

АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ

УДК 674.09

Ю. І. ГРИЦЮК¹, С. І. КОШИРЕЦЬ²

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДЕРЕВИНИ КОЛОД ХВОЙНИХ ПОРІД У ПРОЦЕСІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

Розглянуто проблему прийняття компромісного управлінського рішення щодо комплексного використання деревини колод хвойних порід під час виготовлення основної продукції пиломатеріалів і додаткової продукції з відходів деревини. Для вирішення цієї проблеми підібрано і математично описано відповідні техніко-економічні показники ефективності схем розкрою колод на пиломатеріали. Розроблено оптимізаційну математичну модель, яка забезпечує обов'язкове виконання запланованого об'єму пиломатеріалів, а також дає змогу визначити асортимент і об'єм виготовлення додаткової продукції. Розглянуто методи розв'язання такої комплексної задачі та деякі особливості їх застосування. Запропоновано математичну модель можна використовувати для проектування різних технологічних процесів, які забезпечують комплексне використання деревини колод під час виготовлення пиломатеріалів з мінімальними виробничими витратами.³

¹ **Юрій Іванович ГРИЦЮК** – член-кореспондент ЛАН України, доктор технічних наук, доцент кафедри обчислювальної техніки і моделювання технологічних процесів, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 067-944-11-15. E-mail: nauk.visnyk@gmail.com

² **Світлана Іванівна КОШИРЕЦЬ** – старший викладач кафедри обчислювальної техніки і моделювання технологічних процесів, Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна. Тел.: 097-470-31-16. E-mail: nauk.visnyk@gmail.com

³ **Вторинні матеріальні ресурси** – це залишки сировини (матеріалів), відходи виробництва і споживання, які можуть бути повторно використані для виготовлення продукції. За ознакою утворення вони поділяються на дві основні групи – відходи виробництва та відходи споживання. До відходів виробництва належать: залишки сировини й матеріалів, що значною мірою втратили свою первісну споживну вартість (обрізки пиломатеріалів, деревинна стружка, відпрацьовані каталізатори, технічна олива, жом, меляса, макуха, костриця тощо); побічні та побіжні продукти перероблення вихідної сировини, які технологічно неминучі (кора, лігнін, побіжні гази, механічно пошкоджена деревина тощо). Відходи споживання охоплюють відходи: виробничого споживання (різні цілком зношені елементи засобів виробництва – дерев'яні підкладки під штабелі, прокладки, тара тощо) і побутового споживання (непридатні дерев'яні речі домашнього вжитку, зношений паркет і підлога, столярні вироби тощо).

Вступ. Комплексне використання деревини колод хвойних порід як сировини під час розкрою їх на пиломатеріали є однією з важливих проблем, яку потрібно вирішувати під час планування, організації та управління виробництвом. Особливої актуальності ця проблема набуває в умовах економічної кризи, коли діяльність деревообробних підприємств спрямована на зниження енерго-, трудо- і матеріаломісткості продукції, що виготовляється. Під час розкрою колод хвойних порід отримуємо основну продукцію – радіальні, радіально-тангентальні та тангентальні пиломатеріали, а також відходи – тирсу, тріску, рейки, обополі.

Відходи деревини хвойних порід варто розглядати як вторинні матеріальні ресурси для подальшого використання [8, 33]. Насамперед певна частина необрізних пиломатеріалів шляхом склеювання придатна для виготовлення тих самих пиломатеріалів, додаткової продукції або реалізується іншим організаціям як напівфабрикат. Тирсу можна використовувати для виготовлення будівельного арболіту, в якому подрібнена деревина є наповнювачем, а як в'язивник використовують цемент з хлористим кальцієм. З арболіту виготовляють плити, блоки і панелі. Із верстатної тирси можна виготовляти паркетіт, плитки для настилення підлоги тощо.

Комплексне використання відходів деревини хвойних порід дає змогу організувати безвідходну технологію виготовлення пиломатеріалів. Однак треба визнати, що значна частина відходів деревини на багатьох підприємствах не використовується за призначенням, а можливість виготовлення додаткової продукції у традиційному плануванні процесу розкрою участі не бере. Для розуміння цього припущення коротко пояснимо його сутність.

Розкрій колод хвойних порід здійснюється різними способами з використанням наявного обладнання відповідно до прийнятої на підприємстві технології виготовлення пиломатеріалів. Обраний спосіб розкрою залежить від можливостей наявного ТП розкрою, а також є підставою для проектування нового – більш досконалого. Основна мета такого проектування полягає в мінімізації виробничих витрат на всіх його етапах. Це стосується структури обладнання та його кількості, а також узгодженості між всіма технологічними операціями.

Здебільшого колоди хвойних порід постачають різних діаметрів, а схеми розкрою розробляють з урахуванням суміжності діаметрів для кожної специфікації пиломатеріалів. Отримані схеми розкрою повинні бути раціональними як стосовно використання сировини, так і за трудомісткістю виготовлення пиломатеріалів. Кожній схемі розкрою відповідає різний об'єм пиломатеріалів, який можна отримати з деревини колод, і різноманітні відходи. Об'єм усіх відходів залежить переважно обернено пропорційно від складності способу та схеми розкрою: чим вони складніші, тим менше відходів. Намагання підвищити ефективність використання деревини призводить до збільшення трудомісткості, а, значить, і собівартості процесу виготовлення пиломатеріалів [19, 23]. За дещо стабільної на ринку середньої вартості пиломатеріалів прибуток підприємства при цьому може бути незначним.

Практична діяльність багатьох лісопилних фірм свідчить про те, що в умовах кризи, поряд з виготовленням основної продукції – радіальних чи тангентальних пиломатеріалів, інколи неабияке значення має виготовлення з відходів деревини різного асортименту додаткової продукції за мінімальної її собівартості. У цьому випадку за дещо незбалансованої на ринку і, як наслідок, високої вартості додаткової продукції прибуток підприємства від її реалізації може бути значним, що сукупно певною мірою зменшить собівартість процесу виготовлення пиломатеріалів.

Для виконання планової кількості пиломатеріалів і зменшення об'єму відходів розробляють план розкрою колод, який повинен бути оптимальним щодо вибраного показника (вибраних показників) ефективності. Однак традиційно оптимізація плану розкрою колод на пиломатеріали здійснюється стосовно виготовлення основної продукції і зовсім не враховується можливість виготовлення додаткової продукції, тобто не ведеться оптимізація комплексного використання деревини.

Таким чином, виникає проблема вибору компромісного управлінського рішення: що краще – оптимізація плану розкрою колод хвойних порід стосовно виготовлення тільки основної продукції з отриманням мінімальних відходів деревини і незначними прибутками підприємства, чи оптимізація плану комплексного використання деревини, виготовлення завдяки їй як основної, так і додаткової продукції зі значними прибутками підприємства? Для розв'язання цієї суперечливої задачі потрібно вибрати і математично описати відповідні комплексні показники, які характеризуватимуть ефективність процесу виготовлення пиломатеріалів і розробити оптимізаційну математичну модель комплексного використання деревини для встановлення асортименту і обсягів виготовлення різної продукції, розглянути методи розв'язання задач та особливості їх застосування, що і становить *основну мету нашого дослідження*.

1. Показники ефективності процесу виготовлення основної та додаткової продукції з деревини колод хвойних порід

В умовах економічної кризи для визначення ефективності процесу виготовлення основної та додаткової продукції з деревини колод хвойних порід доцільно застосувати такі комплексні показники: *ефективність використання деревини; собівартість процесу виготовлення продукції та вартість її реалізації; прибуток від реалізації виготовленої продукції*.

Ефективність використання деревини колод k -го типорозміру під час розкрою їх за t -ою схемою, які планується використати для виготовлення основної та додаткової продукції, визначається за таким співвідношенням, грн.:

$$E_{kt}^{\text{ae}} = \frac{Q_{kt}^{\text{ii}} + Q_{kt}^{\text{ai}1} + Q_{kt}^{\text{ai}2}}{Q_k^{\text{ae}}}; \quad (26)$$

$$\tilde{E}^{\text{ae}} = \left\{ \tilde{E}_k^{\text{ae}} = \left\{ E_{kt}^{\text{ae}}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: m – кількість типорозмірів колод у специфікації сировини, шт.; $Q_k^{\text{ae}} = f_k[D_k, L_k]$ – об'єм деревини колод k -го типорозміру, м^3 ; D_k, L_k – відповідно діаметр

і довжина колоди k -го типорозміру, м; n_k – кількість схем розкрою колод k -го типорозміру, шт.

Об'єм пиломатеріалів, отриманий з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, м³:

$$\tilde{Q}^{ii} = \left\{ \tilde{Q}_k^{ii} = \left\{ Q_{kt}^{ii} = \sum_{i=1}^z q_{ikt}^{ii}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\}, \quad (27)$$

де: z – кількість товщин пиломатеріалів у специфікації основної продукції, шт.; $q_{ikt}^{ii} = f_{ikt}[a_i, p_{ikt}]$ – об'єм пиломатеріалів i -ої товщини (a_i), отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, м³; p_{ikt} – повторюваність пиломатеріалу i -ої товщини, отриманого внаслідок розкрою колод k -го типорозміру за t -ою схемою, шт.

Об'єм додаткової продукції (ДП-1), виготовленої з ділових відходів (частин деревини певних розмірів), отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, м³:

$$Q_{kt}^{\tilde{a}i1} = \sum_{i=1}^u q_{ikt}^{\tilde{a}i1} = q_{kt}^{\tilde{a}a} \cdot \sum_{i=1}^u \frac{\omega_i}{\Omega_i}; \quad (28)$$

$$\tilde{Q}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{Q}_k^{\tilde{a}i1} = \left\{ Q_{kt}^{\tilde{a}i1}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: u – кількість видів ДП-1, яка виготовляється з ділових відходів, шт.; $q_{ikt}^{\tilde{a}i1}$ – об'єм ДП-1 i -го виду, м³; $q_{kt}^{\tilde{a}a}$ – об'єм ділових відходів, м³; ω_i – частка ділових відходів, яку використовують для виготовлення ДП-1 i -го виду, $\sum_{i \in u} \omega_i \leq 1$; Ω_i – норматив витрати ділових відходів на виготовлення ДП-1 i -го виду, м³/м³.

Об'єм додаткової продукції (ДП-2), виготовленої з решти відходів (кускових, рейок і тріски), отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, м³:

$$Q_{kt}^{\tilde{a}i2} = \sum_{i=1}^w q_{ikt}^{\tilde{a}i2} = q_{kt}^{\tilde{a}a} \cdot \sum_{i=1}^w \frac{\vartheta_i}{\Theta_i}; \quad (29)$$

$$\tilde{Q}^{\tilde{a}i2} = \left\{ \tilde{Q}_k^{\tilde{a}i2} = \left\{ Q_{kt}^{\tilde{a}i2}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: w – кількість видів ДП-2, яка виготовляється з решти відходів, шт.; $q_{ikt}^{\tilde{a}i2}$ – об'єм ДП-2 i -го виду, м³; $q_{kt}^{\tilde{a}a}$ – об'єм решти відходів, м³; ϑ_i – частка решти відходів, яка використовується для виготовлення ДП-2 i -го виду; Θ_i – норматив витрати решти відходів на виготовлення ДП-2 i -го виду, м³/м³.

У співвідношеннях (28) і (29) значення величин $q_{kt}^{\tilde{a}a}$ і $q_{kt}^{\tilde{a}i1}$ визначають внаслідок розрахунку відповідних схем розкрою колод на пиломатеріали і отриманого балансу деревини. При цьому потрібно дотримуватися виконання такої умови:

$$Q_{kt}^{ii} + q_{kt}^{\tilde{a}a} + q_{kt}^{\tilde{a}i1} = Q_k^{\tilde{a}e}, \quad \forall t \in n_k; \quad \forall k \in m,$$

тобто, отриманий об'єм пиломатеріалів разом з діловими відходами і рештою відходів має дорівнювати об'єму колоди. Значення всіх інших величин вказують у вхідній інформації.

Собівартість процесу виготовлення продукції, яку планують отримати з деревини колод k -го

типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}e} = \tilde{A}_k^{\tilde{a}e} + \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i1} + \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i2} + \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i3}; \quad (30)$$

$$\tilde{N}^{\tilde{a}e} = \left\{ \tilde{N}_k^{\tilde{a}e} = \left\{ \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}e}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\}.$$

Цей вираз відображає витрати, пов'язані з виготовленням і реалізацією основної та додаткової продукції кожного виду, він складається з таких елементів: *вартості придбаної деревини; собівартості процесу виготовлення основної продукції – пиломатеріалів; собівартості процесу виготовлення додаткової продукції з ділових і решти відходів.*

Вартість придбаної деревини колод k -го типорозміру визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{A}_k^{\tilde{a}e} = \left\{ \tilde{A}_k^{\tilde{a}e} = Q_k^{\tilde{a}e} \cdot (v_k^{\tilde{a}e} + w_k^{\tilde{a}e}), k = \overline{1, m} \right\}, \quad (31)$$

де: $v_k^{\tilde{a}e}$ – вартість одиниці об'єму деревини колод k -го типорозміру, грн/м³; $w_k^{\tilde{a}e}$ – усереднені додаткові витрати на постачання-зберігання та підготовку до розкрою одиниці об'єму деревини колод k -го типорозміру, грн/м³.

Собівартість процесу виготовлення основної продукції (пиломатеріалів) з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \sum_{i=1}^z q_{ikt}^{\tilde{a}i1} \cdot (c_i^{\tilde{a}i1} + \alpha_i \cdot d_i^{\tilde{a}i1}); \quad (32)$$

$$\tilde{N}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{N}_k^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i1}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $c_i^{\tilde{a}i1}$ – виробничі витрати на виготовлення одиниці об'єму пиломатеріалів i -ої товщини, грн/м³; $d_i^{\tilde{a}i1}$ – позавиробничі витрати, пов'язані з підготовкою до реалізації одиниці об'єму пиломатеріалів i -ої товщини, грн/м³; α_i – частка придатних для реалізації пиломатеріалів i -ої товщини, ($\alpha_i = 0,96...1,00$).

Собівартість процесу виготовлення додаткової продукції (ДП-1) з ділових відходів, отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \sum_{i=1}^u q_{ikt}^{\tilde{a}i1} \cdot (c_i^{\tilde{a}i1} + \beta_i \cdot d_i^{\tilde{a}i1}); \quad (33)$$

$$\tilde{N}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{N}_k^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i1}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $c_i^{\tilde{a}i1}$ – виробничі витрати на виготовлення одиниці об'єму ДП-1 i -го виду без вартості ділових відходів деревини, грн/м³; $d_i^{\tilde{a}i1}$ – позавиробничі витрати, пов'язані з підготовкою до реалізації одиниці об'єму ДП-1 i -го виду, грн/м³; β_i – частка придатної для реалізації ДП-1 i -го виду, ($\beta_i = 0,90...0,95$).

Собівартість процесу виготовлення додаткової продукції (ДП-2) з решти відходів, отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i2} = \sum_{i=1}^w q_{ikt}^{\tilde{a}i2} \cdot (c_i^{\tilde{a}i2} + \gamma_i \cdot d_i^{\tilde{a}i2}); \quad (34)$$

$$\tilde{N}^{\tilde{a}i2} = \left\{ \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i2} = \left\{ \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i2}, t = \overline{1, n_k} \right\}, k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $c_i^{\tilde{a}i2}$ – виробничі витрати на виготовлення одиниці об'єму ДП-2 i -го виду (без вартості решти відходів деревини), грн/м³; $d_i^{\tilde{a}i2}$ – позавиробничі витрати, пов'язані з підготовкою до реалізації одиниці об'єму ДП-2 i -го виду, грн/м³; γ_i – частка придатної для реалізації ДП-2 i -го виду, ($\gamma_i = 0,80 \dots 0,90$).

Вартість реалізації виготовленої продукції, яку планується отримати з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{A}^{\tilde{a}i} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i} = \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1} + \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i2}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\}. \quad (35)$$

Цей вираз відображає вартість, за якою планується реалізувати основну і додаткову продукцію кожного виду, складається з таких елементів: *вартості реалізації основної продукції – пиломатеріалів; вартості реалізації додаткової продукції, виготовленої з ділових і решти відходів.*

Вартість реалізації основної продукції (пиломатеріалів), виготовленої з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \sum_{i=1}^z q_{ikt}^{\tilde{a}i1} \cdot (\alpha_i \cdot v_i^{\tilde{a}i1} + (1 - \alpha_i) \cdot w_i^{\tilde{a}i1}); \quad (36)$$

$$\tilde{A}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $v_i^{\tilde{a}i1}$ – вартість одиниці об'єму придатних до реалізації пиломатеріалів i -го виду, грн/м³; $w_i^{\tilde{a}i1}$ – вартість списання одиниці об'єму бракованих пиломатеріалів i -го виду, грн/м³.

Вартість реалізації додаткової продукції (ДП-1), виготовленої з ділових відходів, отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \sum_{i=1}^u q_{ikt}^{\tilde{a}i1} \left(\beta_i v_i^{\tilde{a}i1} + (1 - \beta_i) w_i^{\tilde{a}i1} \right) + \varpi^{\tilde{a}i1} (q_{kt}^{\tilde{a}i1} - Q_{kt}^{\tilde{a}i1}); \quad (37)$$

$$\tilde{A}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i1}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $v_i^{\tilde{a}i1}$ – вартість одиниці об'єму придатної до реалізації ДП-1 i -го виду, грн/м³; $w_i^{\tilde{a}i1}$ – вартість списання одиниці об'єму бракованої ДП-1 i -го виду; $\varpi^{\tilde{a}i1}$ – вартість списання одиниці об'єму вторинних відходів, отриманих при виготовленні ДП-1 з ділових відходів, грн.

Вартість реалізації додаткової продукції (ДП-2), виготовленої з решти відходів, отриманих з деревини колод k -го типорозміру внаслідок розкрою їх за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i2} = \sum_{i=1}^w q_{ikt}^{\tilde{a}i2} (\gamma_i v_i^{\tilde{a}i2} + (1 - \gamma_i) w_i^{\tilde{a}i2}) + \varpi^{\tilde{a}i2} (q_{kt}^{\tilde{a}i2} - Q_{kt}^{\tilde{a}i2}); \quad (38)$$

$$\tilde{A}^{\tilde{a}i2} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i2} = \left\{ \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i2}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\},$$

де: $v_i^{\tilde{a}i2}$ – вартість одиниці об'єму придатної до реалізації ДП-2 i -го виду, грн; $w_i^{\tilde{a}i2}$ – вартість

списання одиниці об'єму бракованої ДП-2 i -го виду; $\varpi^{\tilde{a}i2}$ – вартість списання одиниці об'єму вторинних відходів, утворених внаслідок виготовлення ДП-2 з решти відходів, грн.

Прибуток від реалізації виготовленої продукції, який планується отримати внаслідок розкрою деревини колод k -го типорозміру за t -ою схемою, визначається за таким співвідношенням, грн:

$$\tilde{I}^{\tilde{a}i} = \left\{ \tilde{I}_{kt}^{\tilde{a}i} = \left\{ \tilde{I}_{kt}^{\tilde{a}i} = \tilde{A}_{kt}^{\tilde{a}i} - \tilde{N}_{kt}^{\tilde{a}i}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\}. \quad (39)$$

Зрозуміло, що використання виразів (30) і (35) під час визначення комплексних показників ефективності ТП розкрою колод хвойних порід внаслідок виготовлення основної та додаткової продукції може спричинювати певні труднощі у ході підготовки вхідної інформації. Тому на перших порах практичної оптимізації плану комплексного використання деревини колод хвойних порід у цих виразах доцільно дещо зменшити кількість складових елементів. Наприклад, спочатку, використовуючи вираз (32), потрібно визначити очікувану собівартість процесу виготовлення основної продукції (пиломатеріалів), потім за виразом (33) – додаткової продукції з ділових відходів, а згодом за виразом (34) – додаткової продукції з решти відходів і т.д.

2. Математична модель комплексного

використання деревини колод хвойних порід

Для розв'язання задачі комплексного використання деревини колод хвойних порід потрібно промодельовати можливі варіанти процесу розкрою колод на пиломатеріали. Подальший вибір кращого з них має задовольняти прийняті значення комплексних показників ТП виготовлення основної та додаткової продукції. Метою моделювання таких ТП є мінімізація витрат на всіх етапах, починаючи з визначення структури технологічного обладнання і його компонування, оптимізації всіх технологічних операцій, які входять в єдиний переробний комплекс, починаючи від розкрою колод на основному і допоміжному обладнанні і завершуючи процесом виготовлення основної та додаткової продукції. Нижче розглядається укрупнена математична модель, яка дає змогу встановити тільки деякі оптимальні параметри комплексного показника, який характеризує використання деревини колод хвойних порід стосовно об'ємів перероблення сировини, асортименту і об'ємів виготовлення основної та додаткової продукції.

Таким чином, внаслідок моделювання можливого варіанта ТП розкрою колод хвойних порід з орієнтацією на виготовлення основної та додаткової продукції отримуємо множину допустимих схем розкрою

$$\tilde{R} = \left\{ \tilde{R}_k = \left\{ R_{kt}, t = \overline{1, n_k} \right\}; k = \overline{1, m} \right\}, \quad (40)$$

де: R_{kt} – параметри t -ої схеми розкрою колод k -го типорозміру; $\tilde{R}_k$ – множина схем розкрою для колод k -го типорозміру. Технологічність схем розкрою визначається параметрами наявного обладнання і прийнятого на виробництві процесу виготовлення основної продукції або задається параметрами нового обладнання і бажаного ТП.

У загальному випадку за допомогою математичної моделі оптимізації плану розкрою колод хвойних порід

на пиломатеріали для виготовлення основної та додаткової продукції отримують екстремальні значення *функцій мети*

$$E^{(g)} = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k} E_{kt}^{(g)} \cdot X_{kt} \rightarrow \text{extr}, g = \overline{1, G} \Rightarrow \Rightarrow \begin{cases} E^{(1)} = E^{\bar{a}\bar{e}} \rightarrow \max; \\ E^{(2)} = C^{\bar{v}\bar{a}} \rightarrow \min; \\ E^{(3)} = \hat{A}^{\bar{d}\bar{i}} \rightarrow \min; \\ E^{(4)} = \hat{I}^{\bar{d}\bar{i}} \rightarrow \max, \end{cases} \quad (41)$$

де: X_{kt} – шукана кількість колод k -го типорозміру, яку потрібно розкряти за t -ою схемою для виготовлення основної продукції (пиломатеріалів); G – кількість прийнятих показників ефективності ТП розкряю колод хвойних порід ($G \geq 4$).

Функції мети (41) представляють критерії оптимальності плану розкряю, який відповідає g -му комплексному показнику ефективності схем розкряю. Вони мінімізуються, якщо за критерій прийнято показники собівартості або вартості виготовленої продукції, та максимізуються, коли критеріями є ефективність використання деревини або прибуток від реалізації виготовленої продукції.

Змінні величини X_{kt} у функціях мети повинні задовольняти систему нерівностей, які представляють обмеження: *на значення показників ефективності плану розкряю; на використаний об'єм деревини колод хвойних порід; об'єм виготовленої основної та додаткової продукції; на умови функціонування ТП розкряю*. Значення X_{kt} не повинно бути від'ємним, але може набувати цілих значень.

Обмеження на значення показників ефективності плану розкряю мають такий вигляд

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k} E_{kt}^{(g)} \cdot X_{kt} \otimes^{(g)} \Psi^{(g)}, \quad g = \overline{1, G}, \quad (42)$$

де: $\otimes^{(g)}$ – знак нерівності для g -го показника ($\geq$ або $\leq$); $\Psi^{(g)}$ – регламентоване значення g -го показника ефективності оптимального плану розкряю.

Наприклад, третя з нерівностей (42) може бути обмеженням, згідно з яким вартість реалізації виготовленої основної продукції (йдеться про пиломатеріали), повинна не перевищувати встановлену ринкову вартість. Ця нерівність буде мати такий запис " $\leq \Psi_3$ ". Для першої нерівності, яка характеризує ефективність використання деревини, застосовується такий запис " $\geq \Psi_1$ ". Оскільки цей показник є безрозмірною величиною, то обмеження (42) для неї матиме такий вигляд

$$\sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k} E_{kt}^{(1)} \cdot X_{kt} \geq \Psi^{(1)} \cdot \sum_{k=1}^m Q_k^{\bar{a}\bar{e}} \sum_{t=1}^{n_k} X_{kt}. \quad (43)$$

Обмеження на об'єм використання наявних колод хвойних порід мають такий вигляд

$$\begin{cases} Q_k^{\bar{a}\bar{e}} \cdot \sum_{t=1}^{n_k} X_{kt} \leq Q_k^{\Sigma}, \quad k = \overline{1, m}; \\ \sum_{k=1}^m Q_k^{\bar{a}\bar{e}} \sum_{t=1}^{n_k} X_{kt} \leq Q^{\Sigma}, \end{cases} \quad (44)$$

де: $Q_k^{\Sigma} = Q_k^{\bar{a}\bar{e}} \cdot m_k$ – загальний об'єм деревини колод k -го типорозміру, м³; $Q^{\Sigma} = Q_k^{\Sigma} \cdot m$ – загальний об'єм

деревини наявних колод, м³; m_k – кількість колод k -го типорозміру, шт.

Обмеження (44) означає, що співвідношення потрібних для розкряю колод k -го типорозміру повинні відповідати їх співвідношенням у специфікації сировини, а загальний об'єм потрібної деревини повинен не перевищувати наявного у специфікації.

Обмеження на об'єм виготовленої основної продукції – пиломатеріалів мають такий вигляд, м³:

$$\sum_{k=1}^m Q_k^{\bar{a}\bar{e}} \cdot \sum_{t=1}^{n_k} q_{ikt}^{\bar{v}\bar{a}} \cdot X_{kt} = V_i^{\bar{v}\bar{a}}; \quad i = \overline{1, z}, \quad (45)$$

де $V_i^{\bar{v}\bar{a}}$ – заданий об'єм пиломатеріалів i -го типорозміру, м³.

Обмеження на об'єм виготовленої додаткової продукції мають такий вигляд, м³

$$\begin{cases} U_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k} q_{ikt}^{\bar{a}\bar{i}1} \times X_{kt} \leq U_i^{\max}; \quad i = \overline{1, u}; \\ W_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k} q_{ikt}^{\bar{a}\bar{i}2} \times X_{kt} \leq W_i^{\max}; \quad i = \overline{1, w}, \end{cases} \quad (46)$$

де $U_i^{\min}$, $U_i^{\max}$, $W_i^{\min}$, $W_i^{\max}$ – відповідно мінімально і максимально допустимий об'єм додаткової продукції i -го виду, м³.

Нерівність (46) є універсальною і означає, що об'єм виготовлюваної додаткової продукції i -го виду повинен знаходитися у межах, які вказано у вхідній інформації. У випадку $U_i^{\min} = U_i^{\max}$, потрібно виготовляти певний фіксований об'єм продукції. Якщо $U_i^{\min} = 0$, а $U_i^{\max} > 0$, то продукцію можна не виготовляти або виготовити не більше заданого об'єму.

В обмеженнях, які характеризують *умови функціонування ТП розкряю* колод хвойних порід, вказується задана частка колод для розкряю на одному основному обладнанні за розвальню-сегментним способом, а друга частина – на іншому обладнанні за розвальню-сегментно-кутовим способом. Також можуть накладатися обмеження на об'єм додаткового розкряю частин колод на допоміжному розкрійному обладнанні, на фонд робочого часу обладнання та ін. Всі вони розглядатимуться за конкретної деталізації запропонованої моделі.

Після розв'язання задачі (методи розв'язання див. розд. 3) ТП комплексного використання деревини колод хвойних порід для виготовлення основної та додаткової продукції характеризуватиметься такими оптимальними структурними показниками:

множиною схем розкряю колод, які увійшли у оптимальний план розкряю

$$\tilde{R}^* = \left\{ \tilde{R}^* = \left\{ R_{kt}^*, \quad t = \overline{1, n_k^*} \right\}, \quad k = \overline{1, m} \right\}; \quad (47)$$

множиною значень кількості колод оптимального плану розкряю

$$\tilde{X}^* = \left\{ \tilde{X}^* = \left\{ X_{kt}^*, \quad t = \overline{1, n_k^*} \right\}, \quad k = \overline{1, m} \right\}; \quad (48)$$

множиною значень комплексних показників оптимального плану розкряю

$$\tilde{E}^* = \left\{ E^{(g)*} = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k^*} E_{kt}^{(g)*} \cdot X_{kt}^*, \quad g = \overline{1, G} \right\}; \quad (49)$$

множиною значень об'ємів використання деревини колод хвойних порід

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{Q}^* &= \left\{ Q_k^* = Q_k^{\text{äë}} \cdot \sum_{t=1}^{n_k^*} X_{kt}^*, \quad k = \overline{1, m} \right\}; \\ Q^* &= \sum_{k=1}^m Q_k^{\text{äë}} \cdot \sum_{t=1}^{n_k^*} X_{kt}^*, \end{aligned} \right. \quad (50)$$

множиною значень об'ємів виготовленої продукції

$$\left\{ \begin{aligned} \tilde{V}^* &= \left\{ V_i^* = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k^*} q_{ikt}^{\text{äi}} \cdot X_{kt}^*, \quad i = \overline{1, z} \right\}; \\ \tilde{U}^* &= \left\{ U_i^* = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k^*} q_{ikt}^{\text{äi}1} \cdot X_{kt}^*, \quad i = \overline{1, u} \right\}; \\ \tilde{W}^* &= \left\{ W_i^* = \sum_{k=1}^m \sum_{t=1}^{n_k^*} q_{ikt}^{\text{äi}2} \cdot X_{kt}^*, \quad i = \overline{1, w} \right\}. \end{aligned} \right. \quad (51)$$

У виразах (47)–(51) символом "*" позначено значення змінних, які вони отримали після розв'язання задачі. За відбраною множиною схем розкрою (47) визначається структура обладнання, призначеного для виготовлення основної та додаткової продукції, розробляється послідовність виконання технологічних операцій. Отримані значення кількості колод оптимального плану розкрою є шуканим розв'язком задачі та основою для визначення всіх решти структурних параметрів. Комплексні показники (49) характеризують ефективність комплексного використання деревини колод хвойних порід, а значення (50) вказують на їхній об'єм, який потрібно використати для виготовлення основної та додаткової продукції. Значення отриманих об'ємів додаткової продукції (51) вказують на асортимент доцільності її виготовлення.

Під час визначення ефективності отриманого плану розкрою колод хвойних порід на пиломатеріали обчислюють їх витрати (50) і виходи основної та додаткової продукції (51), виробничі видатки і прибуток на загальний об'єм, а також на одиницю об'єму запланованої для розкрою деревини і очікувану продукцію. Окрім вказаних, до переліку показників ефективності плану розкрою можуть входити залишки колод хвойних порід і фонд робочого часу розкрійного обладнання, об'єми можливого перевиконання за окремими видами пиломатеріалів і т.д.

3. Особливості розв'язання задачі комплексного використання деревини

Множина схем розкрою (40), функція мети (41) разом з обмеженнями (42)–(46), а також результати розв'язання задачі (47)–(51) утворюють математичну модель розрахунку параметрів оптимального ТП розкрою колод хвойних порід на пиломатеріали, за якою визначають об'єми перероблення сировини, асортименту і об'ємів виготовлення основної та додаткової продукції. Оскільки розглянута вище задача складається з множини вхідних даних, функції мети і системи обмежень, то вона належить до задач лінійного програмування, а для її розв'язання здебільшого використовують цілочисельний симплекс-метод [26, 27, 35], або будь-який комбінаторний метод цілочисельної лінійної оптимізації [4, 9, 10, 14, 28, 32, 34, 37]. Сутність цих методів полягає в таких послідовних переходах від одного допустимого (тобто такого, який задовольняє систему обмежень) розв'язку до іншого, для кожного з яких значення функції мети покращуються.

Результатом розв'язання задачі є оптимальне співвідношення інтенсивності використання можливих схем розкрою, тобто отримання таких значень шуканих змінних, за яких найкраще з огляду на прийнятий (-ті) критерій (-ті) оптимальності забезпечуються задані обмеження.

Ідея комплексного використання деревини є не новою, подібні за змістом математичні моделі в лісопромисловому комплексі розглянуто в низці робіт [13, 19, 23, 29] для виготовлення пиломатеріалів і додаткової продукції. Важливим аспектом практичного застосування таких моделей є вибір показника ефективності схем розкрою, а загалом і плану розкрою для внесення його у функцію мети. Цей вибір залежить від конкретних виробничих потреб і у конкретній ситуації визначається перевагою одного показника перед іншими.

У деяких випадках може виникнути потреба перегляду не одного, а декількох показників ефективності розв'язку, отриманого за переважаючим показником, тобто розглядатиметься багатокритеріальна оптимізаційна задача математичного програмування [7, 16, 24, 25]. З методологічного погляду, ці задачі займають проміжне місце між задачами дослідження операцій [3, 5, 21] і прийняття рішень [15]. Загалом такі задачі можна назвати слабо структурованими, оскільки основне значення в алгоритмі їх розв'язання має пошук компромісу між конкуруючими значеннями розв'язку за різними критеріями. Цей процес здійснює особа, яка приймає рішення (ОПР), залежно від того, чому надається перевага. Наукові дослідження свідчать про те, що найефективнішими для розв'язання багатокритеріальних задач є людино-машинні процедури (ЛМП). На сьогодні відомо багато ЛМП [1, 2, 6, 11, 12, 17, 18, 20, 30].

ЛМП можна уявити як ітеративний процес взаємодії ОПР і ЕОМ. Кожна ітерація складається з двох фаз: аналізу (прийняття рішення), який виконує ОПР, і оптимізації, яку виконує ЕОМ. ЛМП допомагає ОПР зрозуміти особливості задачі та усвідомити потребу компромісу між значеннями, які досягаються за різними критеріями. Від ітерації до ітерації ОПР відшукує кращий розв'язок і одночасно вивчає об'єктивні характеристики задачі, взаємний вплив критеріїв.

Для розв'язання задачі комплексного використання деревини колод хвойних порід доцільно застосувати *метод послідовних поступок* [12, 22, 31, 36], сутність якого полягає в такому. Показники ефективності схем розкрою ранжують. Під час першого розв'язання задачі як критерій оптимальності приймають, наприклад, перший показник. Знайдене загальне значення його погіршують на певну величину і фіксують як обмеження. Потім оптимізують отриманий розв'язок за наступним показником. Знайдене загальне значення його також погіршують на деяку величину, фіксують як обмеження і т.д. При цьому відносно (для певного обмеження) вартість і, за потреби, ступінь зміни поступок встановлює ОПР.

Математична модель (40)–(46) може використовуватися для різних випадків планування розкрою колод хвойних порід на пиломатеріали. Розглянемо деякі з них детальніше.

У першому випадку, коли задана специфікація колод і потрібних пиломатеріалів, але не визначені об'єми додаткової продукції, яку може виготовляти підприємство, знімаються обмеження (46). Як зазначалося вище, якщо $U_i^{\min} = 0$, а $U_i^{\max} > 0$, то додаткову продукцію можна не виготовляти або виготовити не більше заданого об'єму. Якщо ж співвідношення між асортиментом виготовлення додаткової продукції приблизно визначено, то можливі відхилення від них фіксуються у правих частинах цього обмеження.

У другому випадку, коли потрібно підібрати специфікацію колод, яка забезпечує виготовлення заданої специфікації пиломатеріалів і додаткової продукції, знімається обмеження (44).

У третьому випадку, коли задані специфікація колод, і специфікації основної та додаткової продукції, то в модель потрібно внести всі види обмежень. У разі несумісності умов дослідження моделі отриманий розв'язок задачі (48) разом з обчисленими (49)–(51) може дати відповідь на запитання стосовно внесення необхідних змін у обмеження, наприклад, у показники ефективності плану розкрою (42), у специфікацію колод (44) і (або) у специфікацію пиломатеріалів (45) чи додаткової продукції (46) для їх взаємного узгодження.

Розглянуті випадки можуть траплятися під час планування виробничої діяльності будь-якого лісопилного чи деревообробного цеху, а також під час формування проєктів технічних завдань на виготовлення пиломатеріалів цехам, які мають свою самостійну, тобто не пов'язану з завданнями для інших підприємств, специфікацію пиломатеріалів.

Розроблену модель можна також використовувати для визначення впливу різних виробничих факторів (різні типорозміри колод, частка колод для розкрою за різними схемами, співвідношення об'ємів розкрою колод і додаткового розкрою її частин і ін.) на ТЕП діяльності розкрійних дільниць.

Висновки

1. Внаслідок розкрою колод хвойних порід отримуємо основну продукцію – пиломатеріали і відходи: куски, рейки, обпапи, тирсу. Встановлено, що намагання підвищити ефективність використання деревини колод призводить до збільшення виробничих видатків, а значить – і до зростання собівартості процесу виготовлення пиломатеріалів. Пропонується в умовах економічної кризи з відходів колод виготовляти різну додаткову продукцію за мінімальної її собівартості, що у сукупності дещо зменшить собівартість процесу виготовлення пиломатеріалів. Питання доцільності впровадження такого заходу потрібно вирішувати шляхом планування розкрою колод з урахуванням можливості виготовлення основної та додаткової продукції, тобто здійснювати оптимізацію комплексного використання деревини колод під час виготовлення радіальних пиломатеріалів.

2. Для розв'язання задачі комплексного використання деревини колод підібрано і математично описано відповідні ТЕП ефективності схем розкрою та розроблено оптимізаційну математичну модель, яка забезпечить обов'язкове виконання запланованого об'єму пиломатеріалів, а також дасть змогу визначити асортимент і об'єм виготовлення додаткової продукції.

Розглянуто методи розв'язання такої комплексної задачі та деякі особливості їх застосування. Запропонована математична модель може застосовуватися для розроблення різних технологічних процесів, які забезпечують комплексне використання деревини колод під час виготовлення пиломатеріалів з мінімальними виробничими витратами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко Н.А. Методы и алгоритмы решения задач рационального проектирования / Н.А. Бондаренко // Комбинаторная геометрия и оптимальные размещения. – К. : Изд-во Ин-та кибернетики АН УССР, 1972. – С. 126-156.
2. Бурков В.Н. Методы решения экстремальных комбинаторных задач / В.Н. Бурков, С.Б. Ловецкий // Техническая кибернетика : Изв. АН СССР. – 1968, 4. – С. 82-93.
3. Вагнер Г. Основы исследования операций. – М. : Изд-во "Мир". – 1973. – Т. 1-3.
4. Вдовин С.И. Повышение коэффициента использования металла при поэлементной вырубке // Кузнечно-штамповочное производство. – 1980. – С. 17-18.
5. Вентцель Е.С. Исследование операций: Задачи, принципы, методология. – М. : Изд-во "Наука", 1980. – 208 с.
6. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ : учебник [для вузов] / В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Б.Л. Огарков / под ред. В.А. Вознесенского. – К. : Изд-во "Выща шк.", 1989. – 328 с.
7. Гольштейн Е.Г. Деловая система анализа многокритериальных задач / Е.Г. Гольштейн, Э.П. Борисова, М.С. Дубасон // Экономика и математические методы. – М. : Изд-во "Наука". – 1990. – Т. 26, вып. 4. – С. 48-52.
8. Гончаров Н.А. Технология изделий из древесины : учебн. [для вузов] / Н.А. Гончаров, В.Ю. Башинский, Б.М. Буглай. – 2-е изд. [испр. и доп.]. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1990. – 528 с.
9. Грицюк Ю.І. Розміщення прямокутних об'єктів як один із підходів до розв'язання класу оптимізаційних задач розкрою в лісопромисловому комплексі // Проблеми автоматизації лісопромислового комплексу : матер. наук.-практ. конф. – Львів : Вид-во УкрДЛТУ. – 1996. – С. 55-61.
10. Гуляницький Л.Ф. Комбинаторный подход к решению одного класса задач размещения / Л.Ф. Гуляницький, С.А. Мальшко. – Киев, 1988. – 19 с. (Препр./ АН УССР. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 88-32).
11. Демьянов В.Ф. Приближенные методы решения экстремальных задач / В.Ф. Демьянов, А.М. Рубинов. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1968. – 180 с.
12. Емеличев В.А. Дискретная оптимизация. Последовательные схемы решения, I-II // Кибернетика. – 1971, 6. – С. 109-129; 2, 1972.
13. Калитеевский Р.Е. Технология лесопиления. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1986. – 264 с.
14. Карп Р. Сходимость комбинаторных задач // Кибернетический сборник. – 1975. – Вып. 12. – С. 136-145.
15. Ларичев О.И. Наука и искусство принятия решений. – М. : Изд-во "Наука", 1979. – 186 с.
16. Ларичев О.И. Аналитический обзор процедур решения многокритериальных задач математического программирования / О.И. Ларичев, А.Д. Никифоров // Экономика и математические методы. – М. : Изд-во "Наука". – 1986. – Т. XXII, вып. 1. – С. 508-523.
17. Лившиц В.Н. Выбор оптимальных решений в технико-экономических расчетах. – М. : Изд-во "Экономика", 1971. – 255 с.
18. Малков У.Х. Алгоритм решения распределительной задачи // ЖВМ и МФ. – 1962, 2, 2. – С. 358-366.
19. Межов И.С. Основы повышения объемного и спецификационного выхода заготовок при раскросе бревен брусосегментным способом на специализированном оборудовании : автореф. дисс. на соискание учен. степени д-ра техн. наук. – Санкт-Петербург. – 1994. – 33 с.
20. Михалевич В.С. Вычислительные методы выбора оптимальных проектных решений / В.С. Михалевич, Н.З. Шор, Л.А. Галустрова, Н.Г. Журбенко, А.И. Момот, А.Н. Сибирко, В.А. Трубин, Г.Н. Юн / под ред. В.С. Михалевича. – К. : Изд-во "Наук. думка". – 1977. – 178 с.

21. Никайдо Х. Выпуклые структуры и математическая экономика. – М. : Изд-во "Мир", 1972. – 517 с.
22. Падиновский В.В. Оптимизация по последовательно применяемым критериям / В.В. Падиновский, В.Н. Гаврилов. – М. : Изд-во "Сов. радио", 1975. – 192 с.
23. Петровский В.С. Оптимальная раскряжевка лесоматериалов : учебн. [для вузов]. – 2-е изд. [перераб. и доп.]. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1989. – 288 с.
24. Пижурич А.А. О многокритериальной задаче раскряжки композиционных листовых древесных материалов / А.А. Пижурич, Г.И. Козлов // 5 Симпозиум : Модификация древесины. – Познань, 1985. – С. 316-321.
25. Подиновский В.В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В.В. Подиновский, В.Д. Ногин. – М. : Изд-во "Наука", 1982. – 243 с.
26. Романовский И.В. Методы неявного перебора для решения задач целочисленного программирования с бивалентными переменными // Математика : Изв. вузов. – 1970. – №4. – С. 17-29.
27. Саати Т. Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы : пер. с англ. В.Н. Веселова / под ред. И.А. Ушакова. – М. : Изд-во "Мир", 1973. – 302 с.
28. Сергиенко И.В. Математические модели и методы решения на ЭВМ комбинаторных задач оптимизации. – К. : Изд-во "Наук. думка", 1985. – 380 с.
29. Соболев И.В. Управление производством пиломатериалов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть". – 1981. – 184 с.
30. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. – М. : Изд-во "Наука", 1974. – 224 с.
31. Фиакко А. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной минимизации : пер. с англ. Б.И. Алейникова, М.М. Берковича // А. Фиакко, Г. Мак-Кормик / под ред. Е.Г. Гольштейна. – М. : Изд-во "Мир", 1972. – 240 с.
32. Фридман А.А. Исследование эффективности решения дискретных и комбинаторных задач / А.А. Фридман, Ю.И. Хмелевский, М.А. Фрумкин, Е.В. Левнер. – М. : ЦЭМИ АН СССР, 1976. – 264 с.
33. Химерик Т.Ю. Использование отходов деревообрабатывающей промышленности в строительстве / Т.Ю. Химерик, Э.М. Долгий, Г.С. Томин. – К. : Изд-во "Будивельник", 1989. – 96 с.
34. Холл М. Комбинаторика. – М. : Изд-во "Мир", 1970. – 420 с.
35. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. – М. : Изд-во "Мир", 1974. – 520 с.
36. Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. – М. : Изд-во "Наука", 1976. – 272 с.
37. Gryciuk Juri. Rozmieszczenie obiektow prostokatnych na wstedze jako sposob rozwiazywania zadan z zakresu optymalizacji rozkrojow materialow stosowanych w przetworstwie drewna / Juri Gryciuk, Wojciech Lis // Intercathedra '97: Bulletin of Bulletin of Plant – Economic Department of the European Wood Technology University studies. – Poznan. – No 13, 1997. – P. 87-93.

Yu. I. Gryciuk, S. I. Koshyrets

THE COMPLEX USE OF WOOD FROM CONIFEROUS TREE SPECIES LOGS IN THE PROCESS OF SAW-TIMBER MATERIALS PRODUCING

The problem of compromise administrative decision making is considered in relation to the complex using of wood of logs of coniferous tree species for basic products of saw-timbers making and additional products produced from the wood wastes. For the decision of this problem the proper technical and economic indexes of charts efficiency cut out logs on saw-timbers are selected and mathematically described. An mathematical optimization model, which provides obligatory implementation of the planned volume of saw-timbers, and also enables to define an assortment and volume of additional products making, is developed. The methods of such complex task decision and some features of their application are considered. Proposed mathematical model can be used for planning of different technological processes which provide the complex using of wood logs for saw-timbers making with minimum production costs.

