

ности, они выполняют на данной территории. В заповедной хозяйственной части и на особо защитных участках других лесов I группы, исключаемых из главного пользования, формы хозяйства по товарности вообще не устанавливаются. Уникальность заповедных экосистем и лучшее проявление защитно-стабилизирующих, природоохранных, эстетических и других полезных свойств лесов в растущем состоянии наиболее полно обеспечиваются высокоствольными древостоями семенного происхождения.

В рекреационной зоне природного национального парка (как и в местах курортов, зон отдыха, туристических маршрутов и в других лесах I группы) при проведении ландшафтных рубок ухода и санитарных рубок необходимо стремиться к усилению устойчивости насаждений против нежелательных стихийных и антропогенных воздействий, улучшению их эстетической привлекательности и санитарно-гигиенической ценности. Формирование живописных пейзажей и ландшафтов должно включать выращивание в лесах этой зоны древесно-кустарниковых пород, биологически устойчивых против пыли, дыма, газов, уплотнения и ухудшения аэрации почв. Они должны иметь улучшенные декоративно-эстетические свойства, максимально проявляющиеся в течение года. Эти мероприятия имеют особенное значение в формировании красивых пейзажей, хорошо просматриваемых в перспективе из так называемых «видовых точек».

На открытых лужайках целесообразно высаживать цветущие кустарники с продолжительным периодом цветения, а в насаждениях оставлять и охранять ценные в эстетическом отношении деревья и их группы. Формирование таких чередующихся групп деревьев в сочетании с живописными полянами, создающими игру цвета, света и тени, является одной из задач ландшафтных рубок ухода за лесом и декоративного озеленения, определяет своеобразную технику их выполнения.

В лесах рекреационной зоны большое внимание должно уделяться благоустройству территории: созданию дорожной и тропиной сети, установке в «видовых точках» павильонов, беседок и скамеек для отдыха, проведению других лесохозяйственных и организационных мероприятий. Все мероприятия по организации территории лесов рекреационной зоны и их благоустройству должно разрабатывать лесоустройство.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лес и охрана природы / Под ред. С. Г. Синицына.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 288 с. [2]. Одум Ю. Основы экологии.— М.: Мир, 1975.— 740 с. [3]. Опыт и методы экологического мониторинга: Матер. Всесоюз. совещания.— Пушкино: Науч. центр биологических исследований АН СССР, 1978.— 265 с. [4]. Федосимов А. Н., Анисочкин В. Г. Выборочная таксация леса.— М.: Лесн. пром-сть, 1979.— 172 с. [5]. Флора і рослинність Карпатського заповідника / Під ред. С. М. Стойко.— Київ: Наукова думка, 1982.— 220 с. [6]. Цурик Е. И. Дигрессивно-демутационные изменения в почвах ельников и вторичных полонин у верхней границы леса в Карпатах // Почвоведение.— 1986.— № 9.— С. 112—121.

Поступила 14 сентября 1987 г.

УДК 630\*564

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРОПИЧЕСКИХ СОСНЯКОВ (*Pinus kesiya*)

НГУЕН НГОК ЛУНГ

Ленинградская лесотехническая академия

В настоящее время моделирование древостоев, необходимое для прогнозирования общей производительности и выхода сортиментов, проводится по двум направлениям:

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 681.513.68

### МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РЕЗАНИЕМ ФИБРОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. Г. ПАВЛОВ, И. Р. ЯРМУХАММЕТОВ, Д. М. ОЗЕРСКИЙ

Московский лесотехнический институт

Материалы из фибры находят применение в различных областях техники. В частности, фибровые трубки (ГОСТ 11945—75) используют для изготовления дугогасительных элементов, трубчатых разрядников, изоляционных корпусов низковольтных предохранителей, а также в качестве конструкционных материалов. В связи с этим в технологическом процессе предприятий ЦБП, производящих фибру, осуществляется раскрой фибровых заготовок на детали нужных длин и в необходимой комплектности.

Автоматизация оптимального раскроя линейных материалов может осуществляться на целлюлозно-бумажном предприятии с помощью микропроцессорного комплекса типа 15ВУМС-28-025. Однако для практической реализации требуется разработать эффективные программы линейного раскроя в соответствии с возможностями микроЭВМ.

#### Постановка задачи

Семейство фибровых труб включает  $n$  различных длин  $l_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ . В результате раскроя необходимо получить  $m$  разных длин заготовок-деталей  $l_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  в количестве  $b_i$ ,  $i = \overline{1, m}$  по каждому виду деталей, причем технологически приемлемый план раскроя должен обеспечивать минимизацию суммарного отхода. Раскройный план представляется совокупностью таблиц-раскроев  $(r_1, \dots, r_v)$  и неотрицательных целых чисел  $(t_1, \dots, t_v)$ , показывающих интенсивность применения данного раскроя  $r_v$  для соответствия размерам партии  $(b_1, b_2, \dots, b_m)$ .

Сформулированную задачу можно записать в виде

$$\text{Min} \sum_v^m l_j(r_v) t_v; \quad (1)$$

$$\sum_i^m l_i a_i(r_v) \leq l_j(r_v); \quad (2)$$

$$\sum_v^p a_i(r_v) t_v = b_i, \quad (3)$$

где  $a_i(r_v)$  — число деталей длины  $l_i$  в  $r_v$ -м раскрое.

Первое условие — целевая функция — минимум расходуемого на партию материала; условия второе и третье соответственно обеспечивают допустимость раскроя  $r_v$  и комплектность.

Метод решения

Для решения задачи (1)–(3) используют алгоритм последовательного улучшения с генерированием улучшающих допустимых раскроев на каждом шаге процесса [1]. Алгоритм позволяет получать числа  $t_v$  вещественного типа. Поскольку, в соответствии с постановкой задачи, все  $t_v$  целые, то, применительно к условиям массового производства, в алгоритм введена процедура определения минимального целого  $N$ , такого, что  $t_v N = \hat{t}_v$  — целое. При этом  $\hat{b}_i = N b_i$  — программа выпуска деталей  $i$ -го вида в условиях массового производства. Определить  $*t_{v, \nu} = \overline{1, P}$  можно на основании решения линейной системы

$$\sum_{\nu}^P a_i(r_{\nu}) \hat{t}_{\nu} = b_i \quad i = \overline{1, m}, \text{ т. е. } \hat{t}_{\nu} = \Delta \nu / \Delta \quad \nu = \overline{1, P}.$$

Ввиду того, что в рассматриваемой задаче линейного раскроя все  $a_{i\nu}, i = \overline{1, m}, \nu = \overline{1, P}$  целые, то  $\Delta_{\nu}$  и  $\Delta$  целые и, следовательно, в качестве  $N$  можно принять определитель  $\Delta$ , а затем после вычисления всех  $\hat{t}_{\nu} = t_{\nu} N = \hat{t}_{\nu} \Delta$  сокращают  $\hat{t}_{\nu}, \nu = \overline{1, P}$  на общий делитель, если такое сокращение возможно.

При построении вычислительной схемы алгоритма последовательного улучшения плана [1] на 15ВУМС-28-025 возникает необходимость найти двойственные оценки  $Y_i, i = \overline{1, m}$  на основе решения системы линейных уравнений  $\sum_i^m a_{ir} Y_i = l_j(r)$  и коэффициентов  $g_k, k = \overline{1, m}$  разложения вектора  $\bar{a}(r_0)$  по текущему базису.

Использование стандартных программ микроЭВМ не обеспечивает необходимой точности решения ввиду накопления ошибки округления. В рассматриваемых задачах все ненулевые коэффициенты — целые числа. Для исключения ошибки округления в методе Гаусса была устранена операция деления. Если на  $i$ -м шаге осуществляется удаление  $i$ -й переменной из  $j$ -й строки, то элементы  $i$ -й и  $j$ -й строк сначала умножают соответственно на  $a_{ij}$  и  $a_{ii}$ , а затем вычитают. Все элементы  $j$ -й строки, с целью избежания переполнения разрядной сетки ВУМС, сокращают на наибольший общий делитель для коэффициентов  $j$ -й строки, если такое сокращение возможно. В получаемой треугольной матрице все коэффициенты при переменных остаются целыми и инструментальные ошибки округления исключены. Построенная таким образом программа обеспечивает большее по сравнению со стандартной быстрдействие и точность.

Результаты вычислительных экспериментов

1. При оптимизации технологического процесса существенный фактор, определяющий эффективность внедрения, — длительность выполнения одного цикла расчетов на микроЭВМ. Как следует из алгоритма последовательного улучшения [1], длительность счета  $t$  зависит от абсолютной длины наибольшей из раскраиваемых труб  $l_{j \max}$  и общего числа видов (длин) деталей  $m$ . Зависимости  $t(l_{j \max})$  и  $t(m)$  представлены на рис. 1. Первая из них близка к линейной, вторая имеет резко выраженный нелинейный характер.

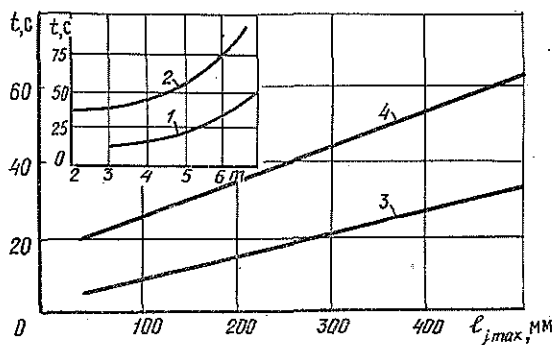


Рис. 1. Зависимости продолжительности счета  $t$  от длины наибольшей из труб  $l_{j \max}$  и числа деталей  $m$ :  
 1 —  $l_{j \max} = 50$ ; 2 —  $l_{j \max} = 300$ ; 3 —  $m = 3$ ;  
 4 —  $m = 5$

Как следует из рис. 1, в случае реальных практических задач ( $l_{j \max} > 500, m > 10$ ) общие затраты микроЭВМ «Электроника 60»

возрастают до десятков минут, что затрудняет использование микропроцессора 15ВУМС-28-025 при оперативном управлении технологическим процессом. Проведенные эксперименты выявляют слабую зависимость продолжительности счета от длин  $l_i$   $i = \overline{1, m}$  деталей, на которых раскраивают фибровый материал.

Полученные результаты позволяют очевидным образом существенно уменьшить суммарные затраты продолжительности микропроцессора для решения конкретной технологической задачи путем предварительного предоптимизационного анализа входного массива данных:  $l_i i = \overline{1, m}$ ;  $l_j j = \overline{1, n}$ .

С этой целью в окончательном варианте программного комплекса множество длин деталей и труб сортируют на группы, каждая из которых состоит из длин деталей и труб кратных размеров, что позволяет произвести условное сокращение размеров (элементов группы) на величину кратности и осуществить решение каждой из подзадач, соответствующих полученному разбиению.

Результаты экспериментов по решению комплекса практических задач с помощью указанной модификации иллюстрирует табл. 1.

Таблица 1

Число исходных длин	Число деталей	Группа кратных длин	Кратность, число деталей, продолжительность счета в группе, мин			Суммарная продолжительность счета	Отход, %
4	12	3	2, 5, 1,58	3, 3, 0,43	—, 4, 2,88	$\frac{12,06}{4,9}$	$\frac{0}{0}$
3	7	2	3, 3, 0,21	3, 4, 0,23	—	$\frac{0,91}{0,44}$	$\frac{0}{0,21}$
4	12	3	5, 4, 0,5	2, 4, 1,66	3, 4, 1,1	$\frac{22,83}{3,26}$	$\frac{0}{0}$
4	12	3	2, 4, 0,93	3, 3, 1,26	—, 5, 3,13	$\frac{11,0}{5,36}$	$\frac{0}{0}$

Примечание. В числителе данные без сортировки; в знаменателе — с сортировкой.

Как видно из данных табл. 1, предложенная модификация вычислительного процесса позволяет сократить продолжительность счета в проведенных экспериментах в 2—6 раз, разумеется, при условии, что исходные массивы допускают разбиение на подмножества кратных длин, и при условии допустимости незначительного увеличения отхода (табл. 1, строка 2). И при отсутствии кратности (строки 1, 4 в табл. 1) суммарная продолжительность счета уменьшается значительно.

2. Важный практический результат моделирования на микропроцессорном комплексе — подтверждение возможности автоматического получения семейства различных раскройных планов при решении одной и той же технологической задачи путем простого изменения, в диалоговом процессе выработки решения, порядка ввода данных. Каждой последовательности ввода данных соответствует свой план раскроа с близкими (практически совпадающими) коэффициентами раскроа. Программный комплекс ориентирован на линейный раскрой в массовом производстве, что предопределяет в реальных задачах, характе-

Таблица 2

Раскрой 1						Раскрой 2					Раскрой 3					Раскрой 4				
Число деталей по номерам						Число деталей по номерам					Число деталей по номерам					Число деталей по номерам				
1	2	3	4	5	$t_j$	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	0	2	1	0	140	6	1	1	0	0	0	0	23	0	1	0	5	0	0	0
0	5	0	0	0	110	0	4	1	0	3	0	0	0	12	1	150	7	0	1	1
0	0	19	4	0	150	0	1	18	0	0	0	0	0	0	10	120	0	0	25	0
0	0	0	6	8	150	0	1	0	12	0	7	0	2	1	0	120	0	0	0	0
0	0	0	0	10	120	2	0	0	0	8	0	5	0	0	0	140	0	0	2	11
											0	0	0	0	0	110	0	8	6	4

Таблица 3

Параметр сменного задания (исходная задача)			Базовый раскройный план			Раскройный план в массовом производстве		
$t_j$	$t_i$	$b_{t_i}$	Раскрой	$t_v$	%	Раскрой	$t_v$	$\delta_{t_i}$
800	125	51	8,0,0,0 : 1 000	1,875		8,0,0,0 : 1 000	15	408
	320	96	0,3,0,0 : 1 000	20,0	1,23	0,3,0,0 : 1 000	160	768
1 000	405	114	0,0,2,2 : 1 000	57,0		0,0,2,2 : 1 000	456	912
	95	132	2,2,0,1 : 1 000	18,0		2,2,0,1 : 1 000	144	1 056
2 000	200	244	20,0,0,0 : 4 000	3,05		20,0,0,0 : 4 000	61	4 880
	600	352	0,2,0,0,2 : 4 000	84,5		0,2,0,0,2 : 4 000	1 690	7 040
	800	538	0,0,5,0,0 : 4 000	107,6	0,37	0,0,5,0,0 : 4 000	2 152	10 760
4 000	1 200	525	2,2,0,2,0 : 4 000	91,5		2,2,0,2,0 : 4 000	1 830	10 500
	1 400	853	0,0,0,1,2 : 4 000	342		0,0,0,1,2 : 4 000	6 840	17 060

ризующихся соотношением  $l_{j \max}/l_{i \max} > 10$ , получить коэффициенты отхода, близкие к нулю.

Полученные семейства раскроев для одной технологической задачи за практически приемлемое время (десятки минут 15ВУМС-28-025) позволяют перейти к реализации последовательной многокритериальной оптимизации в зависимости от конкретных условий и целей данного производства. В частности, можно получить раскройные планы, использующие всю номенклатуру исходных заготовок (раскрой 1, табл. 2) или, наоборот, только одну из них (раскрой 2, табл. 2) и т. д. Возможности получения указанного семейства иллюстрируют данные табл. 2, в которой отражены результаты раскроя заготовок длиной  $l_j$ , равной 110, 120, 140, 150 мм на детали длиной по номерам: 1—17 мм; 2—22; 3—6; 4—9; 5—12 мм в количествах соответственно 140, 180, 300, 280, 400.

На полученном семействе раскроев специалист-технолог в диалоге с микроЭВМ может принимать решение по использованию того или иного раскройного плана, что является неперенным условием, обеспечивающим практическую реализуемость результатов расчетов на ЭВМ.

3. Ранее указывалось, что метод последовательного улучшения позволяет получать интенсивность применения того или иного раскроя в виде вещественного числа. В условиях массового производства практически приемлемо  $N$ -кратное увеличение программы выпуска, позволяющее внедрить раскрой с низким коэффициентом отхода. Данную ветвь программного комплекса линейного раскроя с помощью 15ВУМС-28-025 иллюстрирует табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, переход к раскройному плану в условиях массового производства позволяет уменьшить потери по сравнению с оперативным посменным управлением. При выполнении расчетов на одну смену неизбежна процедура округления интенсивностей применения раскроев  $t_i$  до ближайшего целого, в силу чего коэффициент отхода выше, чем в случае раскроя применительно к массовому производству.

4. Практически допустимы ситуации, когда разбиение исходного массива на подмножества кратных длин невозможно. Однако представление исходной задачи в виде комплекса из нескольких задач целесообразно, ибо позволяет все же снизить суммарные затраты времени микроЭВМ, хотя и влечет за собой увеличение коэффициента отхода. Возникает вопрос об определении оптимального числа элементов в подзадаче. Результаты экспериментов показали, что хотя, с позиции уменьшения затрат машинного времени, при реализации данной технологической задачи целесообразно разбиение на возможно большее число подзадач и, тем самым, на уменьшение числа деталей в подзадаче, с позиции уменьшения отходов, напротив, группы должны быть с максимальным числом деталей. Поскольку в условиях массового про-

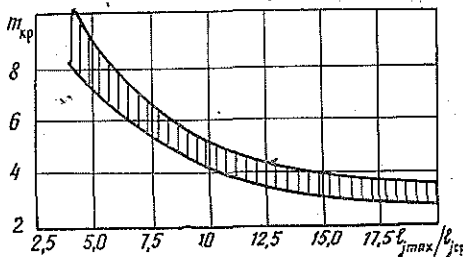


Рис. 2. Зависимость оптимального числа деталей  $m_{кр}$  в подзадаче от отношения длины наибольшей из труб к средней длине детали  $\frac{l_{j \max}}{l_{j \text{ ср}}}$

изводства превалирует требование минимизации уровня отходов, проведенные эксперименты позволяют сделать вывод о необходимости наличия в группе от 3 до 8 деталей. Этот показатель зависит от максимальной длины раскраиваемых заготовок в соответствии с рис. 2.

### *Выводы и практические рекомендации*

Предложенный нами комплекс автоматизации технологического процесса получения линейных раскроев фибровых материалов на базе микропроцессора 15ВУМС-28-025 позволяет решать практические задачи оптимального линейного раскроя в оперативном режиме в рамках разработанной диалоговой системы. Ввод данных в микроЭВМ осуществляется в диалоговом режиме в порядке, определяемом системой. Из технологических характеристик реальных задач фибрового раскроя, а также с учетом возможностей ВУМС предусмотрены ограничения по числу длин раскраиваемых материалов (не более 10), по длине наибольшей из труб (не более  $5 \cdot 10^3$  мм), по номенклатуре деталей (не более 30).

Организация и ведение вычислительного процесса могут варьировать в зависимости от текущих целей. Если необходимо получить семейство раскройных планов за минимальное время, то следует осуществить разбиение исходной задачи на несколько подзадач с числом деталей, определяемым в соответствии с рис. 2, что обеспечит сокращение длительности счета в несколько раз. Для получения семейства раскройных планов в диалоге с микроЭВМ варьируют порядок ввода исходных данных или изменяют состав заготовок, входящих в раскрой. Если же главным является получение раскройных планов с минимально-возможным отходом, то необходимо либо реализовать на микроЭВМ задачу в исходном виде, либо (в случае громоздких задач) осуществлять разбиение на подзадачи с числом длин деталей не менее 8—9.

При разбиении множества деталей на несколько подмножеств необходимо, с целью предотвращения увеличения суммарного коэффициента отхода, обеспечивать близость между собой средних длин деталей различных групп.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Мухачева Э. А. Рациональный раскрой промышленных материалов.— М.: Машиностроение, 1984.— 176 с.

Поступила 13 июля 1987 г.

УДК 674.093 : 69.025.351.3

## **ОСОБЕННОСТИ РАСПИЛОВКИ ТОНКОМЕРНОГО БЕРЕЗОВОГО СЫРЬЯ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ОДНОСЛОЙНЫХ ЩИТОВ ПАРКЕТА**

*Г. Н. БЕРСТЕНЕВА*

Уральский лесотехнический институт

Для изготовления однослойных щитов паркета широко используют древесину березы. Небольшие размеры паркетных заготовок позволяют достаточно эффективно перерабатывать низкокачественное и тонкомерное сырье. Однако опыт работы предприятий, производящих однослойный паркет, показал, что при подготовке и распиловке сырья, сушке и раскрое досок, механической обработке заготовок возникает ряд особенностей.