gabler, 1995. – 523 S.
7. Marcel Schweitzer, Hans-Ulrich Küpper. System der Kosten- und Erlösrechnung. 7. überarbeitete und erweiterte Auflage / Schweitzer Marcel, Küpper Hans-Ulrich. – München: Verlag Franz Vahlen, 1998. – 787 S.
8. Männel W. Handbuch Kostenrechnung / W. Männel. – Wiesbaden: Gabler, 1992. – 1532 S.
9. Kilger W. Optimale Produktions- und Absatzplanung. Westdeutscher Verlag / W. Kilger. – Opladen, 1973. – 623 S.

**Shulla R.S., Povidachyk M.M., Popyk M.M.**

**Usage of models of integer linear programming as a tool for optimizing expenditures and financial results in the conditions of complexity of technological process.**

The article is dedicated to improving the model of optimization of cutting plan of raw materials for enterprises of sawmill industry, immanent feature of which is multivariate and complex nature of technology and production, which was highlighted by the authors in previous scientific papers. In the developed model the structure of the objective function on the basis of the approach "stepwise calculation of costs" Albaha / Jakob disease (N. Albach, H. Jacob) was improved, namely the isolation of some variable amount of first and second stage of cutting of raw materials that allows to reduce the number of variables of the objective function of optimization model in several orders and, therefore, create the prerequisite for applications of linear programming using modern software.

**Keywords:** profit margin, marginal costs integer linear programming model, cutting plan of raw materials.