

Львівський лісотехнічний інститут
імені академіка П. С. Погребняка

На правах рукопису

ГРИЦЮК
Юрій Іванович

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗКРОЮ ДСП ІА МЕБЛЕВІ ЗАГОТОВКИ

Спеціальність: 05.21.05 — Технологія і устаткування
деревобробних виробництв,
деревинознавство

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1993



00814812 (O)

Робота виконана на кафедрі обчислювання технологічних процесів Інституту імені академіка П. С. Погребняка

- Наукові керівники** - доктор технічних наук,
професор Д. Л. Дудик
- кандидат фіз.-мат. наук,
доцент В. С. Дорожовський
- Офіційні опоненти** - доктор технічних наук,
професор М. Д. Гірник
- кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник
І. Г. Дерев'яно
- Провідна установа** - Івано-Франківський проектний
конструкторсько-технологічний
інститут

Захист відбудеться "29" червня 1993 р. в "10" годин
на засіданні спеціалізованої вченої ради 068.29.02 у Львів-
ському лісотехнічному інституті імені академіка П. С. Погреб-
няка (290067, м. Львів, вул. Пушкіна, 103, зал засідань)

В дисертаціях можна ознайомитися в бібліотеці Львівського
лісотехнічного інституту імені академіка П. С. Погребняка

А. Торефорат розіслано "25" травня 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Т. А. Носовський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

При нинішній неадекватній для переходу до ринку економічній організації господарства доводиться констатувати, що лісосировинні ресурси України виснажені надмірними рубками, а це призвело до неоправданої шкоди природному середовищу, екологічного дисбалансу. Для виходу з економічної кризи, несприятливої екологічної ситуації, що охопили країну і забезпечення промисловості сировиною необхідна переорієнтація структури використання деревини за рахунок її комплексної переробки, різкого скорочення втрат на стадіях первинної обробки, зменшення використання ділової деревини шляхом збільшення випуску листових і плитних деревних матеріалів.

Використання ДСТП як конструкційного матеріалу в деревообробній і меблевій промисловості постійно зростає. Виробництво виробів з цього матеріалу визначається складними технологічними процесами, високою концентрацією і спеціалізацією підприємств, тісно пов'язане з системою галузевої уніфікації виробів. Розкрюкування ДСТП як одна із стадій первинної обробки здійснюється за наперед розробленими картами, які призначені для встановлення координат поперечних і подовжніх пропилів, забезпечення комплектності заготовок і максимального використання сировини. Для виконання останніх двох пунктів складаються плани розкрою. Тому одним із шляхів раціонального використання ДСТП як сировини є моделювання карт і оптимізація плану розкрою із застосуванням математичних методів і ЕОМ.

На сьогодні задачі розрахунку оптимального плану розкрою приділено багато уваги і розроблено ефективні методи і розв'язання, переважна більшість яких базуються на симплексному алгоритмі. Оптимізуються як одно-, так і багатокритеріальні плани розкрою для різних постановок задач. Проте, для формування карт розкрою доволіної складності ще немає достатньо ефективних методів. Це пов'язано з тим, що на сьогодні розкрюкування ДСТП здійснюється за різними технологіями і рівному обладнанні по відповідних картах, внаслідок чого послідовні дослідникам не вдалось уважити алгоритми їх формування. На наш погляд, процес формування карт і оптимізацію плану розкрою необхідно розглядати як одну комплексну задачу, а це вимагає проведення додаткових досліджень. Крім того, на сьогодні не розроблено перспективних напрямків щодо раціональної конструкції обладнання яке б мало конструктивних обмежень в межах розкрюваного матеріалу.

Враховуючи викладене вище, дослідження, пов'язані з розробкою ефективних алгоритмів формування карт розкрою довільної складності, алгоритму моделювання карт і оптимізації плану розкрою як однієї комплексної задачі, схеми раціональної конструкції обладнання для розкрою ДСТП на заготовки, є актуальними.

Мета роботи і задачі дослідження

Розробити теоретичні положення щодо: алгоритмів формування карт розкрою довільної складності; оптимізації багатокритеріального плану розкрою; автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізацією плану розкрою в сукупності. Розроблене на цій основі програмне забезпечення повинно пристосовуватися до будь-якої постановки задачі, адаптуватися до конкретної технології та розкрійного обладнання. Запропонувати схему раціональної конструкції обладнання для розкрою ДСТП на заготовки.

Методи дослідження

Теоретичні дослідження виконано з використанням основних положень теорії лінійного програмування, теорії графів і математичного моделювання. За математичну основу розроблених теоретичних положень процесу моделювання карт і оптимізації плану розкрою прийнято чисельні методи аналізу, а достовірність роботи розроблених алгоритмів перевірялась на тестових задачах. Адекватність результатів, отриманих за допомогою розробленого програмного забезпечення, перевірялась на специфікаціях стосовно конкретних технологій та обладнання. Запропонована схема конструкції раціонального обладнання для розкрою ДСТП на заготовки обговорювалась зі спеціалістами в галузі його проектування і конструювання.

Наукова новизна

Досягнуто узагальнення в теорії формування карт розкрою довільної складності. Розроблені алгоритми повного перебору для одновимірної та багатовимірної задач розташування заготовок на розкрійному матеріалі дозволяють переглянути всі можливі варіанти карт і вибрати серед них потрібні для оптимізації плану розкрою.

Розроблені евристичні алгоритми врахування технологічних і конструктивних обмежень дозволяють з достатньою точністю формувати карти розкрою довільної складності стосовно конкретної технології та обладнання.

Перше розроблено алгоритм автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізацією плану розкрою, який дозволяє генерува-

ти карти в потрібному напрямку з внесенням до них заготовок порційно до планових потреб.

Сперше розроблено математичну модель поетапної оптимізації багатокритеріального плану розкрою, яка розглядає на кожному етапі порівняно невелику множину карт, що дозволяє розв'язувати задачі з великою специфікацією заготовок.

Розроблене програмне забезпечення для моделювання карт і оптимізації плану розкрою для ПЕОМ сумісних IBM PC дозволяє здійснювати його адаптацію до конкретних виробничих умов.

На основі теоретичних досліджень запропоновано схему раціональної конструкції обладнання для розкрою ДСТП на заготовки, яке немає конструктивних обмежень в межах розкроюваного матеріалу.

Практична цінність

Використання розробленого програмного забезпечення для моделювання карт і оптимізації плану розкрою ДСТП на мебелі заготовки дозволить: підвищити корисний вихід заготовок до 3% порівняно з нормативним; реалізувати резерви підвищення продуктивності розкрійного обладнання; ефективніше впроваджувати засоби автоматизації для технологічної підготовки виробництва заготовок; полегшити роботу інженерів-технологів у процесі формування карт і складання плану розкрою.

Розроблені теоретичні положення та алгоритми автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізації плану розкрою, а також його поетапна оптимізація носять узагальнюючий характер, які можна використати при розв'язанні аналогічних задач деревосробки.

Результати теоретичних досліджень можна використати для вдосконалення організації технологічного процесу розкрою, а запропоновану схему конструкції розкрійного обладнання можна взяти за основу для його подальшого проектування.

Розроблене програмне забезпечення може використовуватися науковими та проєкційними організаціями для визначення точних витрат сировини на виробі та розрахунку продуктивності обладнання стосовно конкретних виробничих ситуацій.

Реалізація та грядучі результати роботи

Розроблене програмне забезпечення для моделювання карт і оптимізації плану розкрою ДСТП планується впровадити в підприємствах деревосробної та меблевої промисловості.

Результати теоретичних досліджень і розроблене програмне забезпечення використовуються в учбовому процесі на кафедрі обчислювальної техніки та моделювання технологічних процесів і технології виробів з деревини Львівського лісотехнічного інституту.

Основні положення, які виносяться на запис

Теоретичні положення процесу формування карт і складання плану розкрою ДСТП на заготовки. Розроблені на основі цих положень:

- алгоритми певного перебору для одновимірної та багатовимірної задач розташування заготовок на розкрійному матеріалі;
- алгоритм генерування карт розкрою в потрібному напрямку з внесенням до них заготовок пропорційно до планової потреби;
- евристичні алгоритми врахування технологічних і конструктивних обмежень при моделюванні карт розкрою;
- алгоритм автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізацією плану розкрою;
- математична модель поетапної оптимізації багатокритеріального плану розкрою;
- результати розрахунків оптимальних планів розкрою;
- схема раціонального обладнання для розкрою ДСТП на заготовки.

Агробація роботи

Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на Республіканському науково-технічному семінарі "Автоматизація досліджень, проектування і конструювання лісних і деревообробних машин" (ЛЛТІ) 1990 р.; на другій Міжнародній конференції "Проблеми українізації комп'ютерів" (ЛПІ) 1992 р.; на Республіканській науково-методичній конференції "Використання персональних ЕОМ в учбовому процесі ВУЗу" (ЛДУ) 1992 р.; на Республіканській науково-технічній конференції "Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу регіону" (Луцьк) 1993 р.; на науково-технічних конференціях і семінарах Львівського лісотехнічного інституту (Львів) 1990, 1991, 1992, 1993 р.р. Робота в цілому обговорена на розширеному засіданні наукового семінару кафедри ОТ і МП ЛЛТІ.

Публікації

Основні наукові результати стосовно теми дисертаційної роботи опубліковано в 9 друкованих працях.

Структура та обсяг роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури в кількості 65 назв і додатку. Основний матеріал викладено на 178 сторінках машинописного тексту, в тому числі 22 рисунки і 9 таблиць. Додаток викладено на 25 сторінках. Загальний обсяг дисертації складає 194 сторінки.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми, визначена мета роботи і задачі дослідження, показана наукова новизна і практична цінність, сформульовані основні положення, які виносяться на захист.

В першому розділі розглянуто основні особливості розкрою ДСТП, дана характеристика розкроюваного матеріалу, отриманої продукції та розкрійного обладнання, термінологічно описано такі поняття, як схема, спосіб і карта розкрою.

Розглянуто технологічні та конструктивні обмеження, які впливають на процес формування допустимих карт розкрою. Охарактеризовано техніко-економічні показники для оцінки на виробництві плану розкрою. Проведено аналіз основних робіт, що стосуються розкрою листових матеріалів. Виявлено, що в деяких галузях промисловості досягнуті певні успіхи при вирішенні цієї проблеми.

Розглянуто основний принцип оптимізації багатокритеріального плану розкрою ДСТП на заготовки. На основі проведених теоретичних досліджень встановлено, що оптимальність плану розкрою носить відносний характер - план є оптимальним стосовно до розглянутої множини карт розкрою.

Проведено аналіз основних напрямків досліджень, пов'язаних з розкром ДСТП на мебелі заготовки. На основі проведеного аналізу встановлено, що для ефективного розв'язання задачі розкрою необхідно розглядати процес моделювання карт і оптимізацію плану розкрою в комплексі як одну задачу з застосуванням методів математичного моделювання та оптимізації, а програмне забезпечення повинно адаптуватись до будь-якої постановки задачі, настроюватись під конкретну технологію та розкрійне обладнання.

В другому розділі розглянуто виробничо-господарську ситуацію та проведено аналіз умов функціонування задачі розкрою ДСТП. На сьогодні розкрій ДСТП на заготовки здійснюється в умовах як крупносерійного, так і дрібносерійного виробництва. В умовах ринкової економіки найпоширенішими є гнучкі дрібносерійні виробництва. З розглянутих постановок задач вибрано найпридатнішу для дрібносерійного виробництва.

Визначено чотири групи факторів, які впливають на процес моделювання карт і оптимізацію плану розкрою. Такими групами факторів є: параметри, які характеризують розкроюваний матеріал; параметри, які характеризують отриману продукцію; параметри, які описують технологічні та конструктивні обмеження; параметри, які описують критерії

оптимізації. Визначено основні: вхідні постійні параметри; поточні змінні параметри; технологічні та конструктивні обмеження; структурні компоненти допустимого плану розкрою; структурні компоненти ефективності отриманого плану розкрою. Дано обґрунтування вибору форми обмежень на виготовлення заготовок при розв'язанні задачі розкрою в виробничих умовах. Зокрема, до структурних компонентів плану розкрою відносяться:

- множина карт розкрою

$$\overline{KR} = \{ \overline{KR}_{11}, \overline{KR}_{12}, \dots, \overline{KR}_{jk}, \dots, \overline{KR}_{M,M} \}; \quad (1)$$

- множина значень шуканого цілочисельного розв'язку задачі

$$\overline{X} = \{ X_{11}, X_{12}, \dots, X_{jk}, \dots, X_{M,M} \}; \quad (2)$$

- множина ефективностей карт розкрою

$$\overline{E} = \{ E_{11}, E_{12}, \dots, E_{jk}, \dots, E_{M,M} \}. \quad (3)$$

де \overline{KR}_{jk} - характеристики k -ої карти для плит j -го типорозміру;

\overline{E}_{jk} - ефективності k -ої карти для плит j -го типорозміру:

$$\overline{E}_{jk} = \{ E_{1jk}, E_{2jk}, \dots, E_{jk}, \dots, E_{Rjk} \}; \quad (3^*)$$

X_{jk} - кількість плит j -го типорозміру, розкритих за k -ою картою;

M - кількість типорозмірів плит;

N_j - кількість карт для плит M -го типорозміру;

P - кількість критеріїв оптимізації.

До структурних компонентів ефективності плану розкрою відносяться:

- критерії оптимізації (функції мети)

$$\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{N_j} E_{ijk} \cdot X_{jk} = B_i \quad (i=1, P); \quad (4)$$

- баланс планової потреби заготовок

$$\sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{N_j} A_{ijk} \cdot X_{jk} = B_i \quad (i=1, K); \quad (5)$$

- використання плит

$$\sum_{k=1}^{N_j} C_{jk} \cdot X_{jk} \leq D \quad (j=1, M). \quad (6)$$

де A_{ijk} - вихід i -ої заготовки з плит j -го типорозміру, розкритих за k -ою картою;

C_{jk} - відповідність k -ої карти плитам j -го типорозміру.

Дано визначення основних понять, які використовуються при формуванні карт. Сутність процесу формування карт розкрою полягає в отриманні таких комбінацій розташування заготовок у межах розкроюваного матеріалу, які дають високий корисний вихід і сприяють виконанню плану розкрою з дотриманням комплексу заготовок пропорційно до їх планових потреб. Процес формування карт залежить від схеми роз-

крою, технологічних і конструктивних обмежень, групи застосовуваного обладнання. Хоча вибір схеми і способу формування карт розкрою розглядався багатьма дослідниками, проте був відсутній комплексний підхід у вирішенні даної задачі, яка є не менш складною, ніж пошук оптимального плану розкрою.

На конкретних прикладах обґрунтовано доцільність використання складних карт для покращення ефективності плану розкрою і виявлено комплексний підхід до процесу формування довільних карт розкрою. Зокрема, конструктивні особливості обладнання і розвантажувачих пристроїв, спосіб розвантаження, розташування заготовок на карті розкрою, механізація і автоматизація робіт впливають на допустиму кількість рівних заготовок, які можна отримати одночасно при розкроюванні. ДСТП за конкретною картою. А це позначається на обсязі відходів з карти плану розкрою. Використання складних карт залежить від можливостей розкрійного обладнання, тобто виникають труднощі в їх реалізації, а також збільшується тривалість процесу розкрою, яка пов'язана з собівартістю заготовок. Намагання зменшити обсяг відходів призводять до необхідності формування карт з більшою тривалістю процесу розкрою, в результаті чого підвищується їх складність, а це вимагає застосування обладнання з більшими можливостями. Залежно від обсягу відходів, складності реалізації і тривалості процесу розкрою, карти можна поділити на:

- прості, реалізація яких займає небагато часу, але передбачає значні відходи (карти розкрою у вигляді сітки);
- середньої складності, реалізація яких триваліша, передбачає невеликі відходи (карти розкрою у вигляді двох і більше сіток);
- складні, реалізація яких займає найбільше часу, але передбачає незначні відходи (карти розкрою основної та головної частин).

Наведено критерії оптимізації плану розкрою, здійснена їх класифікація та розроблено рекомендації стосовно обґрунтування і вибору на виробництві. В загальному випадку критерії оптимізації можна поділити на три групи. Перша група критеріїв характеризує багаторічне використання матеріалу. До неї відносяться: коефіцієнт корисного виходу заготовок, загальний обсяг відходів, загальна площа або кількість плит. Залежно від того, як задається планова потреба заготовок, кількість типорозмірів плит, а також специфіка організації виробництва, для оцінки ефективності плану розкрою можна обрати за критерій оптимізації тільки один з наведених показників. Друга група критеріїв характеризує ефективність роботи обладнання, яку можна

оцінити загальною затратою робочого часу та середньозваженою тривалістю робочого циклу процесу розкрою. Загальна вартість плит, загальна вартість роботи обладнання та загальні затрати на матеріал і роботу обладнання відносяться до третьої групи критеріїв, яка характеризує затрати, пов'язані з розкроюваним матеріалом і роботою розкрійного обладнання. Показником, який пов'язує перші дві групи критеріїв, є продуктивність розкрійного обладнання.

Проведено аналіз автоматизованого (інтерактивного) та автоматичного режимів роботи за допомогою ЕОМ над процесом формування карт і складання плану розкрою. Встановлено, що найпоширенішим на виробництві є автоматичний режим роботи. Запропоновано підхід до автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізацією плану розкрою, який істотно відрізняється від відомих методів розв'язання подібного класу прикладних задач.

Запропоновано алгоритм поетапної оптимізації плану розкрою, який дає можливість реалізувати на ЕОМ задачі з великою кількістю заготовок за рахунок зменшення розмірів системи обмежень на кожному етапі, оскільки розглядається невелика кількість допустимих карт. В зв'язку з тим, що функції мети (4), умови балансу потрібної кількості заготовок (5) і використання плит (6) є лінійними, то значення критеріїв оптимізації \bar{E} можна виразити через суму критеріїв окремих частин функції, тобто

$$\bar{E} = \bar{E}^1 + \bar{E}^2 + \dots + \bar{E}^t + \dots + \bar{E}^l, \quad (7)$$

де t - кількість частин функції \bar{E} . Отримані значення критеріїв \bar{E}^t можуть мати незначні відхилення від \bar{E} , які істотно не впливатимуть на загальний розв'язок задачі. В зв'язку з цим можна скористатись поетапним уточненням плану розкрою ДСТП з оптимізацією кожного етапу. На рис. 1 показана геометрична інтерпретація запропонованого алгоритму, в якому за критерій оптимізації прийнято корисний вихід заготовок.



Рис. 1. Геометрична інтерпретація поетапної оптимізації плану розкрою.

Розроблено математичну модель поетапної оптимізації плану розкрою ДСП, сутність якої полягає в знаходженні екстремуму функції

$$E_l = \text{extr}(E_{11}^{(l)}, E_{12}^{(l)}, \dots, E_{jk}^{(l)}, \dots, E_{(k-1)k}^{(l)}), \quad l = \overline{1, L} \quad (8)$$

при обмеженнях на:

- наявну кількість плит $X_{jk}^{(l)} \leq D_j^{(l)}, \quad j = \overline{1, N}$ (9)

- потрібну кількість заготовок:

основної $\Delta E_0^{(l)} = B_0^{(l)}$ (10)

допоміжних $\Delta B_i^{(l)} \leq B_i^{(l)}, \quad l = \overline{1, K}; \quad l \neq 0.$

Тоді математична модель процесу моделювання карт на l -му етапі оптимізації плану розкрою записується:

- параметрами карт і плану розкрою у вигляді векторної функції від вхідних \bar{U} , керуючих \bar{V} і збурних \bar{Z} параметрів

$$\bar{W} = f(\bar{U}, \bar{V}, \bar{Z}); \quad (11)$$

- ефективностями отриманого плану розкрою у вигляді векторної функції від основних показників процесу

$$\bar{E} = f(\bar{U}, \bar{V}, \bar{W}, \bar{Z}); \quad (12)$$

- обмеженнями у вигляді векторної функції з двосторонніми нерівностями, які зв'язують основні показники процесу

$$\bar{0}^* \leq f(\bar{U}, \bar{V}, \bar{W}, \bar{Z}) \leq \bar{0}^*. \quad (13)$$

Задача процесу моделювання карт на l -му етапі оптимізації плану розкрою ДСП на заготовки зводиться до знаходження таких значень керуючих параметрів \bar{V} і заданих значеннях вхідних параметрів \bar{U} , дії на керуючі збурних параметрів \bar{Z} , щоб отримати параметри карт і плану розкрою (11) і на базі них досягти екстремум функцій (12) при обмеженнях (13).

Розроблено математичну модель поетапної оптимізації багатокритеріального плану розкрою ДСП. Оскільки ефективність плану розкрою ДСП оцінюється не одним, а декількома техніко-економічними показниками, то задача розкрою носить багатокритеріальний або векторний характер. Наявність різних критеріїв робить задачу вибору оптимального варіанту не так визначеною, як в однокритеріальному випадку. Вирішується дана проблема шляхом узгодження різних критеріїв. Найпоширенішим є метод згортання критеріїв, який базується на переході від багатьох критеріїв до єдиного еквівалентного критерія оптимізації:

$$EE = \sum_{i=1}^G \alpha_i \frac{E_i - E_i^{\min}}{E_i^{\max} - E_i^{\min}}, \quad (14)$$

де G - кількість критеріїв;

E_i, α_i - відповідно значення і ваги i -го критерія.

E_i^{\min}, E_i^{\max} - відповідно мінімальне і максимальне значення i -го критерія.

Тоді задачу векторної оптимізації можна записати, як

$$EE_0 - f(\bar{U}, \bar{V}, \bar{W}, Z) \rightarrow \text{extr.} \quad (15)$$

В третьому розв'язі визначено діапазон прийняття числових значень для постійних і змінних параметрів, для обмежень задачі, від яких залежить деталізація математичної моделі процесу моделювання карт і оптимізації плану розкрою та вибору підходу до її програмної реалізації на ПЕОМ.

Розроблено загальні підходи до процесу формування карт розкрою довільної складності. Узагальнено основні положення процесу розкрою плит за довільними картами, сутність яких зводиться до того, що спочатку матеріал розрізається на смуги, а потім смуги на заготовки. Якщо дозволяє технологічний процес, то здійснюється дорозкромлювання окремих частин матеріалу. Здебільшого розташування смуг здійснюється вздовж плити. Але деякі взірці розрідного обладнання дозволяють спочатку ділити великі плити по довжині на дві частини (основну та головну), а кожна з них потім окремо розрізається за різними картами. В основній частині (яка є лише 2/3 від всієї довжини ДСП) смуги, розташовуються вздовж матеріалу, а в головній частині смуги можуть бути напрямлені як вздовж, так і впоперек плити. Принцип дорозкромлювання будь-якого залишку аналогічний до схеми розкрою всієї плити або основної чи головної частин, тобто, спочатку на смуги, а потім смуги на заготовки.

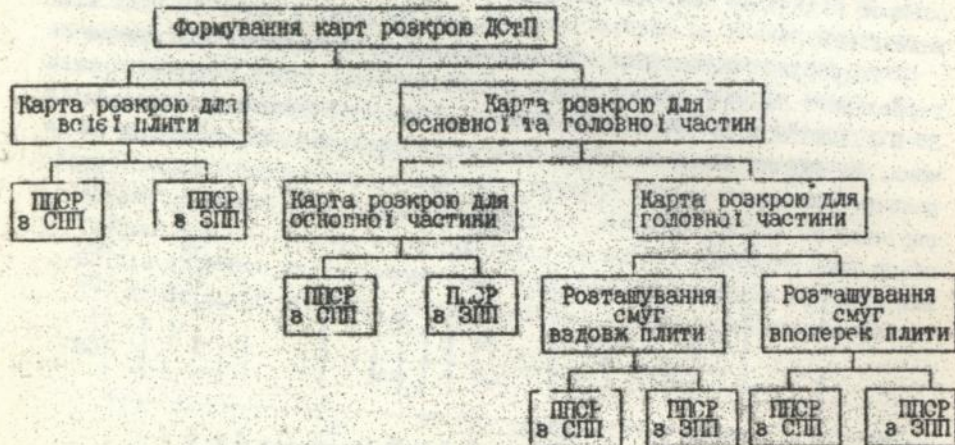


Рис. 2. Структурна схема формування карт розкрою ДСП
П.СР в СПП (ЗПП) - поперечно-повздовжня схема розкрою з суцільними (зміщеними) поперечними пропилами.

Схема розкрою (рис. 2) для всієї плити може бути поздовжньо-поперечною з суцільними або зміщеними поперечними пропилами, а при розкроюванні основної та головної частин, крім наведених схем, може застосовуватись і їх комбінація.

Щоб сформувати карту розкрою для всієї плити, її основної або головної частин, чи для окремих частин дорозкроюваного матеріалу, необхідно мати їх розміри та звести орієнтацію смуг. Це означає, що достатньо розробити алгоритм формування карт розкрою для деякої абстрактної частини матеріалу (рис. 3), а вже для конкретної плити чи її будь-якої частини ця процедура виконується аналогічно.

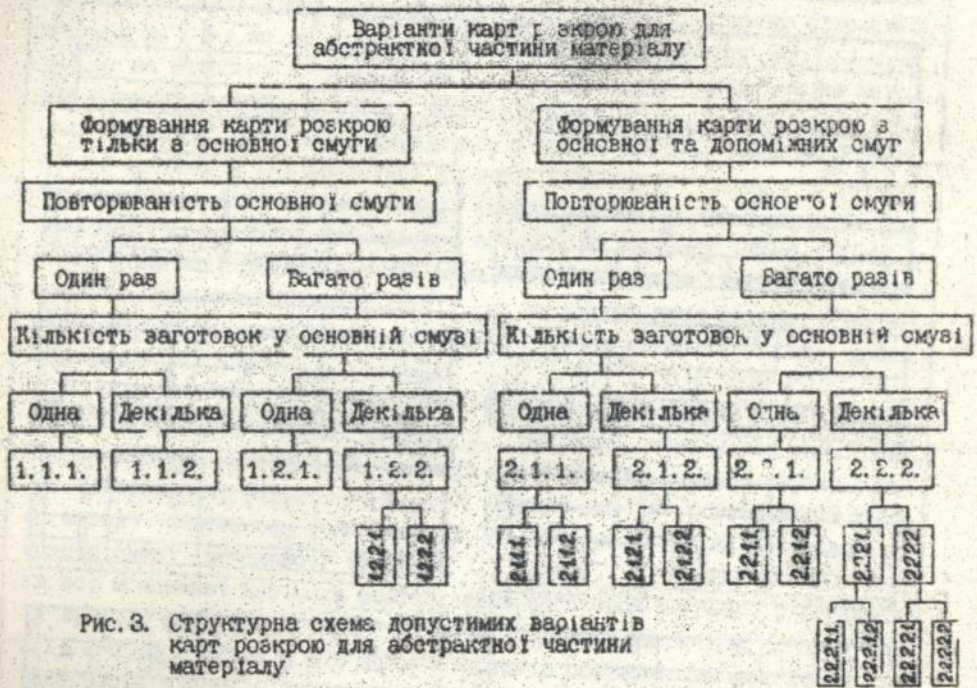
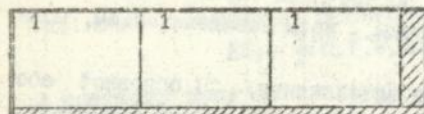
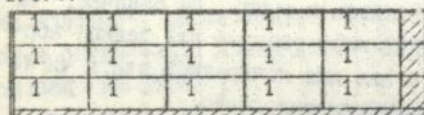


Рис. 3. Структурна схема допустимих варіантів карт розкрою для абстрактної частини матеріалу.

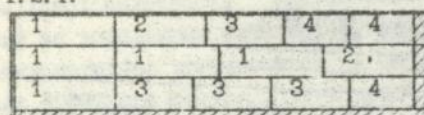
Розглянуто принцип формування можливих карт (рис. 4) для довільної частини розкроюваного матеріалу і дана їх порівняльна характеристика стосовно складності реалізації на існуючому обладнанні. Розроблено алгоритм зменшення тривалості процесу розкрою деяких складних карт і виявлено основні особливості процесу дорозкрою окремих частин матеріалу.



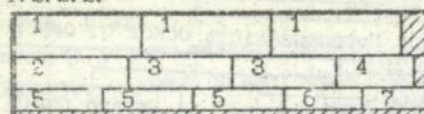
1.1.1.



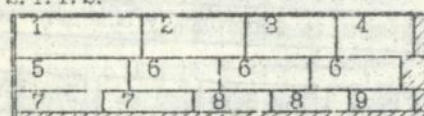
1.2.1.



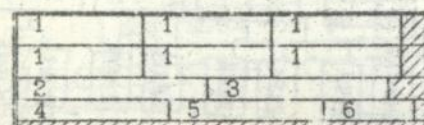
1.2.2.2.



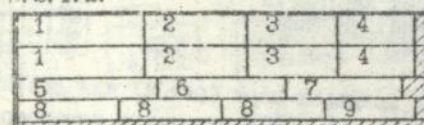
2.1.1.2.



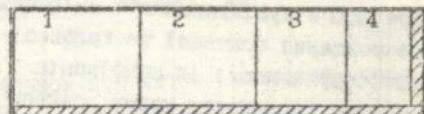
2.1.2.2.



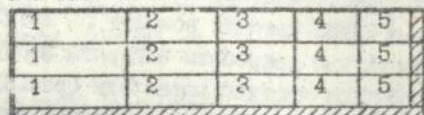
2.2.1.2.



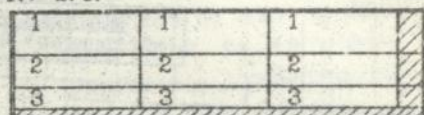
2.2.2.1.2.



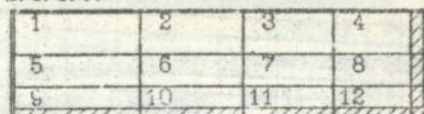
1.1.2.



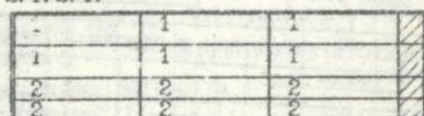
1.2.2.1.



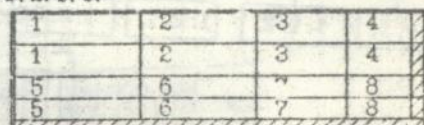
2.1.1.1.



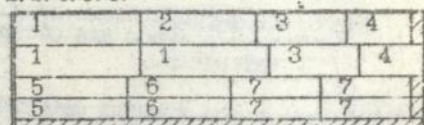
2.1.2.1.



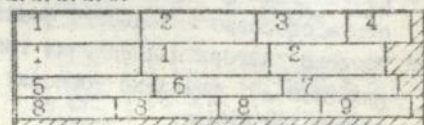
2.2.1.1.



2.2.2.1.1.



2.2.2.2.1.



2.2.2.2.2.

Fig. 4. Variants of layout cards.

Запропоновано методику процесу формування карт розкрою стосовно одновимірної, двовимірної та багатовимірної задачі розташування заготовок на розкроюваному матеріалі, розроблено для них відповідні математичні моделі та алгоритми повного перебору з використанням положень теорії графів.

Оскільки розкрій на технологічному обладнанні ведеться спочатку на смуги, а потім смуги на заготовки, то в загальному випадку потрібно розглядати розташування смуг по ширині розкроюваного матеріалу, а в кожній смузі розташування заготовок вздовж неї. З математичних поглядів процес формування будь-якої карти розкрою розглядається як двовимірна або багатовимірна задача розміщення відрізків шириною w_i ($i=1, m$) на відрізку Π і відрізків довжиною l_{ij} ($i=1, m; j=1, n$) на відрізку Δ . Розміщення смуг і заготовок базується на методах повного перебору з використанням положень теорії графів, згідно яких задання можливих варіантів будь-якого процесу і обґрунтування вибору кращого з них зводяться до його побудови у вигляді відповідного графа, його алгоритмізації та розрахунку характеристик за допомогою ЕОМ, а також знаходження потрібного варіанту. Граф зображається у вигляді рисунку, який складається з вершин, що відповідають основним елементам процесу. Лінії, що зв'язують пари вершин, є зв'язками між ними, а пов'язані між собою вершини утворюють гілку характеристик досліджуваного процесу.

Згідно положень теорії графів, процес формування карт розкрою можна зобразити у вигляді рисунку 5. На цьому рисунку вершини, які представляють всі можливі варіанти розташування смуг по ширині плити, показано $I, II, \dots, i, \dots, n$. Перший варіант розташування смуг по ширині плити, а також перший варіант розташування заготовок на кожній смузі, показано у вершинах $1, 1; 2, 1; \dots, m, 1$. Для m -ої смуги всі можливі варіанти розташування заготовок показано у вершинах $1, 2, \dots, n_m$, а для $(m-1)$ -ої смуги - у вершинах $m-1, 2; \dots; m-1, j; \dots; m-1, n_{m-1}$. Перехід від одного варіанта розташування заготовок до наступного в $(m-1)$ -ій смузі приводить до повтору всіх варіантів розташування заготовок у m -ій смузі. Перехід від попереднього до наступного варіанту в деякій i -ій смузі приведе до перебору всіх варіантів з $(i-1)$ -ої до m -ої смуги. В загальному випадку можливі варіанти розташування заготовок у $(m-1)$ -ій і m -ій смузі позначимо блоком 3. Тоді в другій смузі для кожного варіанту розташування заготовок (вершини $2, 2; \dots; 2, j; \dots; 2, n_2$), потрібно виконати всі варіанти розташування заготовок на смугах від третьої до m -ої, які можна показати блоком 3. Аналогічну процедуру потрібно виконати для першої смуги, а

також для кожного наступного варіанту розташування смуг по ширині плити. До графу заносять всі однотипні та різнотипні смуги, а в кожній смугі окремо розглядається розташування заготовок.

З рис. 5 видно, що в кожному випадку граф складається зі скінченної кількості можливих комбінацій розташування смуг по ширині плити і заготовок вздовж смуг. Кожна з гілок утворює можливу карту, яка є характеристикою стану процесу формування карт розкрою. Перехід від одної карти до іншої показано лініями, які зв'язують відповідні вершини графа. Задати такий граф матричним способом неможливо, тому що наперед невідома ні кількість комбінацій розташування смуг по ширині плити, ні кількість комбінацій розташування заготовок у кожній смугі. Даний граф задається прямим переліком усіх елементів тільки в процесі обчислень, тобто, він призначений для орієнтації при розробці алгоритму формування карт розкрою.

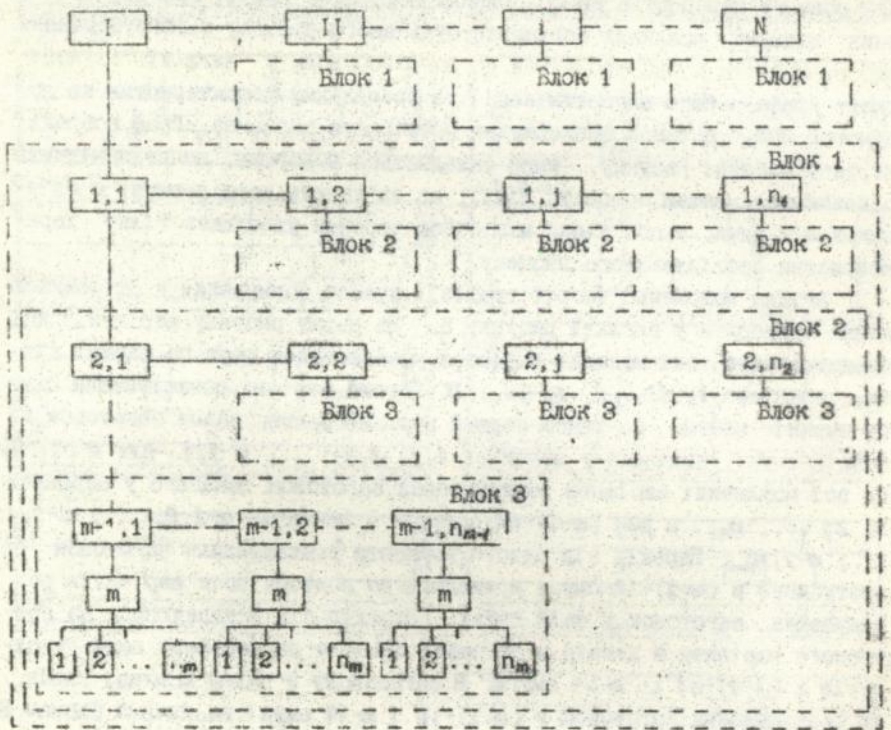


Рис. 5. Граф процесу формування карт розкрою довільної складності.

На основі положень теорії графів запропоновано алгоритм генерування карт розкрою в потрібному напрямку з внесенням до них заготовок пропорційно до планових потреб.

Розроблено алгоритм підготовки вхідних даних для формування карт розкрою, визначено основні параметри і запропоновано кодування карт розкрою довільної складності з використанням мінімальної постійної та поточної інформації. Розроблено математичне формулювання для визначення основних співвідношень і евристичні алгоритми врахування технологічних і конструктивних обмежень при формуванні карт розкрою довільної складності.

Розроблено математичний апарат для визначення продуктивності обладнання, тривалості робочого циклу процесу розкрою та дорозкрою частин матеріалу за картами довільної складності. Розглянуто на конкретних прикладах запропоновану в дисертаційній роботі методику оптимізації однокритеріального та багатокритеріального плану розкрою ДСП на мебелі заготовки.

В четвертому розділі розглянуто вимоги, яким повинно відповідати сучасні програмні продукти і дано характеристику розробленого програмного забезпечення стосовно розглянутих вимог. Для зручності роботи і швидкої адаптації у виробничих умовах програмне забезпечення повинно орієнтуватись на інтерфейс з використанням системи меню-користувача, а організація вводу вхідних даних і виводу результатів розв'язання задачі повинна максимально відповідати звичним формам, які використовуються на виробництві.

За структурою програмне забезпечення складається з основної програми, яка охоплює: модуль інтерфейсу вводу і редагування вхідних даних; модуль підготовки вхідних даних для подальших розрахунків, моделювання карт і оптимізації плану розкрою; модуль інтерфейсу перегляду, коректування і виводу отриманих карт і зведеної таблиці плану розкрою. Кожен модуль складається з різних підпрограм, призначених для виконання відповідних операцій.

Проведено апробацію програмного забезпечення для розрахунку виробничих програм. На основі багаточисельних розрахунків, проведених за специфікаціями, взятими з Надвірнянського і Свалявського ліскокомбінатів, встановлено, що корисний вихід заготовок порівняно з нормативним можна збільшити від 1 до 3 %.

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

Розглянуто перспективи вдосконалення розкрою ДСтП за рахунок технологічної підготовки виробництва, переробки ділових відходів, конструкції розкрійного обладнання, покращення організації виробництва, прямого і зворотнього зв'язку між стадією проектування виробів і процесом розрахунку карт і плану розкрою. З метою вдосконалення технологічного процесу розкрою, забезпечення використання найраціональніших карт довільної складності, актуальним питанням на сьогодні є подальше вдосконалення конструкції розкрійного обладнання. Для цього необхідно здійснювати проектування обладнання сумісно з розробкою відповідних теоретичних положень стосовно процесу формування допустимих карт розкрою. Таке обладнання повинно розкривати плити за картами, складеними без розглянутих в даній роботі конструктивних обмежень. Відповідні раціональному верстату карти розкрою повинні допускати занесення до них будь-якої кількості поздовжніх і поперечних пропилів, розташованих один від одного на довільній відстані, що приведе до отримання заготовок різних розмірів.

На основі проведеного теоретичного дослідження запропоновано схему конструкції раціонального обладнання для розкрою ДСтП на мебелі заготовки (рис. 6), яке немає конструктивних обмежень в межах розкривного матеріалу.

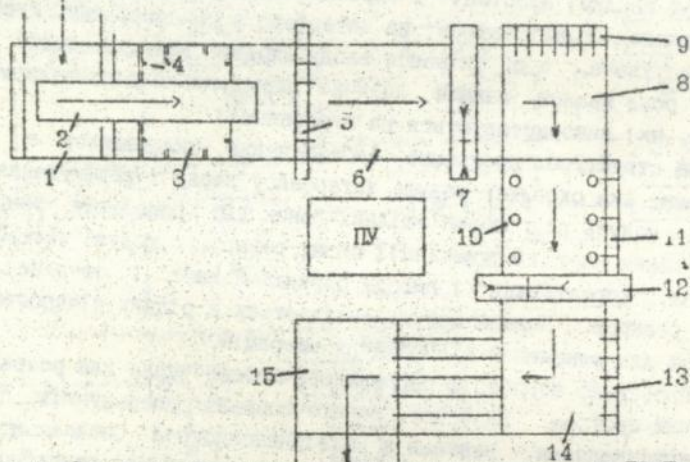


Рис. 6. Схема раціонального обладнання для розкрою ДСтП:

- 1 - підйомний стіл; 2 - вакуумний завантажувач; 3 - базуючий стіл;
 4 - базуючі важелі; 5, 9, 13 - подаючі каретки; 6, 8, 14 - приймальні
 столи; 7 - агрегат поздовжнього розкрою; 10, 11 - відповідно нерухо-
 мий і рухомий упор подаючого пристрою; 12 - агрегат поперечного
 розкрою; 15 - опускний стіл.

Висновки по дисертаційній роботі

1. Задача моделювання карт і оптимізації плану розкрою ДСтП на мебелі заготовки є складовою частиною загальнішої проблеми раціонального і комплексного використання деревини, покращення використання наявного розкрійного обладнання, ефективніше впроваджувати засоби автоматизації для технологічної підготовки виробництва заготовок, полегшити роботу інженерів-технологів у процесі підготовки основного виробництва.
2. На основі теоретичних досліджень встановлено, що оптимальність будь-якого плану розкрою ДСтП на заготовках носить відносний характер - план є оптимальним стосовно до розглянутої множини карт розкрою.
3. На основі проведеного аналізу методів розв'язання подібного класу задач встановлено, що для ефективного її розв'язання необхідно розглядати процес моделювання карт і оптимізацію плану розкрою в комплексі як одну задачу з застосуванням методів математичного моделювання та оптимізації.
4. Визначено: чотири групи факторів, які впливають на процес моделювання карт і оптимізацію плану розкрою; основні структурні компоненти задачі розкрою. Обґрунтовано доцільність застосування складних карт для покращення ефективності плану розкрою, виявлено загальний підхід до процесу моделювання довільних карт розкрою. Запропоновано критерії оптимізації плану розкрою, здійснена класифікація та розроблено рекомендації стосовно їх вибору при оптимізації плану розкрою у виробничих умовах.
5. На основі проведеного аналізу режимів розв'язання задачі розкрою за допомогою ЕОМ встановлено, що найпоширенішим на виробництві є автоматичний режим роботи. Запропоновано: алгоритм автоматичного керування процесом моделювання карт і оптимізації плану розкрою; алгоритм поетапної оптимізації плану розкрою.
6. Розроблено загальні підходи і запропоновано методикку процесу моделювання карт розкрою довільної складності, розроблено для них відповідні математичні формулювання і алгоритми повного перебору з використанням положень теорії графів. Запропоновано алгоритми генерування карт розкрою в потрібному напрямку з внесенням до них заготовок пропорційно до планових потреб. Розроблено евристичні алгоритми врахування технологічних і конструктивних обмежень при моделюванні карт розкрою довільної складності.

7. Розроблено математичну модель поетапної оптимізації багатокри-теріального плану розкрою ДСТП на меблевій заготовці, яка врахо-вує відомі на сьогодні технологічні та конструктивні обмеження, що виникають у виробничих умовах.
8. Розроблено програмне забезпечення, яке, для зручності роботи і ливдкої адаптації у виробничих умовах, орієнтоване на інтерфейс в використанні системи меню-користувача, а введення вхідних да-них максимально відповідає звичним формам, які використовуються на виробництві.
9. На основі багаточисельних розрахунків, проведених за специфі-каціями, взятими з виробництва, встановлено, що корисний вихід заготовок порівняно з нормативним можна збільшити від 1 до 3 %.
10. На основі проведеного дослідження в даній роботі запропоновано можливі напрямки вдосконалення розкрою ДСТП. Встановлено, що по-ряд з вдосконаленням технології розкрою, необхідно також вдоско-налювати конструкцію розкрійного обладнання, яке б не мало кон-структивних обмежень в межах розкроюваного матеріалу. Для досяг-нення поставленої мети необхідно здійснювати його проектування сумісно з розробкою відповідних теоретичних положень стосовно процесу моделювання допустимих карт розкрою.
11. Запропоновано схему конструкції раціонального обладнання для роз-крою ДСТП на заготовки, яке немає конструктивних обмежень в ме-жах розкроюваного матеріалу.

Публікації вдобувача по темі дисертації

1. Дорожовський С. С., Грицик Ю. І. Щодо способу розв'язування задачі розкроювання листових деревних матеріалів // Лісове госпо-дарство, лісова, паперова і деревообна промисловість. - 1990. - № 3. - С. 29...30.
2. Дорожовський С. С., Грицик Ю. І. Щодо способу формування карт і вибору схем розкроювання листових деревних матеріалів // Лісове госп-дарство, лісове, паперова і деревообна промисловість. - 1991. - № 1. - С. 36...38.
3. Дорожовський С. С., Грицик Ю. І. Автоматизація інженерних роз-рахунків при проектуванні столярних і меблевих виробів // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообна промисловість. Республі-канський міжвідомчий науково-технічний збірник. - 1991. Випуск 22. - С. 88...89.
4. Грицик Ю. І. Щодо критеріїв оптимізації розкрою листових де-ревних матеріалів // Лісове господарство, лісова, паперова і дерево-

обна промисловість. - 1991. - N 3. - С. 37...39.

5. Грицак Ю. І., Дорожовський Є. С. Автоматизоване керування процесами формування карт і складання плану розкрою // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообна промисловість. - 1992. - N 2. - С. 32...33.

6. Грицак Ю. І. Обґрунтування та виб'яз критеріїв оптимізації розкрою листових і плитних деревних матеріалів // Лісове господарство, лісова, паперова і деревообна промисловість. Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник. - 1992. Ріпуск 23. - С. 51...53.

7. Грицак Ю. І. Українізація програмного забезпечення для складання оптимального плану розкрою листових деревних матеріалів // Проблеми українізації комп'ютерів: Тези доповідей другої Міжнародної конференції. - Львів. - 1992. - 94 с.

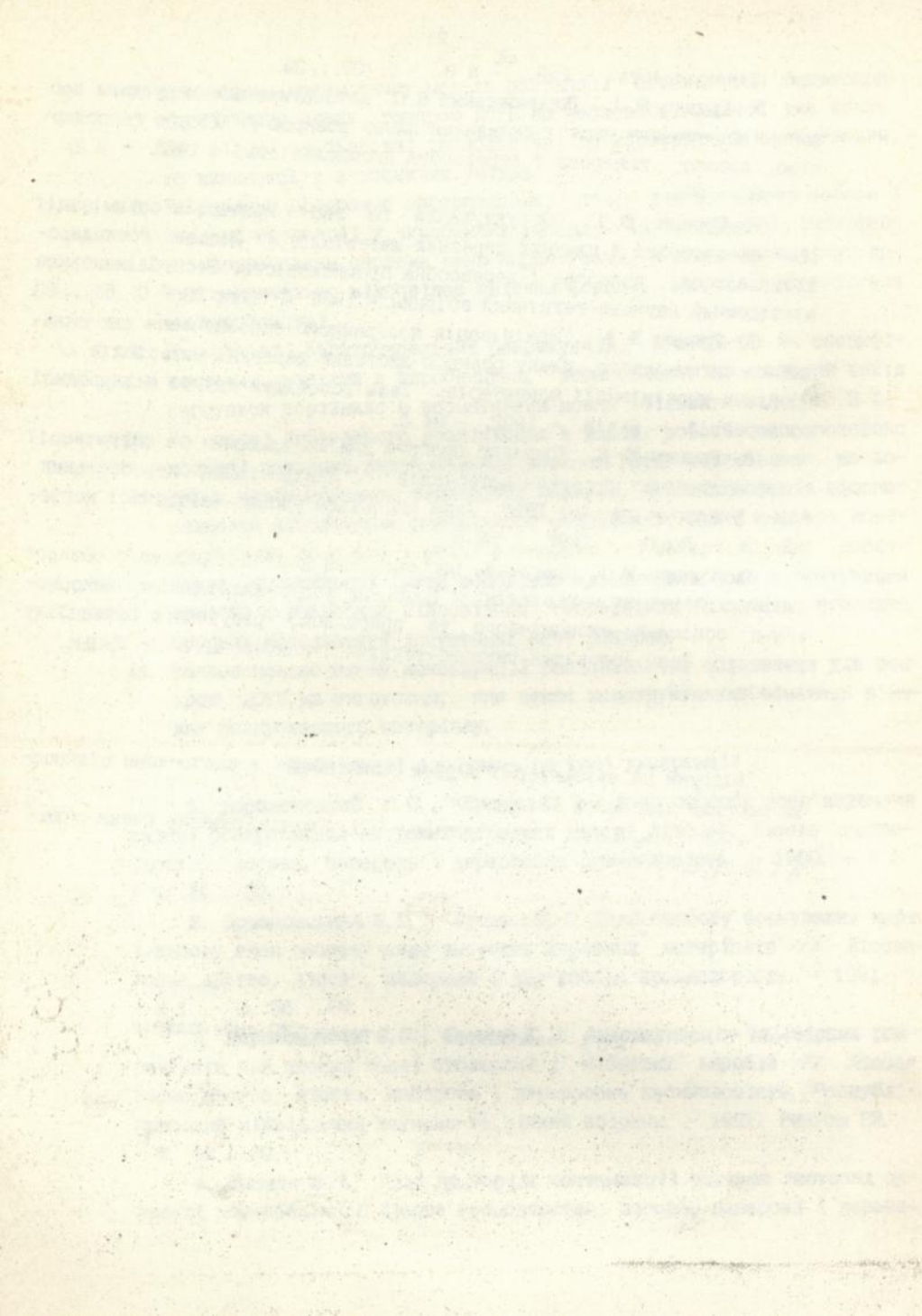
8. Грицак Ю. І. Комплекс програм для моделюванн. та оптимізації розкрою листових деревних матеріалів // Використання персональних ЕОМ в учбовому процесі ВУЗу: Тези доповідей учбово-методичної конференції. - Львів. - 1992. - 58 с.

9. Грицак Ю. І. Програмне забезпечення для раціонального розкрою листових деревних матеріалів // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природного ресурсного потенціалу регіону: Тези доповідей науково-технічної конференції. - Луцьк. - 1993. - 83 с.

Відгуки на автореферат в двох екземплярах з завірченими підписами просимо надсилати за адресою:

290057, м. Львів, вул. Пушкіча, 103, Спеціалізована вчена рада К С 38.29.02

ЛЛТІ, замовлення 121, тираж 130 екземплярів.





AB 27.668

AB 27.668