

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

---

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

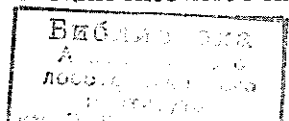
---

*Лесной журнал*

4

1988

АРХАНГЕЛЬСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. В. В. КУИБЫШЕВА



## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ И. С. Мелехов (гл. редактор), проф. Е. С. Романов (зам. гл. редактора), проф. С. И. Морозов (зам. гл. редактора), проф. Н. М. Белая, доц. Е. М. Боровиков, проф. Ю. Г. Бутко, доц. П. И. Войчаль, проф. И. В. Воронин, проф. И. И. Гусев, проф. Ю. Я. Дмитриев, доц. Г. Л. Дранишников, проф. Р. Е. Калитеевский, проф. В. Г. Кочегаров, проф. Э. Д. Левин, проф. Н. В. Маковский, доц. Н. В. Никитин, проф. А. Р. Родин, проф. П. С. Серговский, проф. Ю. Д. Силуков, проф. Н. И. Федоров, проф. В. В. Щелкунов.

Ответственный секретарь А. И. Кольцова.

«Лесной журнал» публикует научные статьи по всем отраслям лесного дела, сообщения о внедрении законченных исследований в производство, о передовом опыте в лесном хозяйстве и лесной промышленности, информации о научной жизни высших учебных заведений. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов. Журнал издается с 1957 года. Выходит 6 раз в год.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 4

Ст. редактор Н. П. Бойкова. Редактор З. Ф. Кекишева. Корректор Л. Л. Аксенова.

Сдано в набор 18.04.88. Подписано в печать 18.07.88. Ст. 05146.  
Форм. бум. 70 × 108<sup>1/16</sup>. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 13,075. Уч.-изд. л. 15,42. Тираж 1610 экз. Заказ 3876. Цена 1 р. 40 к.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева.

Адрес редакции: 163007, Архангельск, 7, Набережная В. И. Ленина, 17, тел. 4-13-37.

Типография издательства «Правда Севера», 163002, г. Архангельск, пр. Новгородский, 32

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*232 : 674.031.632.224.2(478.9)

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ БУКОВЫХ ЛЕСОВ В МОЛДАВИИ

Г. Л. ТЫШКЕВИЧ

Кишиневский сельскохозяйственный институт

В последнее время все более возрастает потребность в лесах как в важнейшем компоненте биосферы, обеспечивающем ее оздоровление, нормальное протекание биологических процессов, улучшение условий жизни человека. В связи с этим проблемы организации использования лесных ресурсов, их восстановления и охраны поднимаются на уровень государственных задач.

Особую ценность как объект для охраны и восстановления в нашей стране представляют буковые леса. В прошлом они подверглись нещадной эксплуатации, площадь их сильно сократилась. В настоящее время их осталось всего 2,5 млн. га. Эти леса не только источник высококачественной древесины, но лучше, чем другие фитоценозы, выполняют климаторегулирующую, почвозащитную и водоохранную функции. Корни бука обладают высокой скрепляющей способностью. Почвы под его насаждениями отличаются высокими инфильтрационными свойствами.

Особенно пострадали буковые леса на границах ареала. Через Кодры Молдавии проходит восточная граница ареала бука европейского. Здесь произрастает особая его разновидность — *Fagus silvatica* L. var *podolica*. Этот бук отличается большими размерами листовых пластинок и большим числом пар боковых жилок, длиной верхних и нижних листочков купулы, низким коэффициентом формы орешков, меньшими размерами пыльцевых зерен [10].

Подольская разновидность имеет более ксероморфное строение листьев и древесины. Лучше развит эпидермис, толщина его больше, наружные стенки клеток также более толстые. В световых листьях относительно больший объем занимает столбчатая паренхима, но размеры ее клеток меньше [10].

Ксероморфная структура листьев бука, произрастающего в Молдавии, по-видимому, определяет его большую засухоустойчивость, выработавшуюся в процессе длительного развития в условиях напряженного водного режима. Недостаток влаги отрицательно влияет на одну из фаз роста клеток — растяжение. Некоторые авторы [1, 3, 12] отмечают, что засуха сильно тормозит рост мезофитов и изменяет биохимические и физиологические свойства цитоплазмы. Недостаточное водоснабжение прежде всего влияет на размеры клеток мезофилла. С уменьшением размеров клеток возрастает их удельная поверхность, что увеличивает темп обмена веществ [8].

В анатомическом строении древесины подольского бука, как и в строении листьев, наблюдается та же особенность — мелкоклеточность [10]. У его древесины меньше диаметр и длина члеников сосудов и больше количество сосудов на единице поверхности, что также можно рассматривать как приспособительную реакцию на недостаток влаги. У подольского бука и механические элементы отличаются мелкоклеточностью (меньший диаметр, толщина стенок и длина волокон).

Особенности морфологического и анатомического строения подольского бука определили его устойчивость в экстремальных условиях роста (недостаток влаги, высокая инсоляция), поэтому он может быть рекомендован для восстановления буковых лесов на границах ареала.

Наши исследования показали, что в условиях Кодр Молдавии возможно выращивание посадочного материала бука в открытых питомниках. Он не страдает при полной дневной освещенности, физиологические процессы протекают нормально [10].

Начиная с 1964 г., мы проводили работу по созданию культур бука в Кодрах. Все культуры разных возрастов, схем смешения и размещения характеризуются хорошим ростом и высокой биологической продуктивностью.

В табл. 1 приведены результаты изучения роста и биологической продуктивности 19-летних культур бука сомкнутостью 1,0 на четырех пробных площадях в условиях свежей кодринской дубравы.

Таблица 1

## Характеристика пробных площадей

Номер пробной площади	Экспозиция, крутизна склона, высота над уровнем моря, м	Состав культур	Средний диаметр бука на высоте 1,3 м, см	Средняя высота бука, м	Запас стволовой древесины, м <sup>3</sup> /га
1	В; 15; 260	3Бк3Д.ч3Кл.о1Кл.т	8,7	10,4	111
2	В; 15; 260	10Бк	8,5	11,1	127
3	Ю—В; 8; 220	5Бк3Д.ч2Кл.яв	7,9	10,8	112
4	Ю—В; 8; 220	6Бк4Д.ч	7,1	10,2	119

На пробных площадях определяли надземную фитомассу культур по модельным деревьям\*. Для этого все деревья делили на три класса по результатам перечета (пропорционально). По сумме площадей сечений на высоте 1,3 м вычисляли и отбирали среднее модельное дерево для каждого класса. Фитомассу учитывали по фракциям путем непосредственного взвешивания абс. сухого вещества. Одновременно брали образцы для определения влажности. Полученные результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Надземная фитомасса культур бука

Номер пробной площади	Состав культур	Порода	Масса по фракциям, кг/га				Всего
			Стволы	Ветви	Побеги	Лястья	
1	3Бк3Д.ч3Кл.о1Кл.т	Бук	26 093	8 186	125	924	35 328
		Дуб	22 602	5 392	188	1 129	29 311
		Клен остр.	18 261	3 437	123	1 175	22 996
		Клен тат.	4 662	1 432	33	380	6 507
2	10Бк	Бук	85 847	24 075	461	3 229	113 612
3	5Бк3Д.ч2Кл.яв	Бук	30 946	5 749	98	744	37 537
		Дуб	26 068	4 606	168	973	31 815
		Клен-явор	15 821	1 816	94	870	18 600
4	6Бк4Д.ч	Бук	34 843	6 075	105	306	41 829
		Дуб	40 882	7 094	214	1 850	50 040

Анализируя результаты исследований, приходим к выводу, что экстремальные условия произрастания на восточной границе ареала не тормозят рост бука в культурах и накопление органической массы. В 19-летнем возрасте бук достигает 9...11 м в высоту и 7...9 см в диаметре. В Карпатах в оптимальных условиях роста (Ia класс бо-

\* В проведении исследований принимал участие И. Т. Мыськив.

нитета) в 20-летних естественных насаждениях бук имеет высоту 10,2 м и диаметр 6 см [4]. Накопление органической массы у бука в культурах в условиях Кодра идет также достаточно интенсивно, в 19-летнем их возрасте надземная фитомасса абс. сухого вещества составляет 90...100 т/га, при этом высокопродуктивны как чистые, так и смешанные (с дубом и сопутствующими породами) культуры. У бука на стволовую древесину приходится 75...85 % фитомассы, доля ветвей — 15...25 %, листьев — 2...4 %.

Поскольку из факторов жизни растений в Молдавии в дефиците находится влага, мы изучали водный режим бука в опытных культурах. Определяли давление почвенной влаги (ДПВ), сосущую силу и водный дефицит листьев в сухие и влажные периоды вегетации.

В настоящее время достижения физики почв и физиологии растений позволяют применять принципы термодинамики в исследованиях поглощения почвенной влаги и ее транспирации растениями. При этом состояние воды в растении и почве характеризуется единой величиной — термодинамическим потенциалом (давлением влаги). Исследования И. И. Судницына [9], Ю. Л. Цельникер [11], Ю. А. Давыдовой [5], Г. Л. Тышкевич [10], Ю. Г. Богатырева и И. Н. Васильевой [2] и др. показали, что давление почвенной влаги объективно характеризует обеспеченность насаждений почвенной влаги. Наши данные свидетельствуют, что в Кодрах влагообеспеченность культур существенно меняется в течение вегетационного периода. В первой половине вегетации она вполне удовлетворительная, абсолютное значение ДПВ в верхнем корнеобитаемом слое почвы находится в пределах 0,1962...0,5886 МПа. Во второй половине вегетационного периода, когда осенне-зимние запасы влаги иссякают, влагообеспеченность ухудшается, ДПВ поднимается до 1,4715...1,9620 и даже 2,9430 МПа. Однако высокие показатели давления почвенной влаги наблюдаются относительно редко, обычно в сухие периоды они составляют 0,7848...1,1772 МПа, т. е. в соответствии с придержками И. И. Судницына влагообеспеченность средняя (табл. 3).

Таблица 3

## Водный режим бука в культурах

Но- мер проб- ной пло- щади	Влажный период			Сухой период		
	ДПВ, МПа	Сосущая сила ли- стьев, МПа	Водный дефицит листьев, %	ДПВ, МПа	Сосущая сила ли- стьев, МПа	Водный дефицит листьев, %
1	0,5199	1,4519	4,6	1,3342	2,2367	12,0
2	0,4513	1,1183	3,9	0,9025	1,8247	8,7
3	0,5003	1,3902	4,2	1,1674	1,8933	11,1
4	0,4709	1,1772	4,0	1,0399	1,7168	9,2

Сосущая сила клеток растений находится в тесной зависимости как от внутреннего состояния растений (главным образом от степени насыщенности клеток водой), так и от влажности почвы. Сосущую силу листьев считают мерилем активности воды в растении в тургоресцентном состоянии, она может служить одним из показателей потребности растений в воде, определять ее поступление в клетку и способность удерживаться.

Наши исследования показали, что сосущая сила листьев у бука в культурах даже в сухие периоды вегетации не достигает больших величин, что свидетельствует об отсутствии заметной напряженности в водном режиме (табл. 3).

Таблица 4

## Физические свойства почв

Место заложения разреза	Глубина, см	Плотность твердой фазы почвы, г/см <sup>3</sup>	Плотность сложения почвы, г/см <sup>3</sup>	Общая порозность, %	Порозность аэрации, %	Отношение порозности аэрации к общей порозности, %	Водопроницаемость, мм
Пробная площадь № 1	0...10	2,56	1,29 ± 0,02	49,6 ± 0,6	20,8 ± 1,0	41,9	2,4 ± 0,1
	20...30	2,60	1,50 ± 0,01	42,4 ± 0,5	15,3 ± 0,6	36,1	
	40...50	2,64	1,61 ± 0,01	39,0 ± 0,3	10,7 ± 0,4	27,4	
Пробная площадь № 2	0...10	2,58	1,25 ± 0,01	51,6 ± 0,4	20,0 ± 0,7	38,8	3,9 ± 0,3
	20...30	2,63	1,48 ± 0,01	43,7 ± 0,5	12,5 ± 0,7	28,6	
	40...50	2,65	1,57 ± 0,01	40,6 ± 0,2	9,4 ± 0,6	23,2	
Корешное дубово-буковое насаждение	0...10	2,61	1,27 ± 0,02	51,2 ± 0,7	35,1 ± 0,9	68,6	1,1 ± 0,1
	20...30	2,66	1,42 ± 0,02	46,7 ± 0,6	27,0 ± 0,9	57,8	
	40...50	2,66	1,52 ± 0,01	42,8 ± 0,4	17,4 ± 0,4	40,6	
Необлесенный участок	0...10	2,60	1,43 ± 0,02	45,0 ± 0,7	14,2 ± 0,8	31,6	104,0 ± 6,8
	20...30	2,63	1,53 ± 0,01	41,9 ± 0,9	12,3 ± 0,5	29,4	
	40...50	2,68	1,67 ± 0,01	37,8 ± 0,6	8,6 ± 0,4	22,8	

Показателем напряженности водного баланса растений служит также водный дефицит листьев. Мы определяли дневной дефицит воды в листьях бука в 14 ч методом донасыщения целых листьев во влажной камере [6, 13]. Оказалось, что и этот показатель подтвердил нормальное состояние водного режима растений бука в культурах даже в сухие периоды (табл. 3).

15—20-летние культуры бука в Кодрах Молдавии — это уже хорошие насаждения, способные выполнять водоохранную и почвозащитную функции. Результаты изучения водно-физических свойств почв под культурами бука, спелыми коренными насаждениями и на необлесенных склонах подтверждают это.

Определяли плотность твердой фазы почвы керосиновым методом [7], плотность сложения почвы — буровым методом, общую порозность и порозность аэрации, водопроницаемость — методом трубок с переменным напором воды. Анализируя полученные данные, приходим к выводу, что молодые культуры бука оказывают существенное поло-

жительное влияние на физические свойства почвы (табл. 4). По сравнению с необлесенными участками увеличивается общая порозность и порозность аэрации, резко возрастает водопроницаемость.

Таким образом, в Кодрах Молдавии для восстановления буковых лесов на восточной границе ареала мы рекомендуем подольскую форму бука европейского. При лесовосстановлении в свежих дубравах в состав культур целесообразно вводить до 25...30 % бука. Это значительно повысит продуктивность насаждений и их защитные свойства.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Алексеев А. М. Водный режим клеток растения в связи с обменом веществ и структурированностью цитоплазмы.— М.: Наука, 1969.— 36 с. [2]. Богатырев Ю. Г., Васильева И. Н. Водный режим почвы и подрост ели на вырубках и под пологом // Лесоведение.— 1985.— № 2.— С. 16—26. [3]. Василевская В. К. Формирование листа засухоустойчивых растений.— Ашхабад: АН ТуркмССР, 1954. [4]. Давидов М. В. Ход роста сомкнутых буковых насаждений // Лесн. хоз-во.— 1952.— № 4.— С. 48—52. [5]. Давыдова Ю. А. Соотношение давления почвенной влаги и показателей водного режима древесных пород // Лесоведение.— 1969.— № 2.— С. 45—53. [6]. Литвинов Л. С. О почвенной засухе и устойчивости к ней растений.— Львов: Львовск. ун-т, 1951. [7]. Методические разработки по определению физических свойств почвы / В. В. Витку.— Кишинев: КГУ, 1976. [8]. Навашин М. С. О значении размера меристематических клеток для роста и развития // Тр. Бот. ин-та им. В. Л. Комарова.— 1951.— Сер. 7, вып. 2. [9]. Судницын И. И. Новые методы оценки водно-физических свойств почвы и влагообеспеченности леса.— М.: Наука, 1966.— 94 с. [10]. Тышкевич Г. Л. Охрана и восстановление буковых лесов.— Кишинев: Штиинца, 1984.— 230 с. [11]. Цельникер Ю. Л. Зависимость показателей водного режима древесных пород от давления почвенной влаги // Лесоведение.— 1969.— № 2.— С. 39—44. [12]. Shogogo I. On the adaptability of some mulberry trees for the drouthy Manchurian climate // Bull. of sericult. and siln Indust.— 1934.— 7,2. [13]. Stocker O. Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen / Planta.— 1929.— 7, 2/3.

Поступила 1 июля 1987 г.

УДК 630\*232

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОБЩЕЙ СИСТЕМЫ ЛЕСОКУЛЬТУРНОГО ПРОЦЕССА

М. Д. МЕРЗЛЕНКО

Московский лесотехнический институт

Успех искусственного лесовосстановления базируется на двух основополагающих платформах: соблюдении методологической основы лесокультурного дела и осуществлении четкой системы целенаправленного лесокультурного процесса. Стратегия и тактика лесокультурного процесса должны исходить из отражения диалектической взаимосвязи между целевой программой и приемами ее непосредственной реализации в конкретных условиях.

Значительный исторический опыт лесокультурного дела в стране, в частности по выращиванию высокопродуктивных искусственных насаждений, свидетельствует о необходимости строгого соблюдения методологических основ лесокультурного дела. Отклонения от них, а также нечеткое выполнение этапов и слагаемых приводит к нарушению системы, направленной на создание целевого насаждения с требуемой качественной характеристикой. К числу этапов лесокультурного дела относятся: 1) моделирование (проектирование) типа культур; 2) производство (закладка) лесокультур; 3) формирование (выращивание) искусственного насаждения (рис. 1).

Тип лесных культур составляет фундамент методологии лесокультурного дела. Его следует рассматривать в качестве модели проекти-

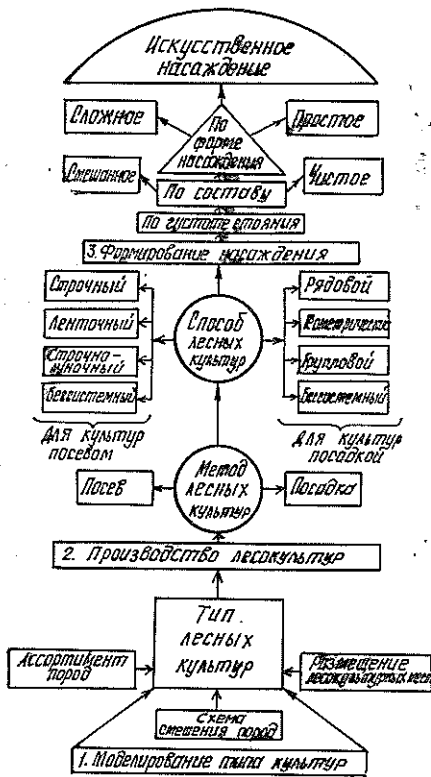


Рис. 1. Методологическая основа лесокультурного дела

тодам (посеву, посадке). Здесь основные усилия должны быть направлены на строгое соблюдение соответствия технологии экологическим свойствам выращиваемых пород, о чем будет сказано ниже.

Выращивание (формирование) искусственного насаждения — завершающий методологический этап лесокультурного дела. Он базируется на фундаментальной основе типа лесных культур, воплощенного в природе их закладкой, а также на выращивании культур до фазы смыкания. Реальное формирование искусственного насаждения начинается с фазы чащи и включает лесоводственные приемы, направленные на увеличение экологической емкости лесокультурных участков и достижение прямого целевого назначения культур. Под экологической емкостью лесокультурных площадей мы понимаем максимально возможную отдачу определенного типа лесорастительных условий, т. е. получение максимального лесоводственного эффекта.

На этапе формирования искусственного насаждения элементы леса (по Н. В. Третьякову [7]) фактически соответствуют компонентам лесных культур. К числу компонентов относятся главные, сопутствующие породы и кустарники. Практически компоненты, как составную часть будущего искусственного насаждения, выбирают еще на этапе проектирования лесных культур, т. е. в ходе моделирования их типа. Используя лесоводственные приемы, из компонентов лесных культур практически формируют состав и форму искусственного насаждения, отвечающие заданному целевому назначению.

Целевое назначение искусственных насаждений должно стать принципиальным подходом к лесовосстановлению [6]. Поэтому страте-

руемого, наиболее перспективного, биологически сбалансированного культурдендроценоза для определенных почвенно-климатических условий. В типах лесных культур густота, размещение и сочетание древесных и кустарниковых пород являются факторами целевого регулирования функций будущих искусственных насаждений. Входом в таблицы типов лесных культур должны быть лесорастительная зона и тип лесорастительных условий, согласно эдафической сетке П. С. Погребняка. К числу ошибочных воззрений на тип лесных культур следует отнести включение технологии их создания, ибо реализация в природе типа лесных культур, как и дальнейшие уходы, могут быть выполнены с использованием различных технологий и технических решений.

На этапе производства лесных культур (т. е. их закладки) начинается реальное воплощение проекта непосредственно на лесокультурной площади. Культуры закладываются способами, соответствующими определенным мето-



гия и тактика искусственного лесовосстановления должны быть ориентированы на осуществление четкой системы целенаправленного лесокультурного процесса. Целевое же направление конкретного лесокультурного производства определяется стратегией задания на создание лесных культур. Во главу угла при этом ставится разработка соответствующего типа лесных культур. Реализация же запроектированного типа лесных культур осуществляется путем динамической системы их закладки и выращивания, т. е. при непосредственном лесокультурном процессе.

Наши исследования хвойных культур зоны смешанных лесов, выполненные в порядке обобщения полуторавекового опыта, позволили составить схему общей системы лесокультурного процесса (рис. 2). Системный подход позволяет взглянуть на лесокультурный процесс в целом и объективно установить основные закономерности:

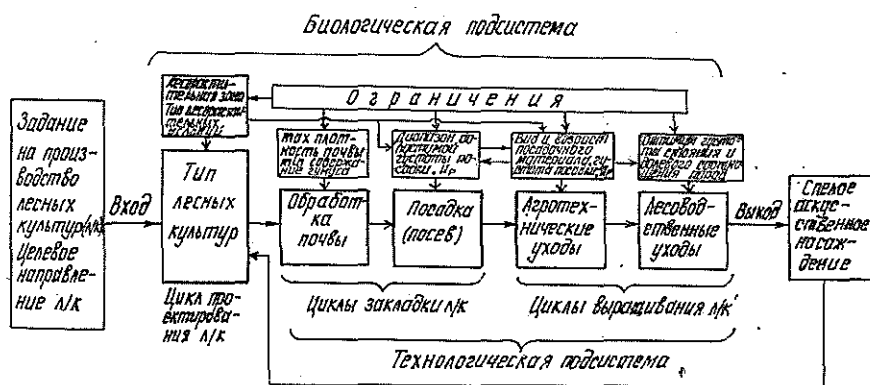


Рис. 2. Общая система лесокультурного процесса

Анализ системы является средством решения конкретной проблемы. В лесоводстве это может быть оценка эффективности лесоводственных мероприятий и оптимизация структуры подсистем [2]. Природа системных исследований направлена на выяснение организации и взаимосвязи элементов системы, а не на изучение конкретных механизмов [5]. Общая система лесокультурного процесса рассматривается в диапазоне времени от получения планового задания на производство лесных культур (вход в систему) до завершения окончательного формирования спелого искусственного насаждения определенного целевого назначения (выход из системы).

В разработке комплексной модели любого лесохозяйственного мероприятия основу составляет биологическая модель [1]. В целостной системе лесокультурного процесса также доминирует биологическая подсистема. Поэтому любое преувеличение роли технологической подсистемы без соответствующего ее согласования с биологической на практике приводит к неудачам в создании и выращивании лесных культур, к снижению их качества. Примером может служить применение техники при обработке почвы, не обеспечивающей оптимальных экологических условий в лесокультурном посадочном месте.

Проектирование лесных культур является частью биологической подсистемы, а закладка и выращивание в совокупности входят в единую биотехнологическую подсистему. Все циклы могут быть успешно выполнены на практике лишь при обязательном соблюдении ограничений природного и биологического характера. Так, для каждого конкретного типа лесных культур при обосновании выбора соответствующих пород, их смешения и размещения ограничения вытекают из природных

условий лесорастительной зоны и типа условий местопроизрастания. Здесь могут решаться и вопросы частного характера. Например, применительно к лесокультурным площадям; представленным сплошными вырубками, основной классификационной единицей лесорастительных условий будет тип вырубки, ибо условия местопроизрастания явно не отражают комплексного, синтетического содержания природного единства вырубок [3].

При лесовыращивании для устранения экологических и технологических противоречий необходимо стремиться к органичному соединению экологии, техники и технологии [4]. Поэтому основные критерии ограничений применительно к циклам закладки и выращивания, указанные на схеме (рис. 2), направлены на соблюдение соответствия технологических приемов экологическим требованиям и свойствам культивируемых пород.

Таким образом, система основных ограничений является оперативной направляющей в лесокультурном процессе. В итоге же вся тактика ограничений направлена на последовательное достижение намеченной цели выращивания культур нужного качества. Для таких циклов, как посадка (посев) и агротехнические уходы, система ограничений оказывается тесно взаимосвязанной, так как сами качественные параметры этих циклов уже запрограммированы типом лесных культур (размещением культивируемых растений и, как следствие, их густотой), а также видом и возрастом посадочного материала. В целом же разработка типа лесных культур и его практическое воплощение с учетом основных критериев-ограничителей направлены на максимальное увеличение экологической емкости лесокультурной площади (участка) с наибольшим эффектом использования потенциальных возможностей лесорастительных условий.

Рассматриваемую схему общей системы лесокультурного процесса для описания изменений и связей можно формализовать, реализуя тип лесных культур через циклы их закладки и выращивания:

$$S \subset (C_t \times X) \times Y,$$

где  $S$  — система;  
 $C_t$  — проект типа лесных культур (входной объект);  
 $X$  — циклы закладки и выращивания лесокультур;  
 $Y$  — целое искусственное насаждение (выход системы).  
 $C_t$  и  $X$  служат причиной, а  $Y$  — следствием.

В связи с тем, что лесные культуры являются открытыми природными системами, результативность выполненных циклов, с точки зрения лесокультурного эффекта, может оцениваться на протяжении всего периода искусственного лесовыращивания. Выходная оценка может служить корректировкой и для проектирования последующих типов лесных культур, т. е. здесь наблюдается логическая обратная связь. Сравнение же выращенного искусственного насаждения по выходу системы с эталонными лесными культурами является критерием лесоводственной оценки биотехнологической системы осуществленного лесокультурного процесса.

Весь лесокультурный процесс следует рассматривать как совокупность лесокультурных циклов, от разработки типа лесокультур, подготовки почвы и далее, вплоть до рубки спелого искусственного насаждения. Только при таком подходе можно достичь необходимого результата, отвечающего целевому заданию на выращивание искусственного насаждения. Окончательный же итог (т. е. искусственно выращенный лес) должен служить корректировкой (обратной связью) для проектирования нового типа лесных культур очередной ротации. С учетом изменений в эдафической среде и новых целевых направлений тактика

корректировок должна давать возможность осуществлять реальные искусственные древообороты, которые заменят и выполняют функции естественных процессов природной смены пород.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Буш К. К., Иевинь И. К. Применение системного анализа в лесоведении // Лесоведение.— 1975.— № 1.— С. 3—11. [2]. Дыренков С. А. Лесоводство с позиций системного анализа // Лесоведение.— 1975.— № 6.— С. 3—9. [3]. Мелехов И. С. Основы типологии вырубок // Основы типологии вырубок и ее значение в лесном хозяйстве.— Архангельск, 1959.— С. 5—33. [4]. Мелехов И. С. Лесоводство в преддверии XXI века // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 8.— С. 3—5. [5]. Месарович М., Такакура Я. Общая теория систем: математические основы.— М.: Мир, 1978.— 311 с. [6]. Писаренко А. И. Лесовосстановление в равнинной европейской части РСФСР: Науч. докл. на соиск. учен. степени докт. с.-х. наук.— Л., 1986.— 47 с. [7]. Третьяков Н. В. Закон единства в строении насаждений.— М.; Л.: Новая деревня, 1927.— 113 с.

Поступила 30 октября 1987 г.

УДК 630\*114.123 : 630\*114.444 : 631.62

## ИЗМЕНЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ТОРФЯНИКОВ ПОСЛЕ ОСУШЕНИЯ

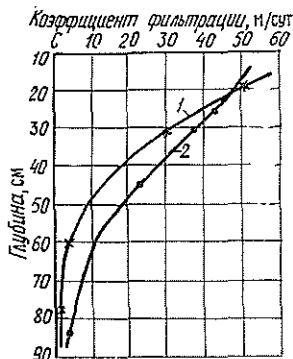
Б. В. БАБИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Водопроницаемость естественной, неосушенной торфяной залежи в основном зависит от ботанического состава торфа и степени его разложения. После осушения происходит осадка и уплотнение торфа, поэтому следует ожидать уменьшения его водопроницаемости, что наблюдается, например, на болотах, осушаемых для торфоразработок, под сенокосы, пастбища. При использовании осушенных торфяников для лесовыращивания с увеличением срока после осушения водопроницаемость повышается. Исследования водопроницаемости на почвах староосушенных торфяников, занятых древесными насаждениями, показывают высокие коэффициенты фильтрации. Например, полевые исследования, проведенные с применением метода восстановления воды в скважинах после откачки, показали высокую водопроницаемость на переходном болоте «Суланда», осушенном в 1841 г.

Здесь коэффициенты фильтрации в верхних горизонтах (10...40 см) достигали 1...2 см/с.

На переходном торфянике, осушенном в 1916 г., коэффициенты фильтрации были меньше и равнялись 0,015...0,060 см/с. Еще меньшей была водопроницаемость торфяной залежи переходных и верховых болот, осушенных в 1963 и 1967 гг.



Изменение водопроницаемости торфа с глубиной: 1 — верховой торфяник; 2 — переходный

Задача настоящих исследований — изучение изменения водопроницаемости грунтов с течением времени после осушения болот. Объектами исследований служили верховое и переходное болота. Характеристика болот и степени осушения даны ранее [1]. Ботанический состав торфа верхового болота для слоя 0...20 см — преимущественно сфагнум мелдум — 50...60 %, а также фускум и парвифоллум — 15...20 %. На глубине 20...50 см сфагнум составлял 30...50 %, парвифоллум — 20...

25 %, пушица — 15...20 %. Степень разложения слоя 0...50 см равнялась 0...5 %. С глубины 50...70 см 70 % занимала пушица, степень разложения — 40 %. В торфе переходного болота до глубины 40...60 см 50...60 % приходится на остатки осок, 20...25 % — на тростник. На глубине 80...90 см в составе торфа 75 % равными долями занимают осока, тростник, кора древесных растений. Степень разложения торфа по всей глубине — 20...30 %.

Исследования показали, что на верховых торфяниках в верхних горизонтах скорость фильтрации достигает нескольких десятков метров в сутки, с глубиной фильтрация резко снижается (см. рисунок). Изменения водопроницаемости хорошо согласуются с ботаническим составом и степенью разложения торфа. В верхних горизонтах сфагнового торфа при степени разложения до 5 % коэффициент фильтрации равен 0,035...0,058 см/с (30...50 м/сут), уменьшаясь на глубине 50...60 см в сфагново-пушицевом торфе при степени разложения 40 % до 0,0035...0,0058 см/с (3...5 м/сут). На глубине 80...90 см коэффициент фильтрации не превышал нескольких сантиметров в сутки. На переходном болоте, сложенном осоково тростниковыми с примесью древесных остатками, при степени разложения 20...30 % коэффициент фильтрации на глубине 25...30 см составлял 0,040...0,046 см/с (35...40 м/сут). На глубине 40...50 см коэффициент фильтрации уменьшился до 0,023...0,029 см/с (20...25 м/сут), а на глубине 80...90 см составил 0,0058...0,0081 см/с (5...7 м/сут). При сравнении с верховым торфяником, на переходном фильтрация с глубиной уменьшалась менее резко, оставаясь более высокой в низких горизонтах торфа.

После осушения происходит осадка торфа и его уплотнение, что должно приводить к уменьшению коэффициента фильтрации. Однако нет единого мнения в оценке влияния осушения на водопроницаемость торфяных грунтов. Г. Д. Эркин [5], К. П. Лундин [3] отмечают снижение водопроницаемости, А. Д. Дубах [2] указывал на ее увеличение. По данным наших наблюдений, на верховом торфянике за первый пятилетний период с начала осушения коэффициент фильтрации в слое 0...50 см уменьшился с 0,0077 до 0,0036 см/с.

Изменение степени разложения и водопроницаемости торфа на глубине проявляется на действии осушительных каналов, но на разных грунтах по-разному. На верховых болотах, где нет резкого уменьшения степени разложения по глубине, интенсивность поступления воды в осушительную сеть выше и грунтовые воды понижаются на большую глубину. На верховых болотах, где слабо разложившийся торф на глубине 0,4...0,5 м сменяется хорошо разложившимся, действие осушительных каналов и понижение уровня грунтовых вод слабее.

Таблица 1

## Изменение модулей стока после осушения болот

Годы после осушения	Высокий уровень		Средний уровень		Низкий уровень	
	Глубина ПГВ, см	Модуль стока, л/с	Глубина ПГВ, см	Модуль стока, л/с	Глубина ПГВ, см	Модуль стока, л/с
Верховое болото						
1—5	14	0,1213	25	0,0451	35	0,0177
6—10	14	0,1135	24	0,0321	35	0,0124
11—15	13	0,0710	24	0,0186	33	0,0142
Переходное болото						
6	9	0,2760	28	0,0357	48	0,0104
14	13	0,3560	28	0,0683	51	0,0091

Показатель водопроницаемости болотного массива — сток по каналам, характеризующий водоотдачу болот. Многолетнее изучение дает возможность проанализировать модули стока при разной глубине почвенных грунтовых вод (ПГВ). Такой анализ выполнен для трех градаций уровней: 5...20, 20...30, 30...40 см (высокие, средние и низкие уровни) — для верхового болота и 5...20, 20...40 и 40...60 см — для переходного болота (табл. 1).

Исследования показывают почти повсеместное уменьшение модулей стока на верховых болотах с течением времени после осушения. Сопоставим результаты по пятилетиям. При высоких уровнях ПГВ (табл. 1) во втором пятилетии (по сравнению с первым) модули стока уменьшились на 6...7 %, а в третьем — на 42 %. Выше было отмечено, что торфяная залежь верхового болота характеризуется резким увеличением степени разложения с глубиной. Если до глубины 45...50 см степень разложения находилась в пределах 5 %, то ниже она возрастала до 40 %. Поэтому при снижении ПГВ посередине между каналами до 23...25 см модули стока уменьшились в 3—4 раза. При положении ПГВ на глубине 33...35 см модули стока уменьшались в 5—7 раз. Снижение стока во времени отмечено и здесь, но уменьшение модулей выражено меньше, чем в верхних горизонтах. При низком положении ПГВ отмечено даже некоторое увеличение модулей стока в третьем пятилетии по сравнению со вторым.

На переходном торфянике (табл. 1) почти повсеместно наблюдается повышение модулей стока с течением времени после осушения, особенно при более высоком положении ПГВ.

Наблюдения за стоком в осушительных каналах позволяют определить водопроницаемость осушенной залежи по модулям стока, используя формулу Роте:

$$K = \frac{qL^2}{40H^2},$$

где  $K$  — коэффициент фильтрации, см/с;  
 $q$  — модуль стока, л/с с 1 га;  
 $L$  — расстояние между осушителями, м;  
 $H$  — напор, см.

Сток воды на осушенных землях определяется не глубиной грунтовых вод, а величиной напора, который вычисляют по разнице отметок уровней грунтовых вод посередине между каналами и уровнем воды в каналах. Зависимость между дренажным стоком и напором грунтовых вод установил Х. А. Писарьков [4]:

$$q = CH^2,$$

где  $q$  — модуль стока, л/с;  
 $C$  — коэффициент, зависящий от характера грунта и расстояния между дренами;  
 $H$  — напор, м.

Наблюдения показывают снижение модулей стока по каналам с течением времени после осушения (табл. 1). Однако одновременно уменьшается глубина каналов, а следовательно, и напор. На верховом болоте средняя глубина канала с 95 см в первом пятилетии после осушения уменьшилась до 70 см в третьем, на переходном болоте — соответственно со 110 до 100 см.

Изменился и напор (табл. 2). Вычисленные по формуле Роте коэффициенты фильтрации при высоком уровне ПГВ увеличились с 0,00195 до 0,00238 см/с, т. е. на 22 %. При среднем положении ПГВ коэффициент фильтрации оставался практически одинаковым на всем протяжении наблюдений. При низких уровнях грунтовых вод отмечено

Таблица 2

## Изменение водопроницаемости после осушения болот

Годы после осушения	Высокий уровень ПГВ		Средний уровень ПГВ		Низкий уровень ПГВ	
	Напор, см	Коэффициент фильтрации, см/с	Напор, см	Коэффициент фильтрации, см/с	Напор, см	Коэффициент фильтрации, см/с
Верховое болото						
1—5	81	0,00195	70	0,00097	60	0,00052
6—10	65	0,00284	55	0,00112	44	0,00068
11—15	56	0,00238	45	0,00098	36	0,00115
Переходное болото						
6	101	0,0111	82	0,00255	62	0,00111
14	87	0,0193	72	0,00539	49	0,00155

повышение коэффициентов фильтрации более чем в 2 раза с 0,00052 до 0,00115 см/с. На переходных торфяниках коэффициент фильтрации за 8 лет увеличился в 1,5—2 раза.

Причины, вызывающие изменения стока и водопроницаемости на осушенных землях, различны. После осушения, вследствие понижения ПГВ, верхние горизонты почвы оказываются в зоне аэрации. Активно формируются болотные почвы, повышается их микробиологическая активность, что приводит к ускоренному разложению органических веществ торфа и увеличению мощности почвенного горизонта. Под влиянием микроорганизмов усиливается агрегатирование илесто-коллоидной фракции почв, способствующее усилению водопроницаемости. Корни растений осваивают более глубокие горизонты. Водно-физические свойства торфяной залежи становятся более однородными по глубине. Эти изменения сильно влияют на водопроницаемость торфяника. Увеличение водопроницаемости, по-видимому, объясняется и формированием в грунтах с течением времени определенных внутренних водотоков.

Следовательно, формирование оструктуренного почвенного горизонта и увеличение его мощности, возрастание насыщенности почвенного горизонта корнями растений приводит к возрастанию водопроницаемости осушенных лесных почв. Чем больше времени проходит после осушения, чем более производительны древостои на осушенных почвах, тем выше их водопроницаемость.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабиков Б. В. Сток с осушенных лесных земель // Науч. тр. ЛТА.— 1976.— № 192.— 37 с. [2]. Дубах А. Д. Гидрология болот.— Свердловск; М.: Гидрометеонздат, 1944.— 228 с. [3]. Лундин К. П. Водные свойства торфяной залежи.— Минск: Урожай, 1964.— 210 с. [4]. Писарьков Х. А. Модули расчетного и фактического стока из дренажных систем // Мат. СевНИИГим.— 1939.— Вып. 1.— С. 5—36. [5]. Эркин Г. Д. Водопроницаемость болот в связи с их осушением // Тр. ВНИИ болотн. хоз-ва.— Минск, 1937.— 200 с.

Поступила 23 декабря 1987 г.

УДК 630\*443.2 : 630\*165.6

## ЗАЩИТА ВСХОДОВ СОСНЫ ОТ ПОЛЕГАНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ПОТОМСТВА ДЕРЕВЬЕВ

М. В. РОГОЗИН

Пермский государственный университет

При испытаниях потомства плюсовых деревьев на быстроту роста необходимо максимальное выравнивание экологических условий с самых ранних этапов развития растений. Однако в первые же недели всходы сосны иногда сильно поражаются фузариозом, что приводит к неравномерной густоте выращивания сеянцев и потерям зачастую невосполнимого селекционного материала.

Известные меры борьбы и профилактики в целом уменьшают полегание всходов, но не устраняют его полностью [5, 7, 8, 11]. По-видимому, это происходит из-за наличия неподдавленных очагов инфекции на семенах, внутри частиц почвы и торфа. Так как дезинфекция почвы приводит к уничтожению не только возбудителей полегания, но и естественных антагонистов патогенных грибов, то создаются определенные условия для новой вспышки заболевания [10, 12]. Полной стерилизации семян и почвы добиться трудно, так как патогенные грибы достаточно устойчивы [2].

При испытаниях потомства высевают многие десятки и сотни образцов семян от разных деревьев в нескольких повторностях. Протравливание такого количества мелких партий довольно трудоемко, поэтому предпочтительны меры по получению изначально незараженных семян и дезинфекции почвы. Так, при посеве в теплицах рекомендуется ежегодно насыпать слой свежего торфа, а торф предыдущей ротации обрабатывать пестицидами или запахивать [4, 6, 9]. Известен также способ, при котором снег на питомнике в начале таяния покрывают теплоизоляционным слоем, с наступлением устойчивой теплой погоды его убирают, и после стаивания снега в течение 1-2 дн высевают семена. При этом развитие грибницы задерживается и полегание всходов наблюдается редко [1]. На суглинистых почвах рекомендуется в посевные бороздки вносить песок. Это исключает образование поверхностной корки, которая трудно преодолевается всходами. Во избежание занесения грибной инфекции песок берут с глубины не менее 50 см [3]. Если семена высевать на 2-сантиметровый слой прокаленного песка, то в нем поселяются и развиваются бактерии и в меньшей степени — микровицеты [13].

Поскольку большинство бактерий из ризосферы древесных пород ускоряют прорастание семян и являются антагонистами патогена [13], то можно полагать, что ускоренное прорастание семян на слое песка уменьшит и гибель всходов от фузариоза. Для проверки этого предположения мы провели опыт с посевом сосны на супесчаной слабогумусированной почве в орошаемом питомнике.

В исследовании использовали семена с лабораторной всхожестью 98 %, которые получали двумя способами: с соблюдением мер дезинфекции и без них. В первом случае шишки собирали чистыми рукавицами в прокипяченные мешки, во втором — грязными старыми рукавицами в мешки, ранее использовавшиеся для затаривания картофеля. Наличие инфекции проверяли на кислом картофельном агаре. Зараженность грибами, вызывающими инфекционное полегание, в первой партии семян составила 0,0 %, во второй — 4 %.

При посеве этих партий семян в лабораторных условиях в ящики с прокаленным песком в первом случае не наблюдалось полегания всходов через 40 дн, а во втором оно достигло 20,5 %. Следовательно, простейшие меры по предотвращению контакта шишек и семян с не продезинфицированными объектами позволяют получать семена, свободные от инфекции.

Почва в питомнике оказалась зараженной фузариозом, вследствие выращивания на ней картофеля. Полегание всходов в течение ряда лет составляло 12...60 %. В опыте поверхность грядки планировали, прикатывали и наносили слой песка в 1,5; 3,0 и 5,0 см. Контролем служила грядка без песка. Повторность опыта пятикратная (пять блоков из 8 рендомизированных делянок по 100 семян в каждой). Делянки отграничивали перегородками из стекла глубиной 10 см. На грядке выдавливали маркером посевные бороздки глубиной 1,2 см. Семена высевали в конце мая из расчета 150 шт. на 1 м посевной строчки и заделывали сухим речным песком. Опыт продолжался 40 дн. В течение опыта максимальная температура воздуха в дневное время колебалась от 16 до 29 °С.

Орошение питомника проводили почти ежедневно. Сигналом для полива служило подсыхание слоя песка на 5...8 мм. После появления всходов поливы сократили до 2—3 раз в неделю и проводили при подсыхании песка на 10...15 мм.

В результате посева зараженных фузариозом семян на зараженную почву (вариант 1) гибель всходов составила 65 %, тогда как при посеве этих семян на слой песка толщиной 15; 3 и 5 см (варианты 2, 3 и 4) число погибших растений снизилось в 2 раза и составило 25...32 % (см. таблицу).

Влияние субстрата на гибель всходов сосны от полегания в орошаемом питомнике

Вариант опыта	Грунтовая всхожесть семян, %	Количество семян, погибших от фузариоза на 30-й день после появления всходов, %	Вариант опыта	Грунтовая всхожесть семян, %	Количество семян, погибших от фузариоза на 30-й день после появления всходов, %
1	85,4 ± 3,3	65,0 ± 7,8	5	84,4 ± 2,4	3,3 ± 0,9
2	89,0 ± 1,8	26,6 ± 3,9	6	92,6 ± 1,4	1,3 ± 0,9
3	89,6 ± 1,7	31,8 ± 6,0	7	89,4 ± 0,9	0,2 ± 0,0
4	91,0 ± 2,2	25,2 ± 4,8	8	91,4 ± 2,1	0,4 ± 0,0

При посеве чистых семян на зараженную почву полегание сократилось в 20 раз и составило всего 3,3 % (вариант 5), а слой песка в 1,5; 3 и 5 см практически полностью защитил всходы от полегания в вариантах 6, 7 и 8. Таким образом, основной причиной развития фузариоза в опыте была зараженность семян и в меньшей степени — зараженность почвы.

Грунтовая всхожесть как чистых, так и зараженных семян при посеве на зараженную почву оказалась в целом ниже на 4...6 %, что можно объяснить тем, что часть проростков поражается патогеном внутри почвы [12]. Поэтому посев семян на слой чистого песка можно рассматривать и как меру, повышающую грунтовую всхожесть семян.

Одинаково успешным оказался защитный эффект как самого тонкого, так и более толстых слоев песка (варианты 6, 7 и 8). Причины пока не ясны. Возможно, что у всходов сосны наиболее уязвима корневая шейка (место перехода корешка в гипокотиль), и если она изолирована от патогена, то полегание резко снижается.

В течение ряда лет мы использовали слой песка для выращивания однолетних сеянцев при испытаниях потомства деревьев сосны в теплице Оханского лесхоза и на опытном орошаемом питомнике Пермского университета, ежегодно тщательно выбирая из почвы сорняки, остатки корней и насыпая на грядки слой песка толщиной 1,0...1,5 см. Грун-



товая всхожесть семян в теплице составляла 86...92 %, а в питомнике — 78...86 %. От фузариоза погибало не более 1...3 % всходов. Спустя 4 года в питомнике семена стали высевать непосредственно в почву, однако посевные бороздки всегда засыпали промытым и сухим речным песком. Полегание всходов наблюдалось очень редко и не превышало долей процента. По-видимому, здесь подтвердился вывод о том, что тщательная обработка почвы лишает патоген источников органического питания, и он резко снижает свою активность [3].

Таким образом, для защиты всходов сосны от полегания при испытаниях потомства необходимо избегать контакта шишек и семян с непродезинфицированными предметами, включая спецодежду, тару и др., а при посеве на зараженную почву наносить на нее слой песка 1,0...1,5 см, взятого с глубины не менее 50 см. Посев семян проводят на глубину не более 1,0 см в выдавленные на слое песка бороздки, которые засыпают промытым и сухим речным песком. В теплице и орошаемом питомнике на супесчаной почве в условиях Пермской области перечисленные меры обеспечили почти полное прекращение гибели всходов от фузариоза. Повысилась также и грунтовая всхожесть семян.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 803906 СССР, МКИЗ А 01 G 23/00. Способ посева семян хвойных пород в лесопитомнике / Ю. П. Светогоров (СССР).— № 2715321/30—15; Заявлено 22.01.79 // Открытия. Изобретения.— 1981.— № 6.— С. 7. [2]. Большой практикум по микробиологии / Под ред. Г. Л. Селибера.— М.: Высш. школа, 1962.— 420 с. [3]. Ведерников Н. М., Яковлев В. Г. Защита хвойных семян от болезней.— М.: Лесн. пром-сть, 1972.— 89 с. [4]. Драчков В. Н. Увеличение продолжительности использования торфяного субстрата в теплицах // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 4.— С. 28—29. [5]. Драчков В. Н., Тырышкина В. А. Фузариоз и меры борьбы с ним в питомниках // Лесн. хоз-во.— 1979.— № 1.— С. 76—78. [6]. Игачис Г. А. Выращивание посадочного материала в теплицах с синтетическим покрытием.— М.: Лесн. пром-сть, 1974.— 79 с. [7]. Игнатьева Н. С., Ведерников Н. М. Устойчивость сосны обыкновенной к инфекционному полеганию в географических посевах // Лесоведение и лесоводство: РЖ.— 1982.— № 1.56.186. [8]. Кашкарова Р. С. Меры борьбы с полеганием сеянцев ели Шренка // Лесоведение и лесоводство: РЖ.— 1976.— № 5.56.242. [9]. Нормативы по выращиванию посадочного материала хвойных пород в условиях контролируемой среды в зональном разрезе.— Архангельск, 1982.— 9 с. [10]. Петров К. За причините на полагане то на боровите попици // Горско стопанство.— 1975.— 31, № 6.— С. 21—23.— Реф.: Лесоведение и лесоводство: РЖ.— 1976. № 1.56.143. [11]. Поликарпова Е. Б. Производственные испытания системных фунгицидов в качестве протравителей семян сосны и ели // Вопросы лесоводства и лесозащиты.— Пушкино: ВНИИЛМ, 1978.— С. 86—90. [12]. Соколов А. И., Кивиниemi С. Н. Влияние почвенной микрофлоры на жизнеспособность семян сосны в условиях таежной зоны // Насекомые и фитопатогенные грибы в лесных экосистемах.— Петрозаводск, 1985.— С. 140—152. [13]. Шубин В. И., Кивиниemi С. Н., Еремеева Л. В. Влияние почвенных грибов разных экологических групп на рост сеянцев сосны и ели // Насекомые и фитопатогенные грибы в лесных экосистемах.— Петрозаводск, 1985.— С. 152—167.

Поступила 23 июня 1987 г.

УДК 632.954

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРИМЕНЕНИЮ ГЕРБИЦИДОВ И АРБОРИЦИДОВ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Л. Ю. КЛЮЧНИКОВ

Московский лесотехнический институт

В лесных питомниках, культурах, молодых насаждениях одновременно произрастают главные породы, различные сорные травы и деревья второстепенных пород. Выращиваемые сеянцы и саженцы во взаимодействии с другими растениями, молодняки искусственного

и естественного происхождения рассматриваются как саморегулирующиеся биоэкологические системы. Эти системы изменяются во времени, являются динамическими, реагируют на внешние изменения. Разумно воздействуя на систему, лесовод может направленно использовать ее в хозяйственных целях [4, 6].

Применение гербицидов и арборицидов представляет собой направленное воздействие. При изреживании сорных трав и нежелательных деревьев изменяется биологическая система на лесокультурном объекте, экологические условия приближаются к оптимальным для выращивания главных пород. Уход за культурами требуется не только на ранних этапах, но и в течение периода формирования молодняков. Зарастание питомников и культур сорной растительностью изменяется во времени. Это сложный динамический процесс, особенно на вырубках, где к взаимодействию саженцев и сорных трав добавляется влияние естественно возобновившихся мягколиственных пород [5, 8].

Изложенные положения фундаментальны. Исходя из динамической природы леса, гербициды и арборициды применяют по системам, которые представляют совокупности последовательных обработок, связанные с определенными этапами формирования или создания леса. Применение химических средств ухода как систему можно рассматривать на разных уровнях. В сопоставлении с общей схемой формирования типов леса по И. С. Мелехову можно представить связь известных способов обработки арборицидами и гербицидами с этапными изменениями леса. На уровне законченного лесокультурного производства по А. Р. Родину характеризуется связь направленности химического ухода с этапами искусственного лесоразведения от получения посадочного материала, через выращивание лесных культур, включая формирование состава молодняков. На уровне отдельного этапа или взаимосвязанных

Система использования химических средств ухода на уровне динамической типологии

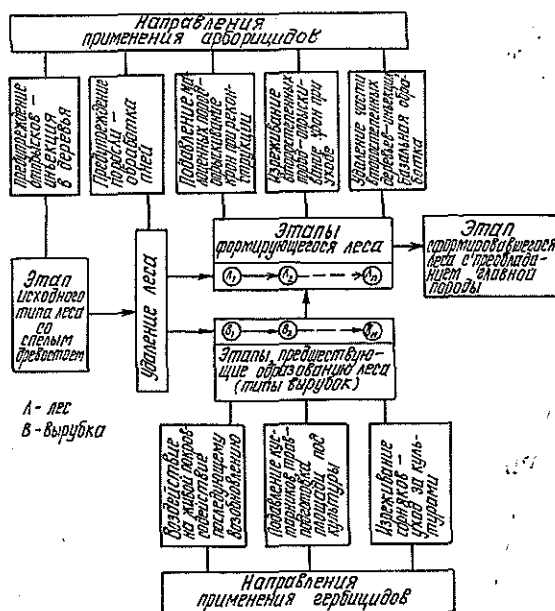


Рис. 1

этапов с учетом конкретных условий строятся системы обработки определенными препаратами и дозами.

Система применения гербицидов и арборицидов, связанная с этапами формирования леса, основывается на динамической типологии леса [6] и объединяет разные способы обработки. В таком подходе имеется определенное преимущество, которое позволяет оценить известные способы не разобщенно, а как единое целое и в связи с последовательными этапами формирования леса (рис. 1). Способы, предупреждающие отрастание второстепенных пород, — инъекция в деревья осины до рубки, обработка пней ряда лиственных пород сразу после рубки — включены в рекомендации для производства. Использование гербицидов для содействия возобновлению целесообразно в определенных условиях, например, при воздействии на моховой покров и кустарнички вырубок (по разработкам ЛенНИИЛХа).

Подавление малоценного молодняка при реконструкции возвращает участок к этапам, предшествующим образованию леса, но отличным от формирующихся непосредственно после рубки. Такое интенсивное воздействие оправдывается тем, что следующее затем выращивание культур позволяет формировать ценный по составу древостой, минуя длительный этап смены пород. Применение гербицидов при подготовке площади под культуры, уходе за ними и арборицидов при формировании состава искусственных молодняков относится к этапам завершеного лесокультурного производства. Применение арборицидов в смешанных молодняках естественного происхождения имеет такое же назначение. На более позднем этапе формирования леса рекомендуется регулирование состава инъекцией арборицидов, разработана базальная обработка. На выходе системы образуется сформировавшийся лес с преобладанием главной породы в древостое.

Химические средства используют преимущественно на ранних этапах формирования леса. Для практических целей в условиях динамики определенного типа вырубки и затем леса требуется выбрать виды обработки. В столетнем цикле лесовыращивания интенсивная химизация ухода предполагает ежегодную однократную обработку не более 3 % территории [2]. Такой объем применения гербицидов и арборицидов установлен в лесном хозяйстве ГДР. Дальнейший рост не вызывается необходимостью, и обнаруживается тенденция к некоторому снижению за счет частичного отказа от профилактических обработок [9].

На уровне завершеного лесокультурного производства система применения химических средств ухода состоит из двух подсистем обработки: 1 — на этапе получения посадочного материала в питомнике; 2 — на взаимосвязанных этапах формирования типа вырубки, выращи-

Система применения химических средств ухода в завершеном лесокультурном производстве

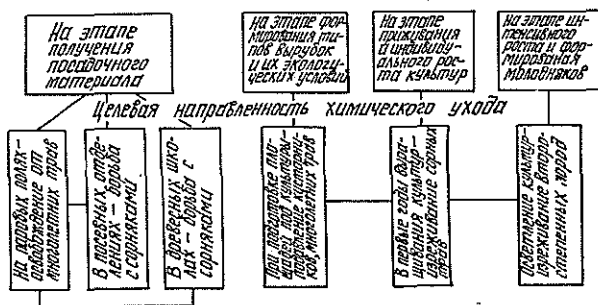


Рис. 2

вания саженцев и молодых деревьев на лесокультурной площади (рис. 2). Каждая подсистема, в свою очередь, состоит из блоков, представляющих последовательное применение гербицидов при подготовке почвы, при выращивании сеянцев или саженцев. В формирующемся молодняке уход завершается использованием арборицидов, обеспечивающим преобладание главной породы.

Система применения гербицидов на этапе получения посадочного материала (дозы препаратов - кг/га)

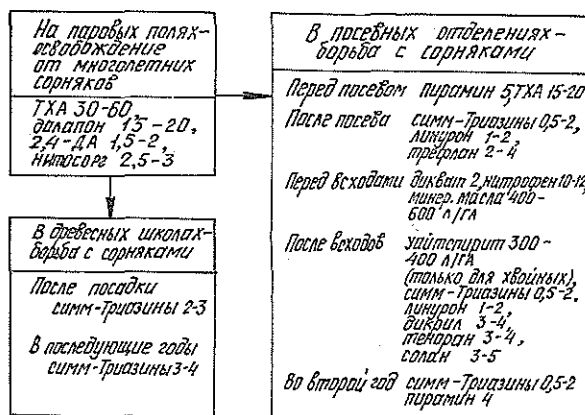


Рис. 3

Система применения гербицидов на этапе получения посадочного материала (рис. 3) начинается борьбой с многолетними сорняками, которую проводят с учетом сезонной динамики, периода чувствительности подземных органов, при сочетании с культивацией и вспашкой. В процессе выращивания сеянцев хвойных для борьбы с сорняками производство в основном использует симм-триазиновые гербициды для обработки после посева, после появления всходов и на следующий год. Применение только этих препаратов может постепенно выработать устойчивость сорных растений и снизить эффективность. Во избежание этого можно вносить другие гербициды, например, перед появлением всходов — нитрофен, минеральные масла; после их появления — уайт-спирит, линурон; во второй год — алипур, пирамин. Для обработки в процессе выращивания сеянцев лиственных пород требуется использовать еще ряд гербицидов, названных в системе применения. При выращивании саженцев ели, сосны, лиственных пород в школах следует применять повышенные дозы симм-триазиновых препаратов, дополняя обработкой ротационным культиватором.

Система применения химических средств на лесокультурной площади охватывает три обособленных и одновременно взаимосвязанных этапа. Последовательность обработки в завершеном лесокультурном производстве показана на примере злаковых типов вырубков (рис. 4), которые особенно распространены в зоне смешанных лесов. На первых двух этапах важное значение имеет правильный выбор и рациональное взаимодействие химических и механических средств, дополняющих друг друга.

В равнинных лесах на этапе формирования типов вырубков и их экологических условий предпочтительно применение почвообрабатывающих машин, которые разрыхляют почву и дернину, формируют микроповышения в условиях избыточного увлажнения, меньше загрязняют среду, имеют экономические преимущества перед гербицидами.

Система применения гербицидов и арборицидов в культурах сосны и ели на вейниковых и луговых вырубках (дозы - кг/га)

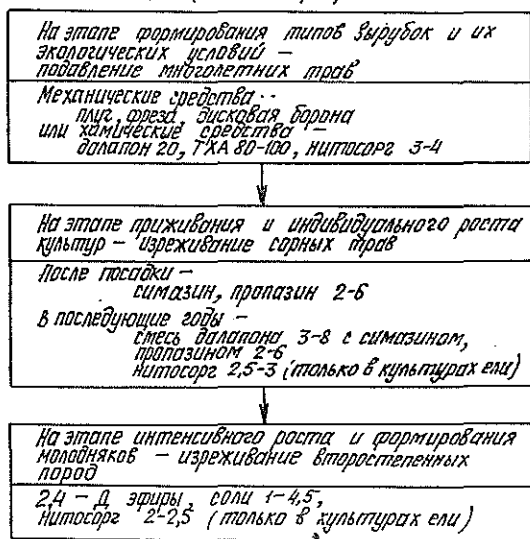


Рис. 4

В горных лесах, если механизированная подготовка почвы на склонах невозможна, следует применять химические средства. В поясах дубовых, буковых и буково-пихтовых лесов Северного Кавказа распространены вырубки ожиновых, папоротниковых, азалеевых и рододендроновых типов; для борьбы с ежевикой (ожиной) (*Rubus caesius* L.) летом их следует обработать водной эмульсией эфира 2,4-Д с дозой 3...4 кг/га. Корневища папоротников (*Athyrium filix-femina* (L.) Roth., *Driopteris filix-mas* (L.) Schott.) отмирают после весенней обработки дозой 10 кг/га монурона и повторной обработки следующей весной. Против этих растений перспективны велпар и нитосорг в дозах 3...5 кг/га. Для подавления азалеи (*Rhododendron luteum* Sweet), рододендрона (*R. caucasicum* Pall., *R. ponticum* L.) рекомендуется двукратная обработка в начале и конце лета дозой 5...7 кг/га эфира 2,4-Д в форме водной эмульсии.

На этапе приживания и индивидуального роста культур уход состоит в обработке гербицидами рядов и частичной или сплошной культивации междурядий. Выбор препаратов определяется динамическими изменениями состава сорной растительности. Так, после механизированной подготовки почвы на вырубках злаковых типов достаточно обрабатывать ряды симм-триазиновыми гербицидами, а в последующие годы с восстановлением вейников (*Calamagrostis arundinacea* Roth., *C. epigeios* (L.) Roth.) и щучки (*Deschampsia caespitosa* (L.) Beauv.) требуется добавление далапона. Эти растения распространяются и на вырубках незлаковых типов, например, кипрейных. Новый гербицид нитосорг эффективен в борьбе со злаковыми и широколиственными травами, малиной (*Rubus idaeus* L.), порослью лиственных деревьев.

Следует учитывать сезонную динамику растительности. На черноземной почве к середине лета отрастают относительно устойчивые к симм-триазиновым гербицидам однолетние злаки щетинники (*Setaria glauca* P. B., *S. viridis* P. B.), куриное просо (*Echinochloa crus galli* (L.) Roem et Schult.). Для борьбы с ними следует провести направленное

опрыскивание далапоном, а при отрастании вьюнка (*Convolvulus arvensis* L.), осота (*Sonchus arvensis* L.), других корнеотпрысковых — препаратами 2,4-Д. На песчаной почве степной зоны после двух лет применения симазина выжили и распространились трагус (*Tragus racemosus* L.), осока (*Carex colchica* Gay.), свинойрой (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). В дополнение к основному гербициду потребовалось направленное опрыскивание дикватом. Из новых гербицидов перспективен велпар.

Заключительным компонентом системы применения химических средств ухода при выращивании культур является обработка арборицидами. Этот прием, обеспечивая изреживание естественно возобновившихся второстепенных и усиление роста главных пород, гарантирует преобладание последних в будущем. Такой результат является необходимым условием завершеного лесокультурного производства [7]. Предпочтительно «опережающее» применение арборицидов в I классе возраста лиственных пород, как предупреждающее потерю прироста хвойных, требующее пониженных доз и более благоприятное в эстетическом отношении [3]. Лесоводственно-технологическую эффективность арборицидов 2,4-Д исследовали при формировании молодняков с преобладанием сосны и ели в зоне смешанных лесов, дуба в лесостепной зоне, бука и пихты на Северном Кавказе. Для ухода за составом в возрасте прочистки рекомендуется инъекция арборицидов, разработана базальная обработка. Из новых препаратов перспективен нитосорг для опрыскивания при осветлении ели и инъекции в стволы второстепенных деревьев.

Изложенные системы химического ухода тесно увязаны с этапами формирования леса. Они основаны на динамической типологии, являются научной базой для разработки технологических схем применения гербицидов и арборицидов в завершеном лесокультурном производстве и составления программ управления применением химических средств ухода на конкретных объектах лесовыращивания. При системном подходе к использованию химических средств ухода в выборе объектов применения учтены ограничения, связанные с охраной окружающей среды, которые отражены в прежних работах [1]. Практическое использование сформулированных положений повысит эффективность ухода при выращивании и формировании леса, улучшит воспроизводство лесных ресурсов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Ключников Л. Ю., Зыряев А. Г., Багаева М. В. Технические указания по применению гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве.— М.: Лесн. пром-сть, 1968.— 52 с. [2]. Марадудин И. И. Перспективы применения химического ухода за лесом в XI пятилетке // Химический уход за лесом.— Л., 1983.— С. 3—6. [3]. Мартынов А. Н. Лесоводственно-технологические основы экологической безопасности химического ухода за молодняками: Автореф. дис... докт. с.-х. наук.— Л., 1983.— 22 с. [4]. Мелехов И. С. Лес как природная система // Лесн. журн.— 1974.— № 3.— С. 7—17.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Мелехов И. С. Биология, экология и география возобновления леса // Возобновление леса.— М.: Колос, 1975.— С. 4—22. [6]. Мелехов И. С. Лесоведение.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 406 с. [7]. Родин А. Р. Вопросы теории и развития искусственного лесовозобновления // Науч. тр. / МЛТИ.— 1980.— Вып. 120.— С. 55—58. [8]. Родин А. Р. Перспективы интенсификации лесокультурных работ // Науч. тр. / МЛТИ.— 1983.— Вып. 148.— С. 75—80. [9]. Bergmann I.-H. Stand und Entwicklung der Verfahren zur chemischen Kultur- und Jungwuchspflege // Beitrage für die Forstwirtschaft.— 1980.— N 3/4.— S. 134.

Поступила 24 июля 1986 г.

УДК 630\*232.311 + 630\*232.318

**ОБЪЕМ ЗАГОТОВКИ И КАЧЕСТВО СЕМЯН  
ХВОЙНЫХ ПОРОД В КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*А. И. БАРАБИН, Н. М. ПЛАСТИНИН*

Архангельский лесотехнический институт

Во многих регионах страны остается нерешенной проблема обеспечения лесокультурных работ хорошими семенами [10]. Табл. 1, составленная по материалам Кировского управления лесного хозяйства, подтверждает это. Так, плановые задания выполнены за 19 лет только 6 раз, в основном за счет семян ели, урожай которой был высоким в 1971, 1973, 1978 и 1982 гг. Обильное семеношение ели наблюдалось и в 1965 г., но плановое задание, как и на 1966 г., было максимальным. В другие же годы, например в 1981 г., при минимальном задании на восьмую и десятую пятилетки управлением лесного хозяйства не выполнены. Все это говорит о том, что плановые задания по заготовке семян хвойных пород не обоснованы и часто не соответствуют их фактическим запасам в природе. Хотя в последние годы разработаны достоверные прогнозы семеношения ели [1—8], но на производстве этот метод не используется.

Таблица 1

Плановые и фактические объемы заготовки семян

Год	Плановое задание, т	Фактически заготовлено		В том числе			
				ель		сосна	
		кг	%	кг	%	кг	%
1965	36,5	23 955	65,6	13 469	36,9	8 240	22,6
1966	37,0	9 276	25,0	4 288	11,6	4 218	11,4
1967	24,0	20 722	86,3	7 050	29,4	10 449	43,5
1968	16,5	9 246	56,0	3 660	22,2	5 209	31,6
1969	21,0	9 201	43,8	1 955	9,3	6 736	32,1
1970	16,0	14 961	93,5	1 091	6,8	13 321	83,3
1971	14,0	14 740	105,3	7 068	50,6	7 839	55,9
1972	19,0	21 278	111,9	17 985	94,7	3 183	16,7
1973	17,0	17 155	100,9	7 176	42,2	9 840	57,9
1974	17,0	22 734	133,7	19 691	115,8	2 989	17,6
1975	11,9	11 835	99,4	10 205	85,8	1 619	13,6
1976	15,0	6 859	45,7	2 178	14,5	4 661	31,1
1977	15,0	3 914	26,0	917	6,1	2 997	19,9
1978	15,0	13 018	86,8	4 181	27,9	8 837	58,9
1979	11,0	15 581	141,6	13 814	125,6	1 757	15,9
1980	13,0	9 258	71,2	6 902	53,1	2 356	18,1
1981	13,0	2 320	17,8	1 399	10,8	906	7,0
1982	13,0	12 871	98,7	8 102	62,3	4 769	36,7
1983	15,0	22 838	152,2	22 484	149,9	351	2,3
1966—1970	114,5	63 406	55,4	18 044	15,8	39 933	34,9
1971—1975	78,9	87 742	111,2	62 125	78,7	25 470	32,3
1976—1980	69,0	48 630	70,5	27 992	40,6	20 610	29,9
1981—1983	41,0	38 029	92,7	31 985	78,0	6 026	14,7

Качественный анализ заготавливаемых семян сделан на основании данных Кировской ЗЛСС (табл. 2). Из таблицы видно, что за 19 лет заготовлены в основном семена ели I класса качества (75 %), некон-

Таблица 2

## Качественная характеристика семян

Год	Класс качества, %						Некондиционные, %	
	Ель			Сосна			ель	сосна
	I	II	III	I	II	III		
1965	62	33	4	65	26	9	1	—
1966	34	45	14	29	38	24	7	8
1967	41	39	15	10	38	46	5	6
1968	52	27	16	21	35	38	5	6
1969	45	28	15	29	42	25	12	4
1970	86	8	5	28	32	37	1	3
1966—1970	45	35	15	23	36	36	5	5
1971	88	7	4	22	38	37	1	3
1972	97	3	—	44	30	24	—	2
1973	74	15	10	61	29	10	1	—
1974	91	7	2	50	38	10	—	—
1975	72	17	8	50	28	20	3	2
1971—1975	87	8	4	45	33	21	1	1
1976	76	26	5	78	16	4	2	2
1977	40	47	12	59	31	9	1	1
1978	78	13	7	73	24	3	2	—
1979	85	9	6	22	26	27	—	23
1980	60	25	11	17	43	33	4	7
1976—1980	75	16	7	61	26	9	2	4
1981	48	30	15	13	42	40	7	5
1982	80	12	7	40	44	15	1	1
1983	72	18	9	1	38	47	1	14
1965—1983	75	17	7	41	33	23	1	3

диционные семена составили всего 1 %. Характерно, что качество семян ели, полученных при обильном семеношении, значительно выше, чем в межсеменные годы. Так, в 1965 г. семян I класса было получено 62 %, в 1971—1974 гг. соответственно 88, 97, 74 и 91 %, в 1978—1979 гг. — 78 и 85 %, в 1982 г. — 80 %. Наиболее качественные семена получены в девятой пятилетке, что вполне объяснимо, ибо в этот период обильное «цветение» ели наблюдалось дважды.

Как уже отмечалось [9], нет видимой связи между колебаниями качества семян сосны, с одной стороны, и объемом заготовок, с другой. При массовом анализе в 1967, 1970, 1971, 1973, 1978 гг. семян I класса качества получено соответственно 10, 28, 22, 61, 73 %. При минимальном же поступлении, например в 1975, 1979, 1981, 1983 гг., семян

Таблица 3

## Качество семян ели при хранении

Оценка урожая	Распределение по классам качества, %					
	I	II	Итого	III	Некондиционные	Итого
Высокие	81,4	12,9	94,3	4,8	0,9	5,7
Через год после высоких	60,7	25,3	86,0	10,1	3,9	14,0
Прочие	50,1	32,0	82,1	13,5	4,4	17,9



I класса оказалось 50, 22, 13 и 1 %. В целом за исследуемый период качество семян сосны было значительно хуже, чем ели (только 41 % семян I класса).

Данные о группировке еловых семян на три категории (табл. 3) показали, что их качество через год после сбора шишек значительно снижается.

### Выводы

1. Плановые задания по заготовке семян хвойных пород по Кировскому управлению лесного хозяйства устанавливаются необоснованно.

2. Качество семян ели выше, чем у сосны. В среднем 75 % семян ели имеют I класс качества, сосны — 41 %.

3. Чем больше урожай семян ели, тем лучше их качество. Для сосны такая закономерность не отмечена.

4. Способы хранения семян несовершенны. До 20 % семян ели I класса, заготовленных при обильном семеношении, уже через 1-2 года переходит во II и III классы качества.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Барабин А. И. Опыт прогнозирования и количественного учета урожая ели на Европейском северо-востоке РСФСР // Лесоразведение и лесомелиорация: Экспр.-информ. ЦБНТИ.—1982.— Вып. 7.— С. 1—11. [2]. Барабин А. И. Составление прогнозов семеношения ели // Информ. листок / Арханг. ЦНТИ.—1983.— № 80.— С. 1—6. [3]. Барабин А. И. Сохранность урожая семян ели в Архангельской области и достоверность прогноза // Информ. листок / Арханг. ЦНТИ.—1983.— № 81.— С. 1—3. [4]. Барабин А. И. Оценка семеношения ели баллами Каппера и ареал прогноза // Информ. листок / Арханг. ЦНТИ.—1983.— № 82.— С. 1—3. [5]. Барабин А. И. Количественная оценка урожая семян ели // Информ. листок / Арханг. ЦНТИ.—1983.— № 83.— С. 1—3. [6]. Барабин А. И. Оценка обилия семеношения ели на Европейском Севере // Информ. листок / Арханг. ЦНТИ.—1986.— № 174.— С. 1—3. [7]. Временные рекомендации по прогнозированию и количественному учету урожая семян ели на Европейском Севере / [А. И. Барабин].—М., 1987.— 20 с.— (Минлесхоз РСФСР). [8]. Ковалев Б. А., Барабин А. И. Планирование заготовок семян — научный прогноз // Лесн. хоз-во.—1984.— № 1.— С. 34—35. [9]. Котов М. М. Организация лесосеменной базы.—М.: Лесн. пром-сть, 1982.— 136 с. [10]. Николаюк В. А., Яркин В. П. Пути развития лесного семеноводства в СССР // Лесн. журн.—1984.— № 1.— С. 5—10.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 1 сентября 1986 г.

## ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630\*377.44.01.4/5

ОБОСНОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМОВ  
КОЛЕСНОЙ ТРЕЛЕВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ПО КРИТЕРИЮ  
ПОПЕРЕЧНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИГ. М. АНИСИМОВ, Д. В. ПАМФИЛОВ, В. Д. ВАЛЯЖОНКОВ,  
В. П. СЕРГЕЕВ, А. М. КОЧНЕВЛенинградская лесотехническая академия  
Брянский технологический институт  
КарНИИЛП

В ранее проводимых исследованиях динамической устойчивости колесных трелевочных систем базовый трактор был представлен плоской колебательной схемой с приведенными характеристиками подвески [2] при детерминированном воздействии, формируемом единичными неровностями [3], троганием трактора и подхватом пачки [5, 6].

Нами исследована поперечная динамическая устойчивость колесной трелевочной системы на базе трактора с пачковым захватом при возмущающем воздействии стохастического характера микропрофиля склона волока.

За критерий потери устойчивости принимали условие равенства нулю опорных реакций колес, движущихся выше по склону. Трактор идеализировали системой двух твердых тел с массами  $m_1$ ,  $m_2$ , соединяющихся горизонтальным шарниром с одной степенью свободы. Пачку моделировали усеченным конусом; ее массу привели к точке пересечения продольной оси пачки с плоскостью захвата:

$$m_3^{пр} = m_3 \frac{1}{L_2} (0,06L_2^2 + 0,15r^2 + l_5^2), \quad (1)$$

где  $m_3$  — масса пачки;

$L_2$  — длина пачки;

$r$  — радиус комлевого сечения пачки;

$l_5$  — расстояние от конца вершинной части пачки до центра масс.

Критические эксплуатационные режимы трелевочной системы определяли методом кинетостатики. К системе прикладывали действующие силы, реакции связей, силы и моменты сил инерции (рис. 1). Для определения ускорений, сил и моментов сил инерции была разработана и исследована математическая модель пространственных колебаний трелевочной системы при воздействии микропрофиля случайного характера, экспериментально подтверждена ее адекватность. Модель учитывала податливость и демпфирование шин в вертикальном и поперечном направлениях, нелинейное взаимодействие трактора и пачки через гидрополиспаст технологического оборудования [4].

Угол отклонения подвеса захвата трактора

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \alpha_3, \quad (2)$$

где  $\alpha_1$  — угол статического отклонения подвеса захвата, равный углу склона;

$\alpha_3$  — угол динамического отклонения, вызванного колебаниями системы,

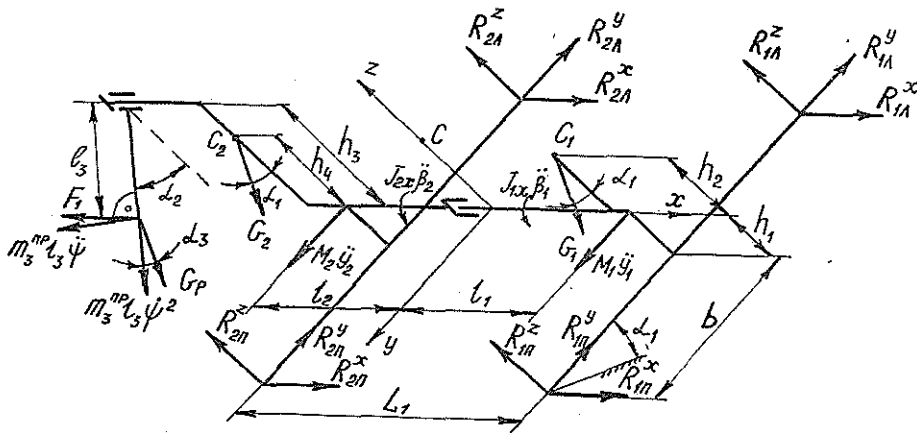


Рис. 1. Расчетная схема для исследования поперечной устойчивости колесной трелевочной системы

$$\alpha_3 = \arcsin \frac{1}{G_p} m_3^{np} l_3 \ddot{\psi}, \quad (3)$$

где  $l_3$  — длина подвеса захвата;  
 $G_p$  — рейсовая нагрузка трактора.

Сила трения волочащегося конца пачки о волок

$$F = m_3 g f \frac{l_4}{L_2 (1 + f \varphi)}, \quad (4)$$

где  $l_4$  — расстояние от торца пачки до ее центра тяжести;  
 $f$  — коэффициент трения пачки о волок;  
 $\varphi$  — угол наклона продольной оси пачки к поверхности волока.

Уравнение движения, формализующее потерю устойчивости трелевочной системы, имеет вид:

$$A \cos \alpha_1 + B \sin \alpha_1 + C = 0. \quad (5)$$

Здесь

$$A = m_3^{np} l_3 [(h_3 \dot{\psi}^2 + b \ddot{\psi}) \sin \alpha_3 + (h_3 \ddot{\psi} - b \dot{\psi}^2) \cos \alpha_3] - (G_1 + G_2 + G_p) b;$$

$$B = G_1 h_2 + G_2 h_4 + G_p h_3 + m_3^{np} l_3 [(h_3 \dot{\psi}^2 + b \ddot{\psi}) \cos \alpha_3 + (b \dot{\psi}^2 - h_3 \ddot{\psi}) \sin \alpha_3];$$

$$C = m_3^{np} \ddot{\psi} l_3 + J_{1x} \ddot{\beta}_1 + J_{2x} \ddot{\beta}_2 + M_1 h_1 \ddot{y}_1 + M_2 h_2 \ddot{y}_2 + G_p l_3 \sin \alpha_3,$$

где  $G_1, G_2$  — вес соответственно передней и задней секции трактора;

$M_1, M_2$  — инерционные коэффициенты;

$J_{1x}, J_{2x}$  — осевые моменты инерции соответственно передней и задней секции относительно оси  $x$  горизонтального шарнира.

Инерционные коэффициенты определяли по формулам

$$M_1 = \frac{1}{L_2^2} [J_z + (m_1 + m_2) l_2^2]; \quad M_2 = \frac{1}{L_1^2} [J_z + (m_1 + m_2) l_1^2], \quad (6)$$

где  $J_z$  — осевой момент инерции трактора относительно вертикальной оси  $z$ , проходящей через общий центр масс  $C$  секций трактора;

$l_1, l_2$  — расстояние соответственно от переднего и заднего моста до общего центра масс секций трактора;  
 $L_1$  — база трактора.

Решая полученное трансцендентное уравнение (5) методом Мюллера на ЭВМ ЕС-1022 и варьируя основные эксплуатационные режимы, можно построить зависимость критических масс пачки и скорости движения от угла склона для трелевочной системы на базе перспективного лесопромышленного трактора ТЛК-1 (рис. 2). Как видно из рисунка, с увеличением скорости движения и массы пачки поперечная устойчивость ухудшается. Эта зависимость позволяет, задаваясь характеристиками рельефа лесосеки, выбирать и обосновывать скорости и рейсовые нагрузки трелевочной системы по критерию поперечной устойчивости.

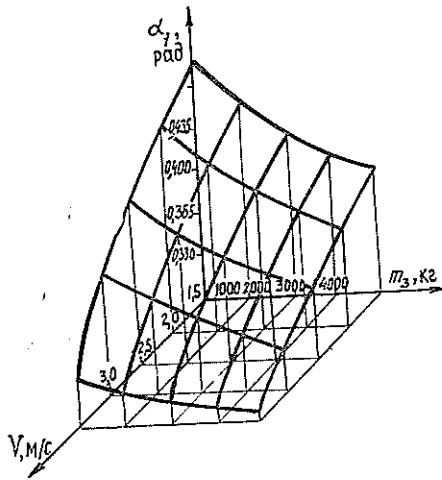


Рис. 2. Зависимость критической массы пачки и скорости движения системы от угла склона

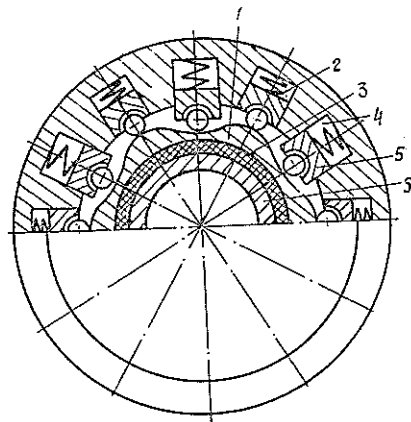


Рис. 3. Демпфер относительных поперечно-угловых колебаний секций трактора

В целях повышения поперечной устойчивости трелевочной системы было разработано решение, основанное на использовании ее конструктивных особенностей. Оно заключается в гашении относительных поперечно-угловых колебаний секций трактора и предмета труда — трелеваемой пачки. Демпферы крутильных колебаний устанавливаются в горизонтальном шарнире сочленения секций трактора и в шарнире сочленения задней секции и пачкового захвата.

Для реализации этого решения был предложен упруго включенный демпфер внутримолекулярного трения (рис. 3), который состоит из упругой втулки 3, жестко связанной с трубкой 6 передней секции трактора и закрепленной в кулачковом цилиндре 1. На кулачки цилиндра опираются роликовые толкатели 5, упруго установленные в цилиндрических отверстиях 4 с помощью пружин 2. Обойма жестко соединена с задней секцией. При поперечно-угловых колебаниях секций трактора происходит их относительный поворот, при этом кулачки цилиндра 1 действуют на толкатели 5 с пружинами 2 и перемещают толкатели в отверстиях обоймы. Одновременно кулачковый цилиндр, поворачиваясь относительно трубы 6, вследствие деформации упругой втулки 3, осуществляет демпфирование относительных поперечно-угловых колебаний за счет внутреннего трения во втулке 3 [1].

Исследование принципиальных возможностей предложенного гашения относительных колебаний показало, что установка демпферов

одновременно в горизонтальном шарнире сочленения секций трактора и в шарнире сочленения задней секции и пачкового захвата расширяет область устойчивости. Критические скорости движения трелевочной системы при установке демпферов с коэффициентами демпфирования 50 и 60 кН·м·с/рад увеличиваются до 65 %.

Таким образом, разработанная математическая модель характеризует устойчивость трелевочной системы и позволяет обосновывать эксплуатационные режимы, влияющие на устойчивость, а предложенное техническое решение способствует улучшению динамических свойств системы с одновременным повышением поперечной устойчивости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 1150143 СССР, МКИ<sup>4</sup> В 62 D 53/02. Составная рама транспортного средства / Г. М. Анисимов, Д. В. Памфилов, С. А. Осмаков, А. В. Опенышев (СССР).— № 3659316/27-11; Заявлено 05.11.83; Оpubл. 15.04.85 // Открытия. Изобретения.— 1985.— № 14.— С. 55. [2]. Жуков А. В., Кадолко Л. И. Основы проектирования специальных лесных машин с учетом их колебаний.— Минск: Наука и техника, 1978.— 264 с. [3]. Кононенко М. П., Митерев Ю. И. Исследование поперечной устойчивости колесного трелевочного трактора при его движении по неровному микрорельефу // Вопросы создания трелевочных колесных тягачей: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1970.— Вып. 103.— С. 158—168. [4]. Памфилов Д. В. Повышение боковой устойчивости и плавности хода колесной трелевочной системы: Дис... канд. техн. наук.— Л., 1985.— 140 с. [5]. Провоторов Ю. И. Взаимодействие колесного трелевочного трактора и пачки хлыстов при трогании с места // Вопросы механизации лесозаготовок: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1973.— Вып. 129.— С. 50—55. [6]. Провоторов Ю. И. Динамическая устойчивость колесного трелевочного трактора при трогании с пачкой хлыстов // Механизация лесосечных работ: Тр. / ЦНИИМЭ.— 1973.— Вып. 132.— С. 116—122.

Поступила 9 марта 1987 г.

УДК 629.1.013.5

### ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ КРЕСТООБРАЗНОЙ СЦЕПКИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА С УЧЕТОМ ДЕФОРМАЦИИ ТРОСОВ

А. В. ЖУКОВ, А. И. КИРИЛЬЧИК

Белорусский технологический институт

В настоящее время на лесовозных автопоездах поворотом прицепа-ропуска управляют с помощью дышла и тросовой крестообразной сцепки. От правильности выбора параметров сцепки зависят маневренные свойства лесовозного автопоезда, его управляемость и безопасность движения.

Существующие методики оценки кинематических параметров систем управления автопоездов, приведенные в работах [1—3], не позволяют в полной мере оценить некоторые важные показатели и параметры, например, зону неуправляемости, конструктивные особенности системы управления, деформацию сцепки и т. д.

Для комплексной оценки кинематических параметров сцепок предлагается метод, основанный на предположении условного растяжения тросов управления. Расчетная схема системы управления представлена на рис. 1, точками  $O$  и  $O_1$  обозначены места шарнирного крепления дышла к тягачу и прицепу-ропуску. Плечи  $a$  и угол установки плеч  $\gamma$  определяют координату крепления троса сцепки к тягачу относительно шарнира  $O$ , а плечи  $b$  и угол  $\varphi$  — относительно шарнира  $O_1$ . Расстояние  $OO_1$  является базой крестообразной сцепки ( $L_6$ ). Длину ветви крестообразной сцепки можно найти из треугольника  $KMN$ :

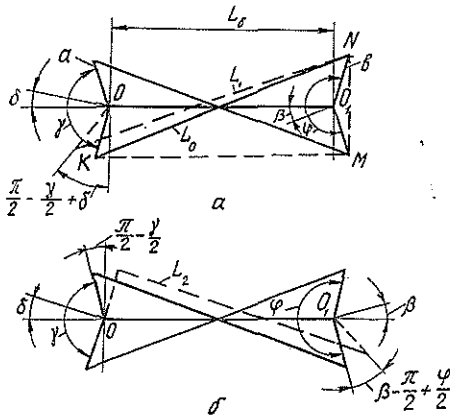


Рис. 1. Расчетная схема определения кинематических параметров сцепки:  $a$  — передаточного отношения;  $b$  — зоны неуправляемости

$$L_0 = \sqrt{\left(a \cos \frac{\gamma}{2} + L_6 - b \cos \frac{\varphi}{2}\right)^2 + \left(a \sin \frac{\gamma}{2} + b \sin \frac{\varphi}{2}\right)^2}. \quad (1)$$

Условная длина ветви троса сцепки  $L_1$  при повернутом на угол  $\delta$  плече  $a$  и неподвижном плече  $b$  определяется по формуле

$$L_1 = \sqrt{\left[a \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + L_6 - b \cos \frac{\varphi}{2}\right]^2 + \left[a \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) - b \sin \frac{\varphi}{2}\right]^2}, \quad (2)$$

где  $\delta$  — передний угол складывания автопоезда (угол между продольной осью тягача и дышлом).

Разность между расстояниями  $L_1$  и  $L_0$  есть удлинение, на которое передний рычаг условно растянул ветвь троса, или перемещение точек закрепления троса на заднем рычаге:

$$L_1 - L_0 = \Delta = b\beta, \quad (3)$$

где  $\Delta$  — условное удлинение троса;

$\beta$  — задний угол складывания автопоезда (угол между продольной осью прицепа-ропуски и дышлом).

Преобразуя выражение (3) с учетом уравнений (1) и (2), получим:

$$\beta = \sqrt{N + Q \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + P \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right)} - \frac{L_0}{b}, \quad (4)$$

где

$$N = \frac{a^2 + b^2 + L_6^2 - 2L_6b \cos \varphi/2}{b^2};$$

$$Q = \frac{2a(L_6 - b \cos \varphi/2)}{b^2}; \quad P = \frac{2a}{b} \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Уравнение (4) представляет собой угловую характеристику крестообразной сцепки и позволяет определять изменение заднего угла складывания  $\beta$  при изменении переднего угла складывания  $\delta$ . Таким образом, можно записать общее уравнение для определения передаточного отношения крестообразной сцепки:

$$i = \frac{\sqrt{N + Q \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + P \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right)} - L_0/b}{\delta}. \quad (5)$$

Оценивая кинематические параметры крестообразной сцепки, необходимо также анализировать состояние нерабочей (холостой) ветви

тросового привода, так как оно существенно влияет на работоспособность сцепки. Обозначим длину нерабочей ветви крестообразной сцепки  $L_2$  и рассмотрим возможные кинематические соотношения, возникающие при повороте автопоезда:

1)  $L_0 < L_2$  — положение кинематического несоответствия, при котором нерабочая ветвь препятствует повороту прицепа. Оно возникает при неправильном выборе геометрических параметров сцепки, нарушающих ее симметричность;

2)  $L_0 = L_2$  — наиболее благоприятное кинематическое соотношение, которое необходимо соблюдать при проектировании;

3)  $L_0 > L_2$  — положение, при котором возникают зоны неуправляемости (ЗН) прицепа в момент смены рабочих ветвей тросового привода при переходе автопоезда на траекторию выхода из поворота.

Для определения ЗН рассмотрим схему на рис. 1, б. Длину нерабочей ветви крестообразной сцепки можно определить из выражения

$$L_2 = \sqrt{\left[ L_0 + a \cos\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right) - b \cos\left(\frac{\varphi}{2} + \beta\right) \right]^2 + \left[ a \sin\left(\frac{\gamma}{2} + \delta\right) + b \sin\left(\frac{\varphi}{2} + \beta\right) \right]^2}.$$

Тогда ЗН может быть найдена из следующего уравнения:

$$\text{ЗН} = \frac{L_0 - L_2}{b}. \quad (6)$$

Как видно из уравнения (6), ЗН представляет собой угол поворота прицепа-ропуса, при котором отсутствует жесткая фиксированная связь с тягачом.

Уравнения кинематических параметров крестообразной сцепки получены с учетом допущений неизменности расстояний между точками крепления тросов управления и их нерастяжимости. При эксплуатации расстояние между точками крепления тросов  $L_T$  является величиной переменной и находится в непосредственной зависимости от усилий в тросах управления. Эта зависимость имеет вид

$$L_T = L'_T \left( 1 + \frac{P_{\text{тр}}}{EF_T} \right), \quad (7)$$

где  $L'_T$  — длина ветви тросового привода при нерастяжимом тросе;

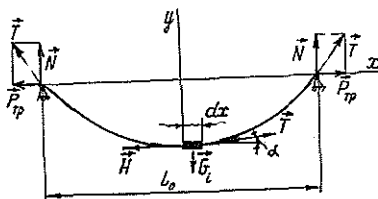
$P_{\text{тр}}$  — усилие в тросе управления;

$E$  — модуль упругости троса;

$F_T$  — площадь поперечного сечения троса.

Для определения величины  $L'_T$  рассматривали схему закрепления троса управления сцепки, представленную на рис. 2. Под действием сил тяжести трос провисает. Обозначим через  $dx$  длину элементарного участка, примыкающего к середине троса. С одной стороны на элементарный участок действует сила  $T$ , направленная под углом к горизонту,

Рис. 2. Схема сил, действующих на тросы управления



с другой — сила  $H$ , равная силе  $P_{\text{тр}}$ . На основании этой схемы можно получить следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} T \cos \alpha - P_{\text{тр}} = 0; \\ -T \sin \alpha + q \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx = 0, \end{cases} \quad (8)$$

где  $q$  — вес 1 пог. м троса;  
 $y = f(x)$  — уравнение провисания ветви тросового привода.

Исключая из системы уравнений (8) параметр  $T$ , получим:

$$q \int_0^x \sqrt{1 + y'^2} dx = P_{\text{тр}} \operatorname{tg} \alpha. \quad (9)$$

Тангенс угла наклона касательной к кривой есть производная, следовательно, уравнение (9) можно представить в виде:

$$y'' = \frac{q}{P_{\text{тр}}} \sqrt{1 + y'^2}. \quad (10)$$

Общее решение уравнения (10) имеет вид

$$y = \frac{P_{\text{тр}}}{2q} \left( \exp \frac{(x + C_1)q}{P_{\text{тр}}} + \exp -\frac{(x + C_1)q}{P_{\text{тр}}} \right) + C_2.$$

При начальных условиях:  $x_0 = 0$ ,  $y_0 = 0$ ,  $y'_0 = 0$  постоянные интегрирования равны:  $C_1 = 0$ ;  $C_2 = -\frac{P_{\text{тр}}}{q}$ . Уравнение прогиба троса в окончательном виде следующее:

$$y = \frac{P_{\text{тр}}}{2q} \left( \exp \frac{q}{P_{\text{тр}}} x + \exp -\frac{q}{P_{\text{тр}}} x - 2 \right), \quad (11)$$

Тогда величину  $L'_\tau$  можно определить по формуле

$$L'_\tau = \int_0^{L_0/2} \sqrt{1 + y'^2} dx. \quad (12)$$

Подставив уравнения (11) и (12) в (7) и сделав соответствующие преобразования, получим уравнение для определения длины троса управления сцепки с учетом деформации:

$$L_\tau = \left( 1 + \frac{P_{\text{тр}}}{EF_\tau} \right) \int_0^{L_0/2} \sqrt{2 + \exp \frac{2x}{P_{\text{тр}}} \frac{q}{P_{\text{тр}}} + \exp -2x \frac{q}{P_{\text{тр}}}} dx. \quad (13)$$

Решая уравнение (13) на ЭВМ, получили зависимости изменения длины тросов управления от силы натяжения, представленные на рис. 3. Анализируя их, можно заключить, что длина тросов управления с увеличением силы натяжения уменьшается по гиперболическому закону и стремится в пределе к  $L_0$ . Деформация тросов изменяется по закону, близкому к линейному, при этом с увеличением базы автопоезда на 1 м деформация возрастает на 15...18 %.

На рис. 4 приведены графические зависимости кинематических параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда при недеформируемых тросах управления и их изменении при наличии деформации. Кривые на рисунке показывают, что задний угол складывания  $\beta$  и передаточное отношение  $i$  изменяются по нелинейному закону. С учетом деформации тросов они уменьшаются более интенсивно с нарастанием переднего угла складывания. Так, при  $\delta = 0,3$  рад  $\beta$  и  $i$  уменьшаются на 5...6 %, а при  $\delta = 0,4$  рад — на 9...10 %.



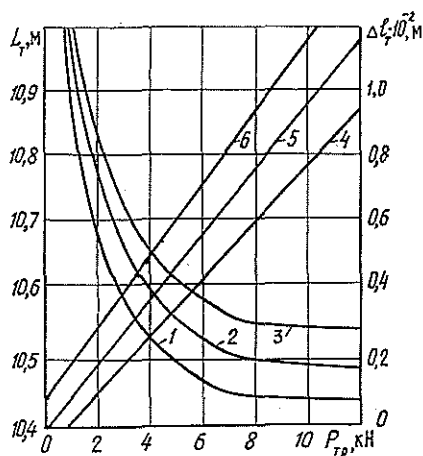


Рис. 3. Графики изменения длины  $L_{\tau}$  и деформации  $\Delta L_{\tau} = L_{\tau} - L_{\tau}^0$  тросов управления от усилий в тросах ( $q = 12,2$  Н/м;  $F_{\tau} = 124,7$  мм<sup>2</sup>): 1, 4 — изменение длины и деформации тросов управления при базе лесовозного автопоезда 9 м; 2, 5 — при базе 10 м; 3, 6 — при базе 11 м

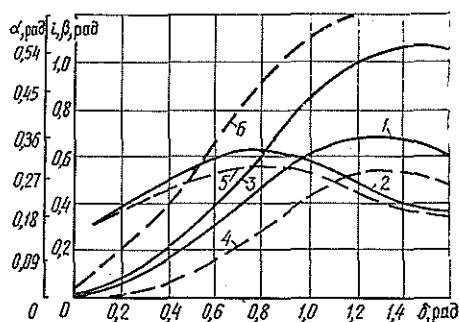


Рис. 4. Кинематические параметры крестообразной сцепки лесовозного автопоезда: 1, 2, 3 — изменение заднего угла складывания, передаточного отношения и зоны неуправляемости без учета деформации тросов; 4, 5, 6 — то же с учетом деформации тросов

Деформация тросов управления резко увеличивает ЗН лесовозного автопоезда в диапазоне  $\delta < 0,2$  рад. Это говорит о том, что даже при радиусах поворота лесовозных автопоездов  $R \geq 50$  м не исключена возможность выворачивания прицепа-ропуски при наезде на какое-либо препятствие и создания аварийной ситуации на дороге. При  $\delta > 0,5$  рад ЗН нарастают пропорционально изменению недеформированных тросов управления. При передних углах складывания  $50 \dots 60^\circ$  ЗН достигает  $36 \dots 37\%$ , что на  $18 \dots 20\%$  больше, чем при недеформируемых тросах. Целесообразно обеспечивать начальное натяжение тросов управления  $7,5 \dots 8,0$  кН, так как при этом они деформируются менее интенсивно. Наличие ЗН, достигающих значительных величин, не исключается регулировками натяжения тросов.

Экспериментальные исследования кинематических параметров лесовозного автопоезда МАЗ-509А + ГКБ-9383 показали, что отличия от теоретических угловых характеристик и передаточного отношения не превышают 6%, а величины ЗН — не более 14%. Результаты экспериментов подтверждают справедливость полученных аналитических зависимостей и свидетельствуют о том, что предлагаемая методика оценки кинематических параметров систем управления лесовозных автопоездов может быть использована для практических расчетов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Автомобильный транспорт леса: Справочник / Под ред. В. А. Горбачевского. — М.: Лесн. пром-сть, 1973. — 372 с. [2]. Закон Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда. — М.: Транспорт, 1967. — 255 с. [3]. Лахно В. П. Методика расчета крестообразной сцепки автомобиля с ролпуском // Механизация лесосечных работ: Тр. / ЦНИИМЭ. — 1973. — № 132. — С. 95—104.

Поступила 22 июля 1987 г.

УДК 625.576

## НАПРЯЖЕНИЯ ИЗГИБА В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ В ЗОНЕ ОПОРНОГО БАШМАКА

И. И. СЛЕПКО, И. Н. БЕРЕГОВОЙ

Хмельницкий технологический институт

Экспериментальные исследования долговечности несущих канатов многопролетных подвесных лесотранспортных установок показали, что несущий канат наиболее часто изнашивается в зоне башмака промежуточной опоры [2]. Одна из причин их низкой долговечности — знакопеременные напряжения изгиба, возникающие в проволоках несущего каната при подходе каретки к башмаку. Впервые это явление было отмечено в работе [3], где исследованы напряжения изгиба в зоне башмака, в предположении, что несущий канат представляет собой бесконечную нить. Экспериментальным исследованиям напряжений изгиба в несущем канате в пределах зоны башмака посвящена работа [4].

В данной статье исследуются напряжения изгиба в несущем канате (как в конечной жесткой нити) в зоне башмака под действием многокатковой каретки при допущении, что начальная нагрузка (собственный вес нити) не вызывает напряжений изгиба.

Поскольку несущий канат контактирует с башмаком по какой-то дуге обхвата, то действие башмака на канат можно заменить изгибающим моментом  $M'$ , который определяют по формуле:

$$M' = \frac{B}{\rho} \varepsilon, \quad (1)$$

где  $B$  — изгибная жесткость каната как агрегата;  
 $\rho$  — радиус кривизны башмака;  
 $\varepsilon$  — коэффициент несоответствия каната монолитному стержню.

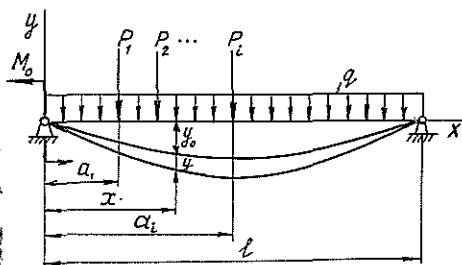


Рис. 1

Расчетная схема сил, действующих на канат в пролете длиной  $l$ , дана на рис. 1.

Для несущего каната с натяжным грузом, т. е. при  $H = \text{const}$ , где  $H$  — горизонтальная составляющая натяжения каната, деформации и внутренние силовые факторы, возникающие в несущем канате от поперечной нагрузки, равны [6]:

$$\begin{aligned} y &= C_1 + C_2 x + C_3 \operatorname{ch} kx + C_4 \operatorname{sh} kx; \\ \theta &= C_2 + k(C_3 \operatorname{sh} kx + C_4 \operatorname{ch} kx); \\ \frac{M}{B} &= k^2(C_3 \operatorname{ch} kx + C_4 \operatorname{sh} kx), \\ \frac{Q}{B} &= k^3(C_3 \operatorname{sh} kx + C_4 \operatorname{ch} kx), \end{aligned} \quad (2)$$

где  $C_1, C_2, C_3, C_4$  — постоянные интегрирования;  
 $y$  — упругое смещение оси каната;  
 $\theta$  — угол поворота сечения;

$M$  и  $Q$  — изгибающий момент и перерезывающая сила в сечении каната;

$$k — коэффициент, равный  $k = \sqrt{\frac{H}{B}}$ .$$

Для нахождения постоянных интегрирования  $C_1, C_2, C_3, C_4$  используем метод начальных параметров, т. е. для  $x = 0$  имеем  $y = y_0, \Theta = \Theta_0, M = M_0, Q = Q_0$ . Отсюда

$$C_1 = y_0 - \frac{M_0}{k^2 B}; \quad C_2 = \Theta_0 - \frac{Q_0}{k^2 B};$$

$$C_3 = \frac{M_0}{k^2 B}; \quad C_4 = \frac{Q_0}{k^2 B}.$$

Подставляя значения постоянных интегрирования в систему уравнений (2) и учитывая силы давления катков каратки на канат, найдем:

$$y = y_0 + \Theta_0 x + \frac{M_0}{k^2 B} (\operatorname{ch} kx - 1) + \frac{Q_0}{k^2 B} (\operatorname{sh} kx - kx) -$$

$$- \frac{1}{k^2 B} \sum_{i=1}^n P_i [\operatorname{sh} k(x - a_i) - k(x - a_i)];$$

$$\Theta = \Theta_0 + \frac{M_0}{kB} \operatorname{sh} kx + \frac{Q_0}{k^2 B} (\operatorname{ch} kx - 1) - \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k^2 B} [\operatorname{ch} k(x - a_i) - 1]; \quad (3)$$

$$M = M_0 \operatorname{ch} kx + \frac{Q_0}{k} \operatorname{sh} kx - \frac{1}{k} \sum_{i=1}^n P_i \operatorname{sh} k(x - a_i);$$

$$Q = kM_0 \operatorname{sh} kx + Q_0 \operatorname{ch} kx - \sum_{i=1}^n P_i \operatorname{ch} k(x - a_i),$$

где  $n$  — число катков каретки;

$a_i$  — расстояние от левой опоры до точки приложения  $i$ -го груза;

$P_i$  — вес  $i$ -го сосредоточенного груза.

При шарнирном закреплении каната на опорах граничные условия:

при  $x = 0$   $y = y_0 = 0$  и  $M = M_0 = M'$ ;

при  $x = l$   $y = 0$  и  $M = 0$ .

Используя эти условия, находим начальные параметры  $\Theta_0$  и  $Q_0$ . Подставляя их в (3), после некоторых преобразований получим:

$$y = -\frac{M'}{k^2 B} \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-x)}{\operatorname{sh} kl} - \left(1 - \frac{x}{l}\right) \right) + \frac{1}{Bk^2} \sum_{i=1}^n P_i \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-a_i)}{\operatorname{sh} kl} \operatorname{sh} kx - \right.$$

$$\left. - \left(1 - \frac{a_i}{l}\right) x - f(a_i) (\operatorname{sh} k(x - a_i) - k(x - a_i)) \right);$$

$$\Theta = \frac{M'}{Bk^2} \left( \frac{k \operatorname{ch} k(l-x)}{\operatorname{sh} kl} - \frac{1}{l} \right) + \frac{1}{Bk^2} \sum_{i=1}^n P_i \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-a_i)}{\operatorname{sh} kl} \operatorname{ch} kx - \right.$$

$$\left. - \left(1 - \frac{a_i}{l}\right) - f(a_i) (\operatorname{ch} k(x - a_i) - 1) \right); \quad (4)$$

$$M = -M' \frac{\operatorname{sh} k(l-x)}{\operatorname{sh} kl} + \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{k} \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-a_i)}{\operatorname{sh} kl} \operatorname{sh} kx - f(a_i) \operatorname{sh} k(x - a_i) \right);$$

$$Q = Mk \frac{\operatorname{ch} k(l-x)}{\operatorname{sh} kl} + \sum_{i=1}^n P_i \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-a_i)}{\operatorname{sh} kl} \operatorname{ch} kx - f(a_i) \operatorname{ch} k(x - a_i) \right),$$

где  $f(a_i) = 0$  при  $x \leq a_i$  и  $f(a_i) = 1$  при  $x > a_i$ .

На подвесных лесотранспортных установках с маятниковым движением каретки применяют двух-, четырех- и восьмикатковые каретки. Давление катка каретки на канат определяем по формуле

$$V = \frac{Q_1}{n} k_v, \quad (5)$$

где  $Q_1$  — вес пачки бревен с кареткой;  
 $k_v$  — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения поперечной нагрузки между катками каретки и динамику движения груза.

Принимая  $k_v = 1$ , на основании выражений (1), (4) и (5) получим формулу для определения изгибающего момента, возникающего в сечениях несущего каната в зоне башмака.

$$M = -\frac{B}{\rho} \varepsilon \frac{\operatorname{sh} k(l-x)}{\operatorname{sh} kl} + \frac{V}{k} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\operatorname{sh} k(l-a_i)}{\operatorname{sh} kl} \operatorname{sh} kx - f(a_i) \operatorname{sh} k(x-a_i) \right). \quad (6)$$

Для определения координаты точки перегиба каната приравняем изгибающий момент нулю. Отсюда

$$\frac{\operatorname{sh} k(l-b)}{\operatorname{sh} kb} = \frac{V\rho}{kB\varepsilon} \sum_{i=1}^n \operatorname{sh} k(l-a_i), \quad (7)$$

где  $b$  — координата сечения перегиба каната.

После некоторых преобразований уравнение (7) примет вид

$$\operatorname{cth} kb = \operatorname{cth} kl + \frac{V\rho}{kB\varepsilon} \operatorname{ch} ka_1 \sum_{i=1}^n [(1 - \operatorname{cth} kl \operatorname{th} ka_i) \times \\ \times \operatorname{ch} k(i-1)c - (\operatorname{cth} kl - \operatorname{th} ka_i) \operatorname{sh} k(i-1)c], \quad (8)$$

где  $a_1$  — расстояние от опоры до первого колеса каретки;  
 $c$  — расстояние между осями каретки.

Поскольку напряжения первичного изгиба имеют местный характер, то изменение изгибных напряжений мы исследовали только в зоне башмака. Согласно [1], длина зоны напряжений изгиба под катком грузовой каретки  $l = 8\lambda$ , где  $\lambda = \frac{1}{k}$ , поэтому примем  $a_1 = j\lambda$ , где  $j \leq 8$ .

На подвесных лесотранспортных установках расстояние между промежуточными опорами принимают равным 300...400 м, тогда  $\operatorname{cth} kl = 1$  и выражение (8) примет вид:

$$\operatorname{cth} kb \approx 1 + \frac{V\rho}{kB\varepsilon} \sum_{i=1}^n e^{-(j+kc(i-1))}. \quad (9)$$

На рис. 2 изображены эпюры изгибающих моментов, которые возникают в канате при подходе каретки к башмаку. Они построены при следующих исходных данных: несущий канат 25,5-ГЛ-В-Н-1568 ГОСТ 3077—81; натяжение каната  $H = 100$  кН; вес груза  $Q = 30$  кН; каретка восьмиколесная с расстоянием между осями колес  $c = 250$  мм; изгибная жесткость каната  $B = 1,5 \cdot 10^8$  Н·мм<sup>2</sup>; коэффициент несоответствия каната монолитному стержню  $\varepsilon = 0,94$ ; радиус кривизны башмака — 500, 1 000, 1 500 и 2 000 мм.

Из эпюры изгибающих моментов (рис. 2) видно, что при подходе каретки к башмаку момент меняет знак. Расстояние  $b$  от башмака к

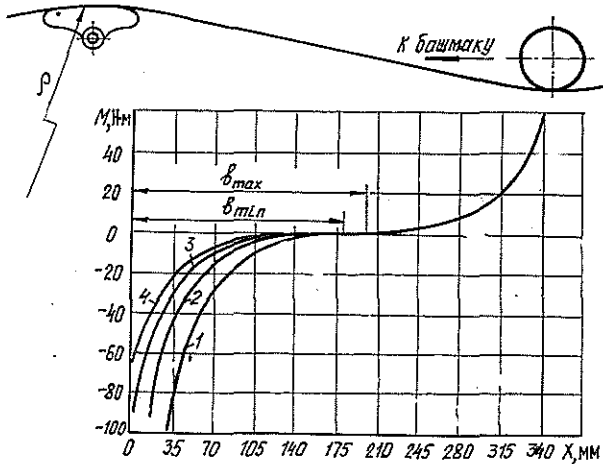


Рис.2. Изгибающие моменты в зоне башмака при радиусах кривизны башмака: 1—500 мм; 2—1000; 3—1500; 4—2000 мм

сечению обратного перегиба каната зависит от радиуса кривизны башмака и составляет 180...200 мм. С увеличением радиуса кривизны башмака уменьшается  $b$  и изгибающий момент на самом башмаке. При радиусе башмака  $\rho = 2000$  мм и коэффициенте запаса прочности каната  $n = 3,5$  абсолютное значение изгибающих моментов под первым катком каретки и на башмаке практически одинаково, т. е. напряжения изгиба в канате под колесом каретки и на башмаке будут равны.

Радиус кривизны башмака до настоящего времени определяется в соответствии с рекомендациями [5]. Для башмака промежуточной опоры значение  $\rho$  должно быть не менее 80 диаметров каната, т. е. оно выбирается конструктивно без учета условий эксплуатации: монтажного натяжения каната, грузоподъемности и числа колес грузовой каретки. На наш взгляд, минимальный радиус башмака можно определить из условий равенства изгибающих моментов под колесом грузовой каретки и на башмаке. Тогда из уравнения (6), полагая  $l > 250$  м, после некоторых преобразований получим формулу для определения минимального радиуса кривизны башмака:

$$\rho_{min} = \frac{2\varepsilon \sqrt{HB}}{V}. \quad (10)$$

Из выражения (10) следует, что минимальный радиус кривизны башмака увеличивается с ростом монтажного натяжения каната и числа колес грузовой каретки. Для исходных данных, приведенных выше, минимальные радиусы кривизны составляют соответственно для четырехколесной грузовой каретки  $\rho_{min} = 814$  мм, для восьмиколесной  $\rho_{min} = 1627$  мм, в то время как [5] рекомендует не менее 2040 мм, независимо от конструкции каретки и натяжения каната.

В процессе эксплуатации износ несущего каната происходит чаще всего в зоне промежуточной опоры со стороны схода каретки с башмака. Это можно объяснить в первую очередь тем, что канат испытывает знакопеременный изгиб как при подходе, так и при сходе каретки с башмака, но при сходе канат получает еще дополнительную динамическую нагрузку вследствие удара по нему каретки.

Для уменьшения вредного влияния напряжений изгиба в зоне промежуточной опоры на долговечность каната предлагается рассчитывать

радиус кривизны башмака по формуле (10), которая учитывает жесткость каната и поперечную нагрузку.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 298 с. [2]. Белая Н. М., Прохоренко А. Г., Матишин Н. В. Исследование выносливости несущих канатов с учетом влияния башмака промежуточных опор // Лесн., бум. и деревообаб. пром-сть.— Киев: Будивельник.— 1975.— Вып. 5.— С. 77—81. [3]. Глушко М. Ф., Хоанг Ван Хоанг. К изгибу несущих канатов // Детали машин и ПТМ.— Киев: Техника, 1968.— Вып. 6.— С. 181—186. [4]. Матишин Н. В. Исследование напряжений от изгиба в несущих канатах подвесных лесотранспортных установок в зоне башмаков промежуточных опор // Лесн. журн.— 1982.— № 5.— С. 54—57.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Методические указания. Установки канатные подвесные для лесозаготовок. Проектирование. МУ 03.13.01—78.— Химки: Минлеспром СССР, Кавказ. филиал ЦНИИМЭ, 1979.— 39 с. [6]. Сленко И. И., Береговой И. Н. Исследование напряжений изгиба в несущих канатах под действием многокатковой каретки // Лесн. журн.— 1977.— № 1.— С. 56—61.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 1 июля 1985 г.

УДК 630\*848

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕСОСКЛАДСКИХ СИСТЕМ СО СПЕЦИАЛИЗАЦИЕЙ ПОТОКОВ ПО ВИДАМ ПЕРЕРАБАТЫВАЕМОГО СЫРЬЯ

А. С. ФЕДОРЕНЧИК, И. В. ТУРЛАЙ

Белорусский технологический институт

Интенсификация процесса первичной обработки древесины при упрощении технологии и усилении однородности производства предъявляет повышенные требования к решению вопросов экономики труда, специализации не только предприятий, но и отдельных лесных складов, потоков раскряжевки хлыстов по размерным и качественным параметрам сырья и лесоматериалов.

В этой связи рассмотренная ниже модель позволяет оценивать и совершенствовать такие технологические системы, как потоки нижних складов на базе двух и более раскряжевочных установок, цехов переработки, имеющих два и более потока обработки, и других, где возможна организация работы при специализации потоков по видам перерабатываемого сырья.

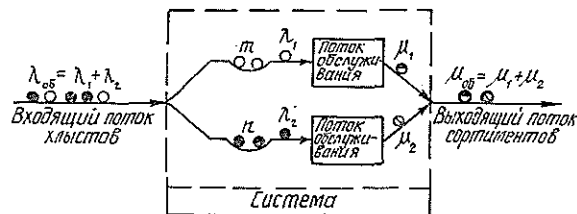


Рис. 1. Формализованная схема функционирования системы

Анализ функционирования таких систем в условиях реального производства показывает, что наиболее общей и достоверной моделью в данном случае является система массового обслуживания с ограниченной длиной очереди (рис. 1). Пусть входящий поток предметов труда на обработку в данную систему с интенсивностью  $\lambda_{об}$  образуют, например, хлысты двух видов хвойных и лиственных пород.

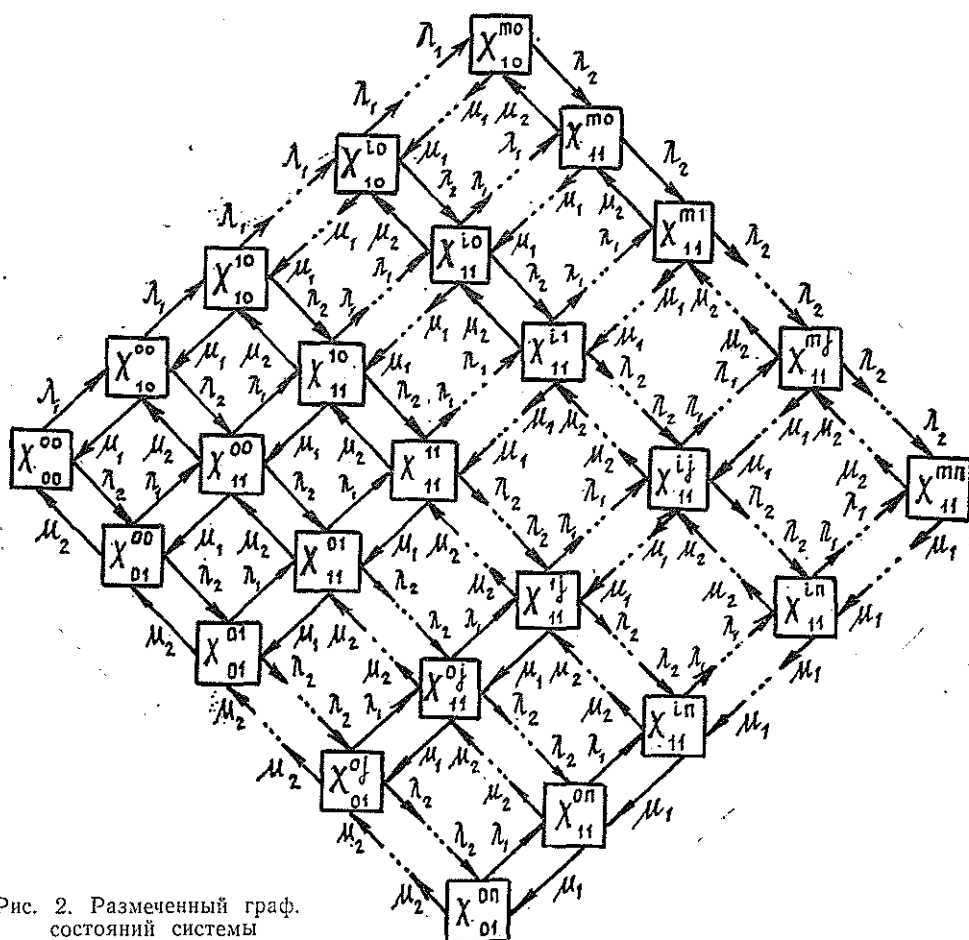


Рис. 2. Размеченный граф состояний системы

Хлысты хвойных пород с интенсивностью  $\lambda_1$ , м<sup>3</sup>/мин поступают на обработку только на один поток, а лиственных — с интенсивностью  $\lambda_2$  — только на второй. Интенсивность обработки хлыстов хвойных пород определяется параметром  $\mu_1$ , а лиственных  $\mu_2$ . Положим, что объем запаса хлыстов первого вида определяется величиной  $m$ , второго вида (хлысты лиственных пород) —  $n$ .

Граф возможных состояний рассматриваемой системы представлен на рис. 2. Состояния системы будем связывать с числом хлыстов, находящихся в данный момент  $t$  в системе обработки:  $X_{00}^{00}$  — нет никаких хлыстов, система простаивает;  $X_{10}^{10}$  — в системе имеется  $i+1$  хлыстов первого вида и нет хлыстов второго вида, из этих  $i+1$  хлыстов один обрабатывается и  $i$  находится в запасе ( $i=0, m$ );  $X_{01}^{01}$  — в системе имеется  $j+1$  хлыстов второго вида и нет хлыстов первого вида, из этих  $j+1$  хлыстов один обрабатывается и  $j$  находится в запасе ( $j=0, n$ );  $X_{11}^{ij}$  — в системе имеется  $i+1$  хлыстов первого и  $j+1$  хлыстов второго видов, причем по одному хлысту каждого обрабатывается и  $i$  хлыстов первого,  $j$  — хлыстов второго видов находятся в запасе.

В соответствии с графом состояний можно записать систему из  $(i+2) \times (j+2)$  дифференциальных уравнений для вероятностей состояний системы:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dP_{00}^{00}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2) P_{00}^{00}(t) + \mu_1 P_{10}^{00}(t) + \mu_2 P_{01}^{00}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{10}^{i0}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_1) P_{10}^{i0}(t) + \lambda_1 P_{10}^{i-1,0} + \mu_1 P_{10}^{i+1,0}(t) + \\ \quad + \mu_2 P_{11}^{i0}(t); \\ \frac{dP_{01}^{0j}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2 + \mu_2) P_{01}^{0j}(t) + \lambda_2 P_{01}^{0, j-1}(t) + \\ \quad + \mu_2 P_{01}^{0, j+1}(t) + \mu_1 P_{11}^{0j}(t); \\ \dots \\ \frac{dP_{11}^{ij}(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \mu_1 + \lambda_2 + \mu_2) P_{11}^{ij}(t) + \lambda_2 P_{11}^{i, j+1}(t) + \\ \quad + \mu_2 P_{11}^{i, j+1} + \lambda_1 P_{11}^{i-1, j}(t) + \mu_1 P_{11}^{i+1, j}(t), \end{array} \right.$$

где  $P_{00}^{00}(t)$ ,  $P_{10}^{i0}(t)$ ,  $P_{01}^{0j}(t)$ ,  $P_{11}^{ij}(t)$  — вероятности соответствующих состояний системы обработки хлыстов.

Данную систему дифференциальных уравнений интегрируют при начальных условиях:

$$t=0, \quad P_{00}^{00}(0) = 1;$$

$$P_{10}^{i0}(0) = P_{01}^{0j}(0) = P_{11}^{ij}(0) = 0.$$

Решение системы уравнений для любого момента  $t$  удовлетворяет условию

$$P_{00}^{00}(t) + \sum_{i=0}^m P_{10}^{i0}(t) + \sum_{j=0}^n P_{01}^{0j}(t) + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n P_{11}^{ij}(t) = 1. \quad (2)$$

Стационарные вероятности [2] состояний технологической системы удовлетворяют системе уравнений (1) с левой частью, равной нулю. Решая ее при нормировочном условии (2) относительно вероятностей состояний технологической системы, определим величины, знать которые достаточно для вывода зависимостей, устанавливающих режим работы систем. Так, коэффициенты загрузки по времени потоков, обрабатывающих хлысты первого, второго видов, соответственно составят:

$$\rho_3^1 = \sum_{i=0}^m P_{10}^{i0} + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n P_{11}^{i,j};$$

$$\rho_3^2 = \sum_{j=0}^n P_{01}^{0j} + \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n P_{11}^{i,j}.$$

Производительность системы за время  $T$  по хлыстам первого, второго вида и в целом, соответственно, будет равна:

$$\Pi_1^c = \lambda_1 \rho_3^1 T \varphi_{11}, \quad \text{м}^3/\text{ч}; \quad (3)$$

$$\Pi_2^c = \lambda_2 \rho_3^2 T \varphi_{11}, \quad \text{м}^3/\text{ч}; \quad (4)$$

$$\Pi_c^c = \Pi_1^c + \Pi_2^c = \varphi_{11} (\lambda_1 \rho_3^1 + \lambda_2 \rho_3^2) T, \quad (5)$$



где  $\varphi_n$  — коэффициент, учитывающий простои системы по организационным и техническим причинам.

Общее число мест для создания запаса хлыстов первого и второго видов в системе составит  $m_{об} = m + n$ .

Если принять величины  $m$  и  $n$  равными нулю, то выражения (3), (4), (5) примут вид:

$$\Pi_1^c = \varphi_n \lambda_1 (P_{10}^{00} + P_{11}^{00}) T = \frac{\lambda_1 \rho_1 (1 + \rho_2) T \varphi_n}{1 + \rho_1 + \rho_2 + \rho_1 \rho_2}; \quad (6)$$

$$\Pi_2^c = \varphi_n \lambda_2 (P_{01}^{00} + P_{11}^{00}) T = \frac{\lambda_2 \rho_2 (1 + \rho_1) T \varphi_n}{1 + \rho_1 + \rho_2 + \rho_1 \rho_2}; \quad (7)$$

$$\Pi_c^c = \frac{[\lambda_1 \rho_1 (1 + \rho_2) + \lambda_2 \rho_2 (1 + \rho_1)] T \varphi_n}{1 + \rho_1 + \rho_2 + \rho_1 \rho_2}, \quad (8)$$

где  $\rho_1, \rho_2$  — среднее число хлыстов соответственно первого и второго вида, поступающих в систему за среднее время обработки одного такого хлыста,

$$\rho_1 = \frac{\lambda_1}{\mu_1}; \quad \rho_1 < 1;$$

$$\rho_2 = \frac{\lambda_2}{\mu_2}; \quad \rho_2 < 1.$$

При отсутствии специализации потоков технологической системы по видам перерабатываемого сырья  $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda$ ;  $\mu_1 = \mu_2 = \mu$ ;  $\mu_{об} = 2\mu$ ;  $\lambda_{об} = 2\lambda$ ;  $\rho_1 = \rho_2 = \rho$ .

Тогда за время  $T$  производительность первого и второго потоков одинаковы

$$\Pi_1' = \Pi_2' = \frac{\lambda \rho T \varphi_n}{1 + \rho}. \quad (9)$$

Производительность системы в этом случае

$$\Pi = 2\Pi_1' = 2\Pi_2' = \frac{2\lambda \rho}{1 + \rho} T \varphi_n. \quad (10)$$

Вывод аналитических зависимостей при  $m = n = 3$  затруднен, так как в этом случае приходится решать систему из 25 уравнений. В данной ситуации целесообразно использовать известные численные методы решения алгебраических уравнений.

Анализ формул на чувствительность относительно изменения входящих в них параметров  $\lambda_1, \lambda_2, T, \varphi_n, \mu_1, \mu_2$  позволяет установить рациональные режимы работы технологической системы.

Специализация потоков по видам перерабатываемого сырья предполагает увеличение пропускной способности технологической системы. Используя полученные формулы, определим области целесообразной эксплуатации системы на примере потоков по раскряжке хлыстов. Исходные данные для расчетов приняты из [1]. Так как они получены на основе фотохронометражных наблюдений за работой неспециализированных раскряжевых потоков, с их помощью определяли минимальный прирост производительности специализированной системы. При исследовании поведения данной системы в экстремальных условиях (наихудших) было принято, что запас хлыстов перед раскряжевыми установками отсутствует.

Соотношения пород хлыстов в общем потоке: хвойных — от 45 до 65 %, лиственных — от 55 до 35 %. Средний объем хлыста 0,3... 0,45 м<sup>3</sup>, загрузка системы  $\rho$  — 0,9. Интенсивность обработки хлыстов

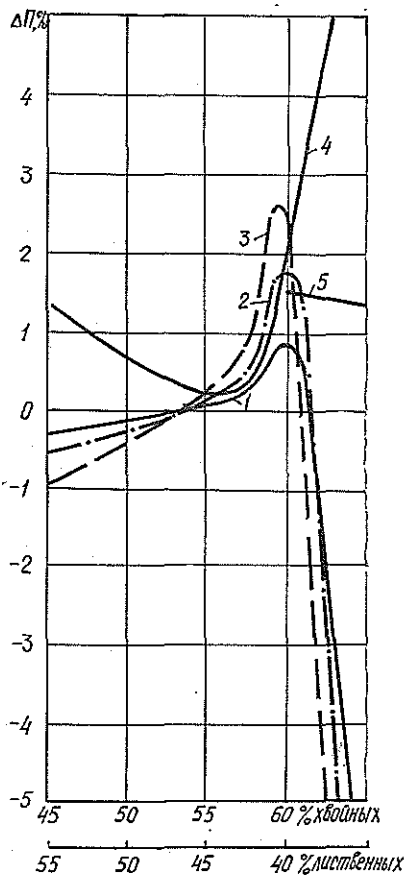


Рис. 3. График изменения  $\Delta П$  при специализации потоков систем: 1 — из двух потоков (1 лиственный и 1 хвойный); 2 — из четырех потоков (2 л. и 2 хв.); 3 — из шести потоков (3 л. и 3 хв.); 4 — из двух потоков (1 л. и 1 хв.) с дозагрузкой их сырьем из запаса; 5 — то же, с внутренней дозагрузкой

хвойных пород — 0,6; лиственных — 0,508; смешанных — от 0,54 до 0,565 м<sup>3</sup>/мин. Прирост производительности системы из двух потоков устанавливали как разность производительностей, которые вычисляли по формулам (6) и (10) для различного соотношения пород.

Результаты исследований представлены на рис. 3.

Кривая 1 показывает, что с ростом доли хлыстов хвойных пород более 63 % поток, обрабатывающий хвойные хлысты, перегружается, а загрузка потока, обрабатывающего хлысты лиственных пород, уменьшается. Если доля хлыстов хвойных пород меньше 54 %, обрабатывающий их

поток недогружен. Когда доля хлыстов хвойных пород находится в диапазоне более 54, но менее 63 %, наблюдается прирост часовой производительности системы  $\Delta П$ . Наибольший прирост для принятого режима функционирования достигается при объемном соотношении пород хлыстов 59 % хвойных и 41 % лиственных, т. е. при наиболее полном использовании обоих потоков.

В случае перегрузки одного потока и недогрузки второго есть два пути увеличения пропускной способности системы. При первом излишки сырья с одного потока (например, хлысты хвойных пород) после обработки сырья (хлыстов) вторым потоком (или хуже в процессе выработки) передаются на обработку на второй поток, т. е. имеет место внутренняя дозагрузка (кривая 5). В этом случае для диапазона хлыстов хвойных пород 60...65 % значение  $\Delta П$  близко к 1,5 %. Организовать технологию работ по такой схеме не сложно, если два раскрывочных потока находятся в зоне работы одного погрузочно-разгрузочного механизма. Однако при этом частично теряются преимущества специализации системы, так как на одном из потоков все же будут обрабатываться две породы хлыстов.

Второй путь предполагает внешнюю дозагрузку системы. Она возможна при наличии на складе запаса подсортированных хлыстов. Тогда, по мере выработки каким-либо потоком хлыстов определенной породы, они будут добавляться из запаса. Прирост часовой производительности системы для такой технологии характеризует кривая 4. Максимальная величина  $\Delta П$  системы (около 5 %) приходится на тот диапазон объемного соотношения пород хлыстов, где без дозагрузки си-

стема имела наибольшие потери  $\Delta П$ . Работать постоянно в режиме внешней дозагрузки практически нельзя из-за ограниченного запаса рассортированных хлыстов. Кривые 2 и 3 характеризуют часовой прирост производительности при специализации потоков системы, имеющих соответственно четыре и шесть потоков (хлысты разных пород обрабатывают одинаковое число потоков). Прирост часовой производительности для четырех и шести поточных технологических систем получен суммированием показателей двухпоточной системы и может достигать, соответственно, 1,75 и 2,6 %.

Разработанная математическая модель позволяет определить условия достижения максимального прироста производительности системы при специализации потоков по видам перерабатываемого сырья, зависящей не только от объемного соотношения пород хлыстов и их среднего объема, но и от других факторов (числа выпиливаемых сортиментов, расположения лесонакопителей и т. д.). Это учитывается в модели численными значениями параметров  $\lambda_1, \lambda_2, \mu_1, \mu_2$ , определяемыми для конкретных природно-производственных условий путем фотохронометражных наблюдений.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вяля А. И. Экономическая эффективность применения многопильного блока в составе линии ЛО-15С для вторичной разделки длинномерных сортиментов // Тр. / ЦНИИМЭ.— Химки, 1975.— Вып. 145.— С. 16—20. [2]. О в ч а р о в Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания.— М.: Машиностроение, 1969.— 324 с.

Поступила 6 июля 1987 г.

УДК 630\*323.4

### К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА РАСКРЯЖЕВКИ ЦЕПНОЙ ПИЛОЙ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ПОДАЧИ

А. С. ТОРОПОВ

Марийский политехнический институт

В процессе раскряжевки лесоматериалов требуется обеспечить оптимальный (качественный) раскрой, необходимую производительность, минимальную энергоемкость, оптимальную загрузку установки, беззажимное пиление, высокую надежность установки. Решение поставленных задач возможно на основе теории автоматического регулирования управляемых параметров раскряжевочной установки, для определения которых необходима математическая модель.

Учеными Воронежского лесотехнического института разработан измерительно-информационный комплекс автоматизированной системы управления технологическим процессом производства круглых лесоматериалов на основе теории автоматического оптимального раскроя. «Телевизионный глаз» измеряет диаметр, определяет координаты центра поперечного сечения, отмечает неоднородность поверхности и кривизну [2].

В монографии [1] исследованы механизмы резания для поштучной раскряжевки лесоматериалов. В данной работе приведена математическая модель процесса раскряжевки цепной пилой с вращательным движением подачи.

Модель может быть использована для определения параметров процесса при поштучной, групповой и пачковой раскряжевке лесоматериалов.

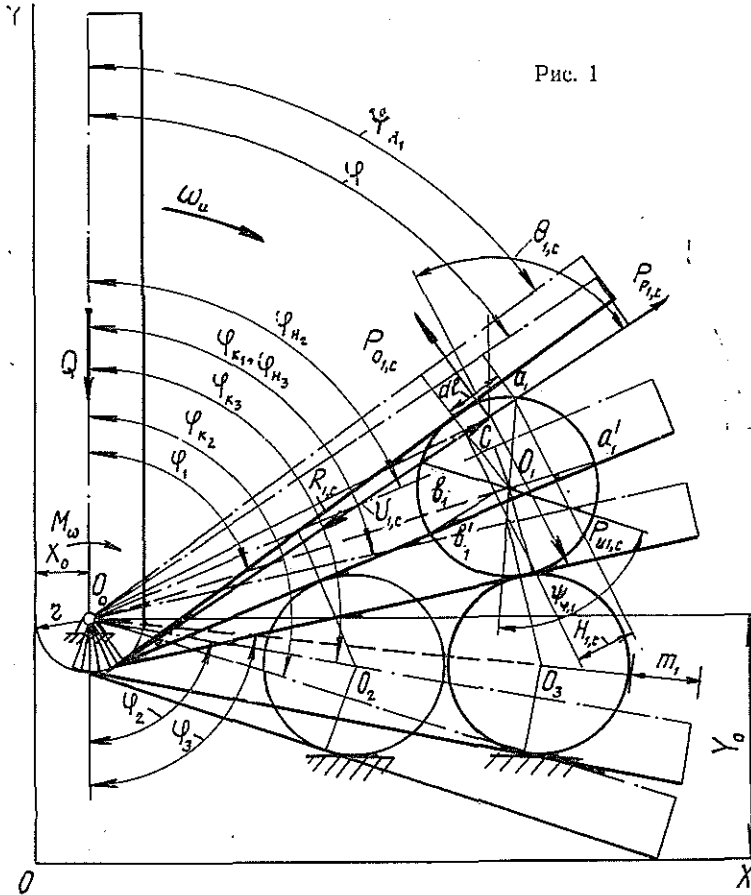


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема механизма резания с вращательным движением подачи, у которого каждый элемент резания  $C$  движется прямолинейно в направлении вектора скорости резания  $v_{1,c}$  и вращается относительно точки  $O_0$  с угловой скоростью  $\omega_u$ .

Процесс резания характеризуют следующие основные величины:  $X_0Y_0$  — координаты оси вращения механизма резания в системе  $XOY$ ;  $X_i, Y_i, d_i$  — соответственно, координаты центра и диаметр  $i$ -го предмета раскряжевки;  $n$  — количество обрабатываемых лесоматериалов;  $\varphi$  — угол между осью  $Y$  и осью механизма резания в рассматриваемый момент раскряжевки;  $\varphi_{n1}, \varphi_{k1}$  — углы между осью  $Y$  и осью механизма резания в начальный и конечный момент резания  $i$ -го предмета раскряжевки;  $\varphi_1$  — угол между осью  $Y$  и линией, соединяющей ось качания (вращения) механизма резания с центром поперечного сечения  $i$ -го предмета раскряжевки;  $\alpha$  — угол подачи механизма резания при раскряжевке;  $R_{i,j}$  — радиус подачи  $j$ -го элемента при резании  $i$ -го предмета раскряжевки;  $u_{i,j}$  — скорость подачи  $j$ -го элемента при резании  $i$ -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи;  $v_{i,j}$  — скорость резания  $j$ -м элементом  $i$ -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи;  $\theta_{i,j}$  — кинематический угол встречи, угол между векторами  $u_{i,j}$  и  $v_{i,j}$ ;  $H_{i,j}$  — высота резания  $j$ -м элементом  $i$ -го предмета раскряжевки в определенный момент подачи;  $r$  — смеще-

ние линии движения зубьев пильной цепи относительно оси качания (вращения);  $K_{i,j}$ ,  $P_{pi,j}$ ,  $P_{oi,j}$  — соответственно, удельная работа резания, сила сопротивления резанию, сила сопротивления отжиму (затягиванию) при раскряжевке  $i$ -го лесоматериала  $j$ -м элементом механизма резания в определенный момент подачи;  $Z_i$  — количество элементов резания в определенный момент подачи при раскряжевке  $i$ -го лесоматериала;  $H'_i$  — длина резания в определенный момент подачи при раскряжевке  $i$ -го лесоматериала;  $dl$  — длина резания одним элементом (шаг зубьев);  $L$  — длина механизма резания;  $S_{II}$  — толщина механизма резания;  $c$  — развод зубьев на сторону.

Используя рис. 1, можно найти, что:

$$\varphi_i = \arcsin \frac{X_i}{\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (1)$$

$$\varphi_{ni} = \varphi_i - \arcsin \frac{d_i + 2r}{2\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (2)$$

$$\varphi_{ki} = \varphi_i + \arcsin \frac{d_i - 2r}{2\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}; \quad (3)$$

$$a_i b_i = H'_i = 2 \sqrt{\frac{d_i^2}{4} - [V\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \sin(\varphi_i - \varphi) - r]^2}; \quad (4)$$

$$R_{i,j} = \sqrt{\left[ V\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2} \cos(\varphi_i - \varphi) + \frac{H'_i - dl(2j-1)}{2} \right]^2 + r^2}; \quad (5)$$

$$\Theta_{i,j} = \arccos \frac{r}{R_{i,j}}; \quad Z_i = H'_i / dl; \quad d = \max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni}); \quad (6)$$

$$u_{i,j} = R_{i,j} \omega_u; \quad H_{i,j} = dl \sin(\Theta_{i,j}) \quad (7)$$

при  $\varphi_{ni} < \varphi < \varphi_{ki}$ .

Высота резания при раскряжевке  $i$ -го лесоматериала

$$H_i = \sum_{j=1}^{Z_i} H_{i,j} \quad (8)$$

а высота резания при одновременной раскряжевке  $n$  лесоматериалов

$$H_k = \sum_{i=1}^n H_i \quad (9)$$

Если  $H_k = f(\varphi)$  — функция, непрерывная на участке подачи  $\min(\varphi_{ni}) \max(\varphi_{ki})$ , то средняя высота резания  $H_c$

$$H_c = \frac{\int_{\min(\varphi_{ni})}^{\max(\varphi_{ki})} f(\varphi) d\varphi}{\max(\varphi_{ki}) - \min(\varphi_{ni})} \quad (10)$$

Окончательно средняя  $H_c$  и максимальная  $H_{max}$  высоты резания могут быть определены как

$$H_c = \frac{1}{q} \sum_{k=1}^q H_k; \quad H_{max} = \max(H_k), \quad (11)$$

где  $q$  — число шагов варьирования при расчете  $H_k$ .

Необходимая длина механизма резания

$$L = \max(L_i) + 2r + m_1, \quad (12)$$

$$\text{где } L_i = \sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2 - r^2} + \frac{d_i}{2};$$

$m_1$  — запас, учитывающий кривизну, закомелистость, овальность сечений предмета раскряжевки.

Производительность механизма резания характеризуется площадью резания в единицу времени. Площадь резания предмета раскряжевки с центром  $O_1$  в момент подачи (рис. 1) может быть определена с учетом следующих выражений:

$$S_1 = S'_1 - S''_1; \quad S'_1 = d_1^2 \psi_{\varphi, 1} / 8; \quad S''_1 = 0,25 H'_1 d_1 \cos(\psi_{\varphi, 1} / 2);$$

$$\psi_{\varphi, 1} = 2 \arcsin(H'_1 / d_1),$$

где  $S'_1$  — площадь сектора  $O_1 a_1 b_1$ ;  
 $S''_1$  — площадь треугольника  $O_1 a_1 b_1$ .

В общем виде площадь резания  $i$ -го лесоматериала ( $S_i$ )

$$S_i = S'_i - S''_i, \text{ если } \varphi < \varphi_i - \arcsin \frac{r}{\sqrt{(X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2}}, \quad (13)$$

или

$$S_i = (\pi d_i^2 / 4) - S'_i + S''_i,$$

где  $S'_i = d_i^2 \psi_i / 8$ ;  $S''_i = 0,25 H'_i d_i \cos(\psi_i / 2)$ ;  $\psi_i = 2 \arcsin(H'_i / d_i)$ .

Площадь резания при обработке  $n$  предметов раскряжевки в момент подачи

$$S_k = \sum_{i=1}^n S_i \quad (14)$$

при  $\varphi_{n_i} < \varphi < \varphi_{k_i}$ ; если  $\varphi \leq \varphi_{n_i}$ ,  $S_i = 0$ , а при  $\varphi \geq \varphi_{k_i}$ ,  $S_i = \pi d_i^2 / 4$ .

Производительность механизма резания  $\Pi_k$  на участке подачи  $d\varphi$  (при малом значении  $d\varphi$  можно считать, что в  $k$ -й момент подачи) найдем из выражения

$$\Pi_k = (S_k - S_{k-1}) \omega_{ul} d\varphi, \quad (15)$$

где  $S_k$  — площадь резания в  $k$ -й момент подачи;  
 $S_{k-1}$  — площадь резания в  $(k-1)$ -й момент подачи.

Наибольшая производительность резания  $\Pi_{max}$  равна максимальному значению массива  $\Pi_k$ , т. е.:

$$\Pi_{max} = \max(\Pi_k). \quad (16)$$

Пусть  $\Pi_k = F(\varphi)$  — функция, непрерывная на отрезке  $\min(\varphi_{n_i})$   $\max(\varphi_{k_i})$ , тогда средняя производительность резания  $\Pi_c$ :

$$\Pi_c = \frac{1}{q} \sum_{k=1}^q \Pi_k. \quad (17)$$

С помощью крутящего момента  $M_\omega$  осуществляется вращательное движение механизма резания. С учетом работы [2]

$$M_\omega = \pm \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{z_i} P_{oi, j} \sqrt{R_{i, j}^2 - r^2} \right) \pm \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{z_i} P_{pi, j} r \right) \pm Q \frac{L - 2r}{2} \sin \varphi, \quad (18)$$

где  $P_{oi, j} = 0,2 a_p^2 P_{pl, j}$ ;  $P_{pl, j} = K_{i, j} (S_n + 2C) H_{i, j} \frac{u_{i, j}}{v_{i, j}}$ .

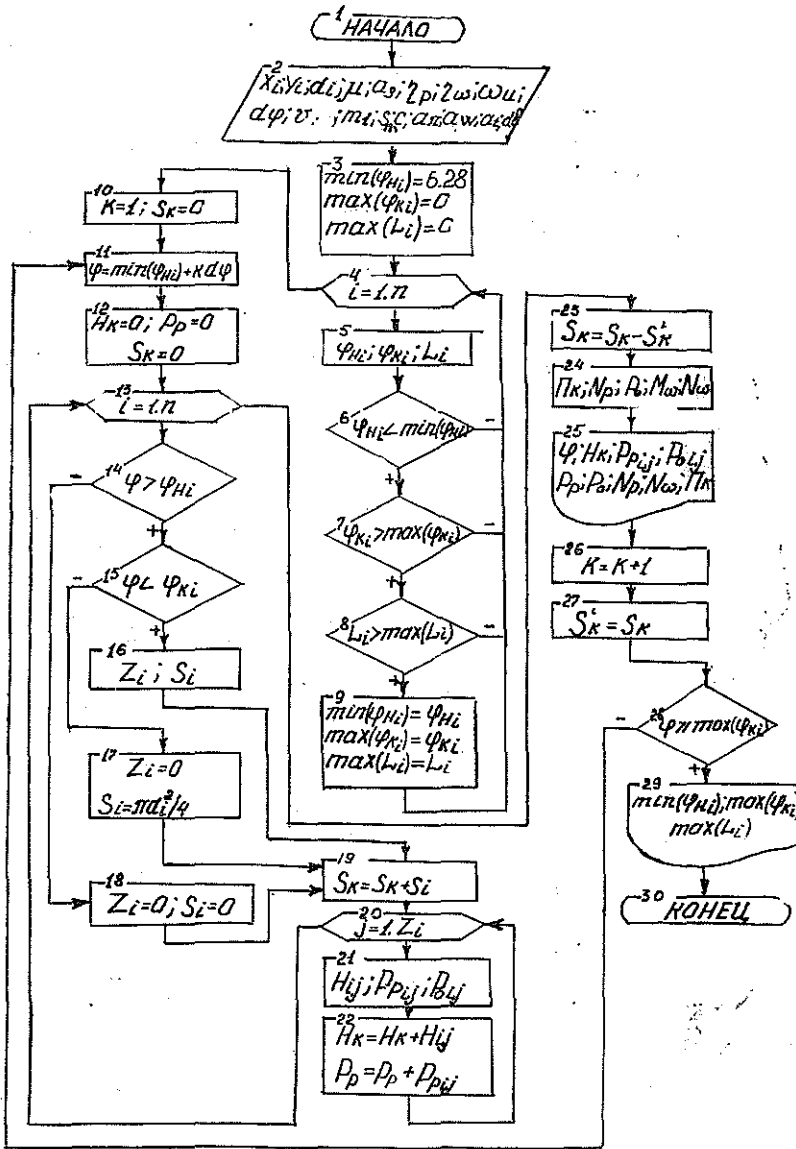


Рис. 2. Схема алгоритма программы расчета параметров МРПВ

Здесь

$$K_{i,j} = 2,65 \cdot 10^5 a_n a_w a_t a_p [(v_{i,j} / dl) u_{i,j} (S_n + 2C)]^{0,33},$$

где  $a_n, a_w, a_t, a_p$  — соответственно коэффициенты, учитывающие породу, влажность, температуру древесины и затупленность зубьев пилы.

Суммарная мощность механизма резания  $N$  равна

$$N = N_p + N_w, \tag{19}$$

где  $N_p, N_w$  — соответственно, мощность, затрачиваемая на резание и на подачу.

В свою очередь,  $N_p$  и  $N_\omega$  определим по формулам

$$N_p = (1 + 0,2\alpha_p^2\mu) \varphi \sum_{i=1}^n \left( \sum_{j=1}^{z_i} P_{pi,j} \right) / \eta_p; \quad N_\omega = M_\omega \omega_u / \eta_\omega, \quad (20)$$

где  $\mu$  — коэффициент трения пильной цепи о шину;  
 $\eta_p, \eta_\omega$  — соответственно, кпд приводов резания и подачи;  
 $v$  — скорость резания.

С учетом изложенного разработана программа расчета параметров механизма резания (МРПВ) для варианта подачи  $\omega_u = \text{const}$ . Схема алгоритма программы расчета параметров механизма резания прямолинейного действия с вращательным движением подачи представлена на рис. 2.

Таким образом, математические зависимости (1) — (20) могут быть рекомендованы для обоснования и расчета параметров цепной пилы с вращательным (качательным) движением подачи при поштучной, групповой и пачковой раскряжевке лесоматериалов.

Разработанная программа МРПВ позволяет определять необходимые параметры механизма резания для конкретных производственных условий, исследовать процесс резания с учетом взаимодействия каждого элемента механизма резания с древесиной.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Залегаллер Б. Г. Расчет пильных механизмов раскряжевочных установок. — Л.: ЛГУ, 1974. — 180 с. [2]. Федоров Р. Формула дерева // Правда. — 1985. — 6 июня.

Поступила 13 июля 1987 г.

УДК 621.86 : 62-505

### ОПТИМИЗАЦИЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕНОСА ГРУЗА МАНИПУЛЯТОРОМ В РАСКРЯЖЕВОЧНОЙ УСТАНОВКЕ

С. П. ДОРОХОВ

СНПЛО

В работах [1, 2] дан анализ процесса подачи хлыстов манипулятором к продольному транспортеру раскряжевочной установки. Отмечается, что когда время  $T_{п.х}$  цикла подачи хлыста превышает время  $T_p$  цикла раскряжевки предыдущего хлыста, т. е.  $T_{п.х} > T_p$ , возникают простои раскряжевочной установки. В связи с этим появляется необходимость сокращения времени  $T_{п.х}$ .

Не меняя мощности привода манипулятора, время  $T_{п.х}$  можно сократить выбором оптимальной по быстродействию траектории (ОБТ) переноса груза (хлыста) из пачки к продольному транспортеру раскряжевочной установки.

На рис. 1 представлена схема процесса подачи хлыста шарнирно-рычажным манипулятором к продольному транспортеру раскряжевочной установки, где введены следующие обозначения:  $\varphi$  и  $\psi$  — обобщенные координаты;  $\alpha_1$  — угол поворота стрелы;  $\alpha_2$  — угол поворота рукоятки относительно стрелы;  $l_1$  — длина стрелы;  $l_2$  — расстояние от оси шарнирного соединения рукоятки со стрелой до центра  $C$  сечения хлыста;  $\omega_1$  — угловая скорость стрелы;  $\omega_2$  — угловая скорость рукоятки.

Применительно к этому процессу задачу отыскания ОБТ сформулируем так: найти кривую, при движении по которой центр сечения хлыста



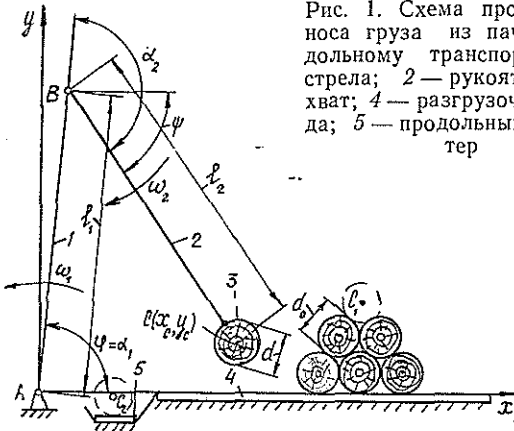


Рис. 1. Схема процесса переноса груза из пачки к продольному транспортеру: 1 — стрела; 2 — рукоять; 3 — захват; 4 — разгрузочная эстакада; 5 — продольный транспортер

(точка  $C$  попадает из точки  $C_1$  в точку  $C_2$  в кратчайшее время. В данной задаче мы не будем строго требовать одновременной работы звеньев манипулятора на протяжении всей траектории переноса хлыста.

Рассмотрим плоское движение звеньев манипулятора, принимая рукоять в качестве задающего органа.

Совместим начало декартовых осей координат с осью неподвижного опорного шарнира  $A$  стрелы. Проведем ось  $x$  горизонтально, а ось  $y$  вверх, как указано на рис. 1, и допустим, что поверхность эстакады совпадает с осью  $x$ .

Для определения времени  $T$  перемещения центра сечения хлыста из точки  $C_1$  в точку  $C_2$  вдоль искомой кривой воспользуемся формулой

$$T = \int_0^l \frac{ds}{v_C}, \quad (1)$$

где  $ds$  — бесконечно малое приращение длины кривой;

$l$  — длина кривой;

$v_C$  — скорость точки  $C$ .

Найдем скорость  $v_C$ . Так как для точки  $C$

$$x_C = l_1 \cos \varphi + l_2 \cos \psi;$$

$$y_C = l_1 \sin \varphi - l_2 \sin \psi,$$

то:

$$v_C = [l_1^2 \dot{\varphi}^2 - 2l_1 l_2 \cos(\varphi + \psi) \dot{\varphi} \dot{\psi} + l_2^2 \dot{\psi}^2]^{1/2}. \quad (2)$$

Подставляя в выражение (2) значение обобщенных координат  $\varphi = \alpha_1$ ,  $\psi = \alpha_2 - \alpha_1$  и обозначая далее  $\dot{\alpha}_1 = \omega_1$ ,  $\dot{\alpha}_2 = \omega_2$ , получим:

$$v_C = [l_2^2 \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 (l_1^2 - l_2^2) - \omega_1 (\omega_2 - \omega_1) (x_C^2 + y_C^2)]^{1/2}. \quad (3)$$

Подставляя (3) в формулу (1) и выражая  $ds$  по формуле

$$ds = [1 + (y'_C)^2]^{1/2} dx_C,$$

получим:

$$T = \int_{x_{C_1}}^{x_{C_2}} \frac{[1 + (y'_C)^2]^{1/2} dx_C}{[l_2^2 \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 (l_1^2 - l_2^2) - \omega_1 (\omega_2 - \omega_1) (x_C^2 + y_C^2)]^{1/2}} = \int_{x_{C_1}}^{x_{C_2}} F dx_C. \quad (4)$$

Задача поиска ОБТ сводится к отысканию среди кривых  $y_C = y_C(x_C)$ ,  $x_{C_2} \leq x_C \leq x_{C_1}$ , лежащих в полуплоскости  $y > 0$  и соеди-

няющих точки  $C_1$  и  $C_2$ , такой кривой, для которой функционал (4) принимает наименьшее значение.

Функционал (4) зависит от переменной  $x_C$ , искомой функции  $y_C = y_C(x_C)$ , угловой скорости  $\omega_1$  стрелы и угловой скорости  $\omega_2$  рукояти.

Неизвестные функции  $\omega_1$  и  $y_C$  определяем из системы уравнений Эйлера — Лагранжа

$$\left. \begin{aligned} F_{\omega_1} - \frac{d}{dx_C} F_{\omega_1'} &= 0; \\ F_{y_C} - \frac{d}{dx_C} F_{y_C'} &= 0, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

где  $F_{\omega_1}$ ,  $F_{\omega_1'}$ ,  $F_{y_C}$ ,  $F_{y_C'}$  — частные производные подынтегральной функции  $F$  функционала (4) соответственно по  $\omega_1$ ,  $\omega_1' = d\omega_1/dx_C$ ,  $y_C$ ,  $y_C' = dy_C/dx_C$ .

Решая систему уравнений (5), получим:

$$\omega_1 = \frac{\omega_2}{2} \left( 1 - \frac{l_1^2 - l_2^2}{x_C^2 + y_C^2} \right); \quad (6)$$

$$y_C' = \frac{[(x_C^2 + y_C^2)^2 - (l_1^2 - l_2^2)^2](y_C - x_C y_C') [1 + (y_C')^2]}{(x_C^2 + y_C^2) [4l_2^2 (x_C^2 + y_C^2) - (x_C^2 + y_C^2 - l_1^2 + l_2^2)^2]}. \quad (7)$$

Поиск экстремалей, т. е. кривых, на которых достигается экстремум функционала (4), сводится к решению двухточечной краевой задачи для нелинейного дифференциального уравнения второго порядка (7) при краевых условиях:

$$y_C(x_{C_1}) = y_{C_1}; \quad y_C(x_{C_2}) = y_{C_2}. \quad (8)$$

Общее решение дифференциального уравнения (7) имеет вид

$$y_C = C^* x_C, \quad (9)$$

где  $C^*$  — постоянная величина.

Отсюда следует, что экстремум достигается на прямых линиях, проходящих через ось опорного шарнира  $A$  стрелы.

Условием минимума функционала (4) является выполнение неравенств

$$E_{y_C' y_C'} \geq 0; \quad (10)$$

$$F_{y_C' y_C'} F_{\omega_1' \omega_1'} - F_{\omega_1' y_C'} F_{y_C' \omega_1'} \geq 0, \quad (11)$$

где

$$F_{y_C' y_C'} = \frac{1}{[l_2^2 \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 (l_1^2 - l_2^2) - \omega_1 (\omega_2 - \omega_1) (x_C^2 + y_C^2)]^{1/2} [1 + (y_C')^2]^{3/2}}; \quad (12)$$

$$F_{\omega_1' \omega_1'} = 0; \quad (13)$$

$$F_{\omega_1' y_C'} = 0; \quad (14)$$

$$F_{y_C' \omega_1'} = 0. \quad (15)$$

В нашем случае  $F_{y'_C y'_C}$  всегда больше нуля в области существования, определяемой неравенством:

$$l_2^2 \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 (l_1^2 - l_2^2) - \omega_1 (\omega_2 - \omega_1) (x_C^2 + y_C^2) > 0, \quad (16)$$

что позволяет утверждать выполнение неравенств (10) и (11) и соблюдение необходимых условий достижения минимума функционала (4) на экстремальных (9).

Функция  $y_C = C^* x_C$  в общем случае не удовлетворяет краевым условиям (8), и минимум функционала (4) будет достигаться лишь в том случае, если мы расширим допускаемый для исследования класс кривых и будем рассматривать кривые с изломами (кусочно-гладкие функции).

Изломы могут быть только в тех случаях, когда либо  $E_{y'_C y'_C} = 0$ , либо имеются разрывы у функции  $F$  или  $F_{y'_C}$ .

Так как  $F_{y'_C y'_C} > 0$ , то рассмотрим второе условие.

Функция  $F$  в выражении (4) имеет бесконечные разрывы при значениях  $x_C$ ,  $y_C$ ,  $\omega_1$ , удовлетворяющих равенству:

$$l_2^2 \omega_2^2 + \omega_1 \omega_2 (l_1^2 - l_2^2) - \omega_1 (\omega_2 - \omega_1) (x_C^2 + y_C^2) = 0. \quad (17)$$

Подставляя в уравнение (17) значение угловой скорости стрелы из равенства (6), получаем:

$$(x_C^2 + y_C^2)^2 - 2(l_1^2 + l_2^2)(x_C^2 + y_C^2) + (l_1^2 - l_2^2)^2 = 0. \quad (18)$$

Решая уравнение (18), находим линии разрывов функции  $F$ :

$$\begin{aligned} (x_C^2 + y_C^2)_1 &= (l_1 - l_2)^2; \\ (x_C^2 + y_C^2)_2 &= (l_1 + l_2)^2. \end{aligned}$$

Таким образом, геометрическим местом точек разрыва функции  $F$  является окружность минимального радиуса  $R_{min} = l_1 - l_2$  и окружность максимального радиуса  $R_{max} = l_1 + l_2$ .

Тогда структура минимизирующей ломаной экстремали может быть следующей:

- 1) отрезок экстремали  $y_C = C^* x_C$  и отрезок окружности радиуса  $R_{min} = l_1 - l_2$ ;
- 2) отрезок экстремали  $y_C = C^* x_C$  и отрезок окружности радиуса  $R_{max} = l_1 + l_2$ ;
- 3) отрезок экстремали  $y_C = C^* x_C$  и отрезки окружностей радиусов  $R_{min} = l_1 - l_2$  и  $R_{max} = l_1 + l_2$ .

Для манипуляторов, работающих на подаче хлыстов в раскряжевочные установки, обычно  $R_{min} = (x_{C_2}^2 + y_{C_2}^2)^{1/2}$ .

Тогда минимизирующая экстремаль будет иметь вид

$$\begin{aligned} y_C &= C^* x_C; \quad x_D \leq x_C \leq x_{C_1}; \\ x_C^2 + y_C^2 &= x_{C_2}^2 + y_{C_2}^2; \quad x_{C_2} \leq x_C \leq x_D, \end{aligned}$$

где  $x_D$  — абсцисса угловой точки  $D$ .

Из условия равенства ординат в угловой точке имеем

$$y_D = C^* x_D; \quad (19)$$

$$x_D^2 + y_C^2 = x_{C_2}^2 + y_{C_2}^2. \quad (20)$$

Совместное решение уравнений (19) и (20) позволяет найти абсциссу угловой точки ломаной экстремали в рассматриваемой полуплоскости  $y > 0$

$$x_D = \left( \frac{x_{C_2}^2 + y_{C_2}^2}{1 + C^{*2}} \right)^{1/2}. \quad (21)$$

Траектория переноса хлыста должна быть такой, чтобы исключались соударения переносимого хлыста и хлыстов-препятствий, лежащих в пачке.

В математической форме это условие можно записать так:

$$(x_C - x_0)^2 + (y_C - y_0)^2 \geq 0,25 (d + d_0)^2, \quad (22)$$

где  $x_0, y_0$  — координаты центра сечений хлыста-препятствия, лежащего в пачке;

$d_0$  — диаметр хлыста-препятствия;

$d$  — диаметр переносимого хлыста.

При наличии ограничивающего условия (22) экстремаль будет состоять из отрезка прямой  $y_C = C^* x_C$ , лежащей в области (22), и отрезка границы данной области (окружности), имеющей вид:

$$(x_C - x_0)^2 - (y_C - y_0)^2 = 0,25 (d + d_0)^2. \quad (23)$$

Линия, доставляющая минимум функционалу (4), должна состоять из отрезка прямой (9), касательной к окружности (23) и отрезка этой окружности, заключенного между начальной точкой  $C_1$  и точкой касания.

Найдем координаты точки касания  $x_E, y_E$ .

Из условий равенства ординат в точке касания имеем

$$(x_E - x_0)^2 + (y_E - y_0)^2 = 0,25 (d + d_0)^2; \quad (24)$$

$$y_E = C^* x_E. \quad (25)$$

Из условия равенства угловых коэффициентов в точке касания находим

$$C^* = \frac{x_0 - x_E}{y_E - y_0}. \quad (26)$$

Решаем совместно уравнения (24) — (26) и находим

$$x_E = x_0 - \frac{(d + d_0)\{x_0(d + d_0) + y_0[4(x_0^2 + y_0^2) - (d + d_0)^2]^{1/2}\}}{4(x_0^2 + y_0^2)}; \quad (27)$$

$$y_E = y_0 - \frac{(d + d_0)\{y_0(d + d_0) - x_0[4(x_0^2 + y_0^2) - (d + d_0)^2]^{1/2}\}}{4(x_0^2 + y_0^2)}. \quad (28)$$

Подставим выражения для  $x_E$  и  $y_E$  в формулу (26). Отсюда

$$C^* = \frac{x_0(d + d_0) + y_0[4(x_0^2 + y_0^2) - (d + d_0)^2]^{1/2}}{x_0[4(x_0^2 + y_0^2) - (d + d_0)^2]^{1/2} - y_0(d + d_0)}. \quad (29)$$

Обобщая полученные результаты, отметим, что в случае, когда не требуется строго одновременного движения звеньев на протяжении всей траектории переноса хлыста манипулятором, ОБТ (рис. 2) может быть представлена в виде:

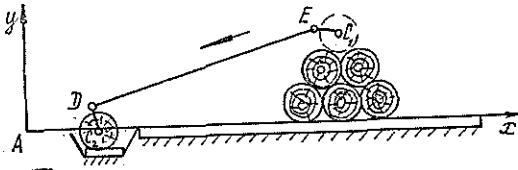


Рис. 2. Оптимальная по быстродействию траектория переноса груза

$$(x_C - x_0)^2 + (y_C - y_0)^2 = 0,25(d + d_0)^2; \quad x_E \leq x_C \leq x_{C_1};$$

$$y_C = C^* x_C; \quad x_D \leq x_C \leq x_E;$$

$$x_C^2 + y_C^2 = x_{C_2}^2 + y_{C_2}^2; \quad x_{C_2} \leq x_C \leq x_D,$$

где абсцисса  $x_E$  определяется по формуле (27), абсцисса  $x_D$  — по формуле (21), а угловой коэффициент  $C^*$  — по формуле (29).

Найденная ОБТ может быть использована для обоснования кинематических параметров манипуляторов, а также для разработки системы управления манипулятором в раскрывеочной установке в целях сокращения времени цикла подачи хлыстов на продольный транспортер раскрывеочной установки.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Васильев Г. М. Увеличение производительности раскрывеочных агрегатов с продольным перемещением хлыстов // Сб. тр. / СНИИЛП.— 1965.— Вып. 2.— С. 16—31. [2]. Кроманский Б. М., Лебедев Ю. В. Статистический анализ процесса раскрывеки хлыстов на полуавтоматических линиях по раскрывеке хлыстов // Сб. тр. / ЦНИИМЭ.— 1975.— Вып. 145.— С. 130—140.

Поступила 24 мая 1985 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 65.011.56 : 674.093.2

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ  
ПРОЦЕССОВ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К РАСПИЛОВКЕ

Р. Е. КАЛИТЕЕВСКИЙ

Ленинградская лесотехническая академия

В основе автоматизированной технологии подготовки сырья к обработке должны лежать прогрессивные методы его сортировки и окорки, а также комплекс организационных условий, позволяющих получить запрограммированный экономический эффект.

Важнейшая задача при ускорении научно-технического прогресса в лесопилении — экономия сырья и применение для этой цели оборудования из агрегатированных механизмов-модулей с использованием электронных систем и ЭВМ для оптимизации процессов сортировки и распиловки бревен. Естественно, что автоматизация управления имеет смысл только для механизированных процессов. Уровень и характер автоматизации процессов управления различны. Так, можно освободить человека от управления одной машиной для наблюдения за группой машин.

Автоматизация управления может позволить увеличить скорости рабочих и вспомогательных движений по сравнению с ручным управлением, а также выполнять процессы на оптимальных режимах. Более высокий уровень автоматизации управления наблюдается при оптимизации процессов, например, сортировки бревен по критерию получения максимально возможного объемного выхода пиломатериалов. В контур системы управления оборудованием включается ЭВМ, работа которой происходит по специальной технологической программе.

Информация о параметрах каждого очередного бревна (текущих диаметров по его длине, замеряемых с шагом 10...20 мм, сбеге, длине, кривизне и эллиптичности) поступает от системы датчиков в ЭВМ, где и определяют, в какую сортировочную группу необходимо направить это бревно, чтобы получить максимальный выход пиломатериалов при распиловке используемыми на предприятии поставами. Последовательно имитируют распиловку каждого очередного бревна всеми используемыми на предприятии поставами и выбирают тот, который дает наибольший выход пиломатериалов.

Для выполнения заданной спецификации пиломатериалов не только по размерам поперечных сечений, но и по их требуемым объемам применяют принцип динамического программирования. В определенный момент времени вводят новую необходимую систему поставок, исключая в них те сечения пиломатериалов, выпилка которых приведет к их перепилам.

Следовательно, автоматизация процесса управления может сводиться к таким элементарным функциям, как включение и выключение двигателей машины, а может включать в себя оперативное планирование, учет, контроль, регулирование и анализ с оптимизацией как отдельных процессов по частным технологическим критериям, так и всего производства пиломатериалов на предприятии по экономическому критерию или критериям (многокритериальная задача).

На зарубежных лесопильных заводах начальная стадия автоматизации управления характеризовалась в основном сбором информации от периферийных датчиков, устройств ручного ввода, датчиков положения пильных органов, устройств для сортировки бревен и досок и т. д. Системы управления осуществляли сбор информации о размерах бревен и досок и их количестве, автоматически обрабатывали информацию, контролировали наличие материала на складах. По результатам этой информации производили контроль хода производства при выполнении определенного заказа и осуществляли его коррекцию.

Первоочередность автоматизированного централизованного учета на зарубежных предприятиях объясняется тем, что их производственно-технологические процессы были к этому времени уже в основном комплексно-механизированными, т. е. подготовленными к внедрению автоматизированного учета. Другим важным моментом первоочередности автоматизированного учета явилось то положение, что для зарубежного лесопиления главное, определяющее их экономическую «выживаемость» в условиях конкуренции,— быстрое выполнение срочных заказов потребителей с минимизацией возможных потерь при переходах производства с одного заказа на другой.

В современном лесопилении особое внимание обращается на создание и внедрение технологий и оборудования, обеспечивающих не столько экономию труда, сколько экономию древесины.

Перспективность таких ресурсосберегающих технологий может быть пояснена следующим примером. Стоимость линии для окорки и сортировки бревен мод. БС60-2Ф составляет порядка 1 млн р. Если эта линия позволяет только уменьшить общее число рабочих даже на несколько десятков человек, то она не окупится в нормативные сроки. Если же линия обеспечит применение на ней метода сортировки бревен с учетом их диаметров, сбега и длины, позволяющего на несколько процентов сэкономить сырье, то она окупится в течение нескольких лет. Это особенно важно в настоящее время в связи со значительным ростом цен на оборудование и древесину.

К автоматизированным процессам подготовки сырья к обработке можно отнести процессы сортировки бревен, осуществляемых на автоматизированных линиях, которые устанавливают на складах сырья лесопильных предприятий. В большинстве случаев пиловочник окаривают перед его сортировкой на роторных станках типа 20К-63, 20К-80 и др., входящих в состав этих комплексных линий.

Наши исследования показали, что при поставке на лесопильные заводы хлыстов их раскрой, как правило, следует производить также по критерию максимального выхода пиломатериалов на комплексных линиях для окорки, раскроя хлыстов и сортировки полученных бревен [1, 2]. Процессы сортировки бревен, происходящие в бассейнах перед лесопильными цехами, как правило, не относятся к автоматизированным. При совершенствовании этих процессов можно применять метод сортировки бревен не по четным и группам четных вершинных диаметров, а по оптимальным границам вершинных диаметров бревен [2—4].

Границы сортировочных групп определяют по специальной технологической программе расчета принятых на заводе поставов на ЭВМ с шагом 0,5 см. В соответствии с этими границами, сортировку бревен можно проводить визуально, как и в существующих процессах. Однако более эффективно это можно осуществлять с помощью датчиков диаметров на оборудовании, установленном на одной из сторон бассейна. Число поставов, а следовательно, сортировочных групп и двориков бассейна, может быть минимизировано и составлять порядка 7...9 шт. Можно также использовать результаты оптимизации поставов, например, при сортировке по четным и группам четных диаметров бревен. В результате объемный выход пиломатериалов будет увеличен на 1...1,5 %.

Для нахождения оптимальных поставов рационально применять программы в соответствии с размерной спецификацией пиломатериалов лесопильного предприятия, например с шагом расчета 0,5 см, и при необходимости с некоторым сдвигом границ четных диаметров бревен. Наиболее современна и эффективна сухопутная сортировка бревен на автоматизированных линиях с накоплением оперативных запасов рассортированных групп бревен и возможностью их непрерывной (без

перестановки поставов) распиловки в течение не менее половины и более смены, что практически не наблюдается в случае использования сортировочных бассейнов.

При круглогодовой поставке пиловочника на лесопильные заводы число сортировочных групп бревен может доходить до нескольких десятков, так как страховые запасы сырья, соответствующие объемам его распиловки в течение 3—4 нед, наиболее рационально хранить в рассортированном виде. Исследования показали, что в этом случае следует применять системы, также состоящие из нескольких десятков поставов. Это позволяет на 2 % увеличить объемный выход пиломатериалов по сравнению с системами из 8—9 поставов при сортировке бревен в обоих случаях с учетом их диаметров, сбега и длины.

В качестве технологического обеспечения необходимо применять специализированные программы проектирования оптимальных поставов по всему диапазону размеров диаметров бревен с шагом расчета, равным нескольким миллиметрам. Повторяющиеся поставки из системы исключаются. Число поперечных сечений выпиливаемых пиломатериалов (например, 10—15) может быть в несколько раз меньше, чем число поставов (40—50) в системе, предназначенной для их выпилки.

Технологическое обеспечение автоматизированных процессов подготовки сырья к обработке должно предусматривать следующие специальные программы:

расчет поставов на ЭВМ;

проектирование оптимальных поставов на ЭВМ;

оперативное планирование процессов раскроя пиловочника на пиломатериалы с учетом метода (принятого) сортировки бревен;

расчет основных технологических параметров и синхронизация автоматизированных линий для окорки и сортировки бревен, складов рассортированного сырья и лесопильных цехов.

Часть этих программ должна работать в качестве имитаторов распиловки (тренажеров) в контуре управления линиями для сортировки бревен. К основным задачам автоматизированной системы технологической подготовки производства (АСТПП, включающей в себя САПРТП и САПРтп) и, в конечном итоге, автоматизированной системы управления производственно-технологическим процессом (АСУПТП) подготовки сырья к обработке следует отнести:

обеспечение шага управления процессами во времени в течение одной смены и менее;

оперативное проектирование необходимых систем оптимальных поставов по критерию максимальных как объемного, так и ценностного выхода пиломатериалов;

определение момента выполнения спецификационных заданий по какому-либо из сечений пиломатериалов с автоматической генерацией новых систем поставов;

расчеты обеспечения синхронной работы автоматизированных линий окорки и сортировки бревен, складов рассортированного сырья и лесопильных цехов с обеспечением рациональной загрузки бревнопильных линий большой единичной мощности.

Необходимо создать окорочные станки роторного типа с автоматической оптимизацией прижима короснимателей как в целях экономии древесины (так как особенно в зимнее время вместе с корой снимается до 4 % и более древесины), так и с точки зрения создания окорочного оборудования большой единичной мощности. Окорку не рассортированных по размерам диаметров бревен необходимо проводить перед их сортировкой, осуществляемой в зимних условиях, как правило, без предварительной тепловой обработки древесины.



На основании изложенного и ряда других материалов [1—4], приводим основные положения технологических основ автоматизации процессов подготовки сырья к обработке.

1. Прогрессивная технология и оборудование подготовки сырья к обработке должны носить ресурсосберегающий характер, т. е. обеспечивать увеличенный выход пиломатериалов из сырья по сравнению с применяемыми в настоящее время методами и средствами сортировки пиловочника.

2. Экономия сырья при заданных объемах выхода пиломатериалов может быть достигнута в наибольшей степени путем применения метода сортировки бревен с учетом их «текущих» диаметров, длины и сбега по критерию максимального выхода пиломатериалов с оптимальными поставками, найденными по специальным технологическим программам на ЭВМ. Наиболее характерный пример невыполнения этого положения — осуществление традиционной сортировки бревен по четным диаметрам без оптимизации поставок на автоматизированной линии, установленной на Лесосибирском ЛДК № 2.

3. Важнейший вопрос управления автоматизированным производством пиломатериалов в целом и процессами подготовки сырья к обработке в частности — обеспечение их специальными технологическими оптимизационными программами, функционирующими на всех основных уровнях производства: в контуре систем управления сортирующим бревна оборудованием; в системах проектирования оптимальных поставок и оперативного планирования раскроя пиловочных бревен на пиломатериалы с учетом существующей и возможной структуры производства и условий его функционирования.

Эти факторы и предопределяют структуру автоматизированных систем управления процессами подготовки сырья к обработке (АСУ, АСУТП, АСОДУ, АСУП), а также требования к точности и подробности сортировки бревен.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Калитеевский Р. Е. Расчет процессов сортировки пиловочника с применением ЭВМ.—Л.: РИО ЛТА, 1987.—40 с. [2]. Калитеевский Р. Е. Технология лесопиления.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—280 с. [3]. Калитеевский Р. Е., Коноплева И. А. Влияние системы поставок на дробность сортировки бревен при ограниченном числе выпиливаемых сечений пиломатериалов // Лесн. журн.—1981.—№ 4.—С. 78—80. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Калитеевский Р. Е., Коноплева И. А. Выбор рациональной системы сортировки пиловочного сырья // Лесн. журн.—1986.—№ 3.—С. 113—115. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 9 марта 1988 г.

УДК 630\*824.86

### ТЕХНОЛОГИЯ СКЛЕИВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ, ПРОПИТАННОЙ СЕРОЙ

В. М. ХРУЛЕВ, С. М. КОНДРАШОВ, Ж. Б. БЕКБОЛОТОВ,  
В. В. ГОРЕТЫИ

Новосибирский инженерно-строительный институт

Один из способов улучшения физико-механических свойств древесины лиственных пород (березы, осины, тополя) — пропитка ее в расплаве серы [3]. Этим способом можно обрабатывать заготовки длиной 0,5...2,0 м для строительных изделий, таких как детали полов, гради-рен, щитовых опалубок. Пропитка повышает их прочность при сжатии

и изгибе, возрастает стойкость в кислой и щелочной средах, снижается набухание [5]. Однако из-за повышения твердости древесины заготовки, например для сборки щитов опалубки, трудно скреплять гвоздями, поэтому одним из возможных способов их соединения может быть склеивание.

Технология склеивания древесины, пропитанной серой, еще недостаточно изучена. Пробные опыты проведены во Львовском лесотехническом институте применительно к склеиванию крыш сенажных башен [1], где установлено, что для склеивания пригодны традиционно используемые в деревообработке клеи.

Для таких изделий требуется применять клеи повышенной водостойкости. Нами опробованы клеи холодного отверждения, рекомендуемые руководством по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций [4]: фенолоформальдегидный КБ-3 на основе смолы СФЖ-3016 (ГОСТ 20907—75), резорциноформальдегидный ФР-12 (ТУ 6—05—1748—75) и алкилрезорциноформальдегидный ФР-100 (ТУ 6—05—1638—78).

Заготовки выпиливали из древесины березы и осины (плотность соответственно 590 и 510 кг/м<sup>3</sup>, влажность 5...6 %). Их размеры 55 × 200 × 10 мм взяты из условий испытания образцов на скалывание по клеевому шву, рекомендуемых руководством [2]. Заготовки из древесины березы пропитывали в ванне с расплавом серы при температуре 145...150 °С, из древесины осины — при 135...140 °С. Использовали серу горючую класса 3 (9950) с температурой плавления не ниже 119 °С.

Путем варьирования продолжительности погружения заготовок в расплав (от 18...20 мин до 60...75 мин) были достигнуты различные уровни поглощения серы: 25, 45, 75...80 % от массы сухой древесины. По данным работы [1], древесина березы и осины способна поглощать и большее количество серы — около 100 %, однако для практических целей такое поглощение излишне, так как защитный эффект (по данным биологических и химических испытаний) наиболее полно проявляется уже при 50...60 %-м поглощении. Уровень поглощения 75...80 % в нашем случае взят лишь для сравнительной оценки адгезионной активности поверхности древесины с разной степенью пропитки серой.

Образцы склеивали из брусков (сечением 10 × 10 мм, длиной 50 и 30 мм), выпиленных из пропитанных заготовок. Брусочки располагали так, чтобы клеевой шов формировался между срезанными поверхностями. Клеи готовили непосредственно перед сборкой опытных партий образцов, согласно требованиям руководства [4]. Начальная вязкость клеев по вискозиметру ВЗ-4 составила: КБ-3—46; ФР-12—30; ФР-100—30 с. В дальнейшем по ходу эксперимента вязкость варьировали добавлением древесной муки в количестве до 10 % от массы сухого остатка смолы. Открытая выдержка при склеивании равнялась 5 мин, закрытая (ее определяли продолжительностью сборки и запрессовки образцов) — 10...15 мин.

При склеивании пропитанной древесины необходимо учитывать, что жесткость ее выше, чем натуральной; это обязывает корректировать удельное давление запрессовки в зависимости от степени пропитки. Для выбора оптимальных значений удельного давления проведены опыты по склеиванию образцов из древесины березы с различным содержанием серы и образцов из натуральной древесины. Использовали клеи ФР-100 и ФР-12; давление изменяли в пределах 0,2...1,0 МПа с шагом 0,2 МПа. Давление измеряли с помощью пружинных динамометров ДОС-1. Продолжительность запрессовки — 24 ч при нормальных условиях (температура 22 ± 1 °С, относительная влажность воздуха 65...70 %).

Испытания показали (рис. 1), что степень пропитки древесины серой по-разному влияет на прочность склеивания в зависимости от вида клея, породы древесины и прилагаемого давления запрессовки. При склеивании образцов из древесины березы клеем ФР-100 со степенью пропитки серой 25 % их прочность оказалась несколько выше, чем для образцов натуральной древесины. В обоих случаях зависимость прочности склеивания от удельного давления прессования однотипна: прочность замедленно возрастает и приближается к постоянному уровню. Рост прочности обусловлен некоторым запасом свободных пор, в которые клей проникает по мере повышения давления, усиливая зону клеевого шва.

При 45 %-й пропитке прочность склеивания ниже, чем для натуральной древесины. Поры более глубоко заполнены серой. Адгезия клея

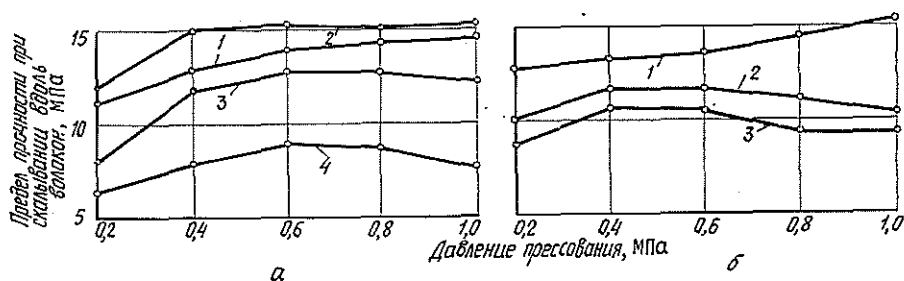


Рис. 1. Влияние удельного давления прессования на прочность склеивания древесины, пропитанной серой: а — березы (клей ФР-100; 1 — натуральная древесина; 2, 3, 4 — пропитанная с поглощением серы соответственно 25, 45 и 75 %); б — осины (клей КБ-3; 1 — натуральная древесина; 2, 3 — пропитанная с поглощением серы соответственно 30 и 80 %)

к поверхности, покрытой серой, слабее, чем к пористой поверхности натуральной древесины. Зависимость прочности склеивания от давления прессования меняется: при повышении давления клей не внедряется в поверхность, а выдавливается. С увеличением степени пропитки серой до 75 % адгезионное взаимодействие клея с поверхностью древесины еще более уменьшается; прочность склеивания ниже, чем при 45 %-й пропитке. Зависимость прочности от давления приобретает экстремальный характер: максимум прочности склеивания располагается в интервале давлений 0,6...0,8 МПа.

Из полученных данных можно заключить, что при склеивании древесины, пропитанной серой, не требуется значительно повышать давление запрессовки. Можно ограничиться интервалом 0,4...0,6 МПа с оптимальной степенью пропитки, не превышающей 45...50 %. Древесина с таким содержанием серы еще обладает некоторой пластичностью и запасом пористости, позволяющими формировать нормальный клеевой шов. О свободных порах свидетельствует водопоглощение оптимально пропитанной серой древесины, составляющее 40...50 % [6]. В этих опытах водопоглощение натуральной древесины березы было равно 75 %, а глубоко пропитанной серой — 30 %. Водопоглощение 30 % можно приравнять к гигроскопическому (адсорбционному) увлажнению, т. е. признать отсутствие свободных капилляров и пор. Для глубоко пропитанной древесины березы давление запрессовки может быть увеличено до 0,8 МПа.

Кроме давления запрессовки, прочность склеивания пропитанной древесины можно регулировать, изменяя вязкость клея. Это достигается удлинением срока созревания клея или его наполнением. Технически и экономически целесообразней последний способ, который и был принят для выяснения влияния вязкости клея на прочность склеивания древесины, пропитанной серой. Склеивали заготовки из древесины березы и осины, содержащие от 25 до 80 % серы. Клей ФР-100 и КБ-3 наносили с расходом 250...300 г/м<sup>2</sup>. Вязкость клеев регулировали в пределах 50...250 с (по ВЗ-4) введением наполнителя — древесной муки в количестве до 10 % от массы сухого остатка смолы. Нужную вязкость достигали методом подбора количества вводимого наполнителя и измеряли через 7...10 мин после начала смешивания смолы с наполнителем. Давление прессования находилось в пределах, установленных для каждой степени пропитки древесины серой: для 25 % — 0,4 МПа; 45 % — 0,6; 75...80 % — 0,8 МПа.

При склеивании древесины березы с 25 %-м содержанием серы повышение вязкости клея с 50 до 250 с увеличивает прочность клевого

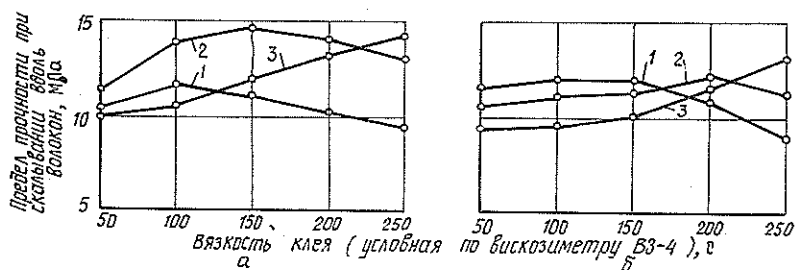


Рис. 2. Влияние вязкости клеев на прочность склеивания древесины, пропитанной серой: а — березы (клей ФР-100; 1 — натуральная древесина; 2, 3 — пропитанная с поглощением серы соответственно 25 и 45 %); б — осины (клей КБ-3; 1 — натуральная древесина; 2, 3 — пропитанная с поглощением серы соответственно 30 и 80 %)

шва, а при дальнейшем возрастании вязкости прочность склеивания уменьшается. Менее отчетливо это проявляется при склеивании древесины осины с 30 %-м содержанием серы (рис. 2).

Полученные зависимости говорят о нецелесообразности регулирования прочности соединений вязкостью клея при малых значениях степени пропитки древесины серой. В этом случае зависимость прочности соединения от вязкости клея менее значима, чем у натуральной древесины, поры которой более открыты и, следовательно, более чувствительны к наполнению клеем.

При содержании серы в древесине 45 % зависимость прочности склеивания от вязкости клея более характерна: прочность заметно повышается при использовании клея с вязкостью 150...250 с. Однако рост прочности невелик по сравнению с древесиной, содержащей 25 % серы. Прочность склеивания древесины с 75...80 %-м содержанием серы существенно возрастает при использовании клеев с вязкостью 250 с. Если принять повышенное до 0,8 МПа удельное давление прессования, то можно заключить, что в данном случае найдено оптимальное соотношение между степенью пропитки древесины серой, вязкостью клея и удельным давлением прессования.

Практически для склеивания древесины, пропитанной серой до поглощения 45...50 %, необходимо применять клей вязкостью 150...200 с по вискозиметру ВЗ-4. Для клея ФР-100 такая вязкость достигается добавлением 5...7 % древесной муки, а для клея КБ-3 — удлинением срока приготовления с контролем нарастания вязкости. Учитывая, что более вязкий клей хуже смачивает поверхность, для склеивания пропитанной серой древесины, слабо впитывающей клей КБ-3, может быть предложен вариант удлинения срока открытой выдержки. В этом случае полнее реализуется адгезионная активность клея и поверхности пропитанной древесины.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Манзий С. А. Защитная обработка древесины и древесных материалов расплавом серы: Автореф. дис...канд. техн. наук.— Минск, 1986.— 16 с. [2]. Методы физико-механических испытаний модифицированной древесины. Вып. ЦНИИ строительных конструкций.— М.: Стройиздат, 1973.— 36 с. [3]. Орловский Ю. Н., Панов В. В., Манзий С. А. Пропитка древесины серой // Строительство и архитектура.— 1984.— № 6.— С. 76—80. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Руководство по изготовлению и контролю качества деревянных клееных конструкций.— М.: Стройиздат, 1982.— 76 с. [5]. Хрулев В. М., Бекболотов Ж. Б., Кондрашов С. М. Повышение долговечности деревянной опалубки: Экспресс-информ. Киргиз. НИИНТИ.— Фрунзе.— 1984.— 22 с. [6]. Хрулев В. М., Горбулев В. А.,

Кондрашов С. М. Прочность и водостойкость древесины, пропитанной серой // Строительство и архитектура.— 1985.— № 8.— С. 46—49. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 13 июля 1987 г.

УДК 674.053 : 621.935

## ВЛИЯНИЕ РАЗВОРОТА ВЕРХНЕГО ПИЛЬНОГО ШКИВА ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО СТАНКА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПИЛ

В. И. ВЕСЕЛКОВ, Б. А. ВЕСЕЛКОВА, А. Ф. СЕЛЕЗНЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Повышение технического уровня ленточнопильных станков, достигнутое за рубежом в последние годы за счет совершенствования механизма резания и повышения устойчивости ленточных пил, обеспечило возрастание производительности лесопильных потоков и высокое качество выпиленных пиломатериалов при распиловке даже мерзлой древесины.

Повышение существующей производительности лесопильных потоков в отечественном лесопилении к 2000 г. в 2—2,5 раза возможно только при создании таких станков, работоспособность и надежность которых должны быть значительно повышены.

Создание отечественного ленточнопильного станка, способного конкурировать с лучшими моделями зарубежных (Канада, Швеция...), сдерживается из-за отсутствия достаточной и надежной информации даже о качественном влиянии ряда факторов на работоспособность ленточных пил. В первую очередь это касается требований к механизму резания по обеспечению оптимальной ориентации пильных шкивов в зависимости от напряженного состояния ленточных пил.

В практике эксплуатации ленточнопильных станков известны случаи, когда постоянный брак выпиленных пиломатериалов устраняют, при прочих равных условиях, только благодаря незначительному изменению ориентации пильных шкивов за счет разворота верхнего шкива. Количественно же оценить влияние разворота верхнего шкива на устойчивость и напряженное состояние ленточных пил пока не представляется возможным.

Наблюдения за эксплуатацией делительных ленточнопильных станков на Ленинградском лесотарном комбинате, Архангельских ЛДК им. Ленина и ЛДК № 1 [2] подтвердили целесообразность использования механизма разворота верхнего шкива ( $D = 1400$  мм) для повышения точности получаемых заготовок. Разворот верхнего шкива успешно применяют на Нововятском лыжном комбинате при распиловке березового кряжа на лыжные заготовки ленточнопильными станками фирмы «Тюгоку Кикай», Япония ( $D = 1200$  мм).

Однако этот прием используют пока без достаточного обоснования, а следовательно, с различной степенью эффективности и с получением порой непредвиденных и противоречивых результатов.

В связи с этим нами проведены теоретические и экспериментальные исследования влияния разворота верхнего пильного шкива на устойчивость плоской формы изгиба ленточных пил, поперечную жесткость пил и точность распиловки древесины.

Физическая сущность явлений, аналогичных происходящим при развороте верхнего шкива, рассмотрена в работах [6, 7], где установлено влияние погрешностей изготовления и монтажа узлов ленточнопильного станка на суммарный угол встречи между плоскостью натяжения пилы и осью рельсовых путей механизма подачи заготовки. В работе

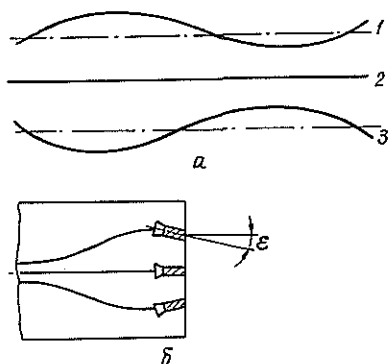


Рис. 1. Вероятные траектории движения ленточной пилы в древесине: *а* — три возможные траектории движения заготовки; *б* — три варианта пропилов древесины, обусловливаемые траекториями движения заготовки

[7] показано, что в зависимости от величины и характера погрешностей изготовления и монтажа узлов ленточнопильного станка траектория движения заготовки может быть представлена в виде прямой (идеальный случай) и синусоид (рис. 1).

Поэтому если допустить, что в момент встречи пилы с древесиной она имеет идеальную плоскостность и плоскость ее натяжения строго параллельна оси рельсовых путей, то по мере надвигания на нее древесины, в соответствии с тремя возможными траекториями движения заготовки с механизмом подачи, пила либо сохраняет свою плоскостность и пропил осуществляется по прямой линии, либо она отклоняется в ту или другую сторону от плоскости натяжения и пропил осуществляется по кривой, близкой к синусоиде. Эти три варианта пропилов возможны при идеальной ориентации и напряженном состоянии ленточной пилы.

Но в практике на вид пропила оказывает влияние биение пильных шкивов, прогиб поперечного сечения полотна пилы в зоне резания, боковые составляющие сил резания из-за неоднородности строения древесины и т. д. Положение режущей кромки пилы характеризуется углом наклона касательной к траектории движения режущей кромки в любой момент времени по отношению к плоскости натяжения пилы. Уравнение для определения любой точки траектории режущей кромки пилы в древесине в работе [7] представлено в виде

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \varepsilon,$$

где  $\varepsilon$  — суммарный угол встречи, зависящий от погрешностей монтажа рельсового пути из-за люфтов в ходовой части тележки и ее зажимных узлах, от погрешностей установки механизма резания, от перемещений полотна пилы из-за биения шкивов, от кривизны поперечного сечения пилы и т. д.

При проведении опытных распиловки установлено, что за счет траектории перемещения заготовки древесина воздействует на пилу под непрерывно меняющимся углом  $\varepsilon$ , а пила отклоняется от плоскости натяжения. Пила движется с учетом кривизны поперечного сечения полотна в зоне резания стрелой  $f$  (рис. 2, *а*). Резание древесины в этом случае уже отличается от продольно-торцового, и ориентация передней грани зубьев пилы под углом  $\Delta\alpha$  к вектору скорости подачи и способствует возрастанию влияния боковых составляющих сил резания на отклонения полотна пилы от плоскости натяжения на величину  $\Delta t$  (рис. 2, *б*).

Поскольку частота колебаний полотна пилы под воздействием боковых составляющих значительно выше, чем частота колебаний тра-

ектории движения распиливаемой заготовки, то дополнительный угол отклонения полотна  $\epsilon'$  от боковых составляющих и от поперечных колебаний полотна суммируется (или вычитается) с углом встречи  $\epsilon$ . Поэтому характер истинной траектории движения пилы в пропиле определяется текущим углом встречи  $\epsilon''$ , получаемым из алгебраической суммы углов  $\epsilon$  и  $\epsilon'$ .

В работе [7] справедливо утверждается, что в зависимости от угла  $\epsilon'$  суммарный угол встречи может быть уменьшен до нуля или получить отрицательное значение, или начать вновь увеличиваться. Этот процесс искажает плавную траекторию движения пилы в пропиле, накладывая на нее дополнительные волны. При этом текущее (мгновенное) значение суммарного угла встречи складывается из значений составляющих углов, возникающих за счет вышеперечисленных погрешностей изготовления, монтажа и эксплуатации механизмов резания и подачи станка.

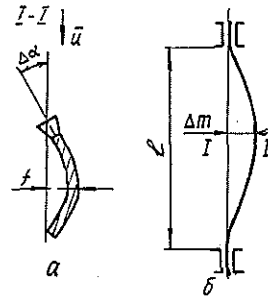


Рис. 2. Кривизна поперечного сечения полотна в зоне резания (а) и прогиб полотна пилы (б)

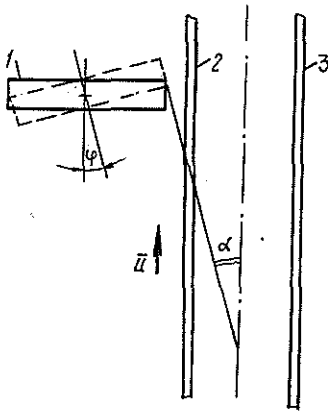


Рис. 3. Схема взаимодействия угла разворота  $\varphi$  и вектора скорости подачи  $u$ : 1 — пильный шкив; 2 — опорный рельс; 3 — направляющий рельс

При развороте верхнего шкива на угол  $\varphi$  (рис. 3) возникает угол встречи  $\alpha$  между плоскостью натяжения пилы и продольной осью рельсового пути, по которому перемещается подающая тележка с закрепленной на ней заготовкой и происходит смещение по осям  $x$  и  $y$  точки приложения равнодействующей силы натяжения пилы  $N$  соответственно на величины  $e_x^B$  и  $e_y^B$  (где  $e_x^B$ ,  $e_y^B$  — эксцентриситеты (смещения) приложения силы натяжения, вызванные разворотом верхнего шкива). Эти смещения обуславливают эксцентричное воздействие силы  $N$  на верхнем шкиве и возникновение двух дополнительных пар сил, равных  $Ne_x^B$  и  $Ne_y^B$  и действующих в плоскостях  $xoz$  и  $yoz$ .

При теоретическом исследовании использовали расчетную схему (рис. 4), отождествляющую пильные шкивы с шарнирными опорами и рассматривающую ленточную пилу как тонкостенный стержень [3, 4]. В соответствии с основными положениями теории тонкостенных стержней [5] для определения критической силы, при которой плоская форма изгиба ленточной пилы перестает быть устойчивой, была предложена система дифференциальных уравнений:

$$EI_y \xi^{IV} - N \xi'' - \frac{Ne_y^B}{l} (z\theta)'' = 0;$$

$$EI_x \eta^{IV} - N \eta'' + \frac{Ne_x^B}{l} (z\theta)'' + \frac{P}{2} (z\theta)'' = 0;$$

$$-GI_d \theta'' - Nr^2 \theta'' + \frac{P}{l} \frac{b}{2} \theta - \frac{Ne_y^B}{l} z \xi'' + \frac{Ne_x^B}{l} z \eta'' - \frac{P}{2} z \eta'' = 0,$$

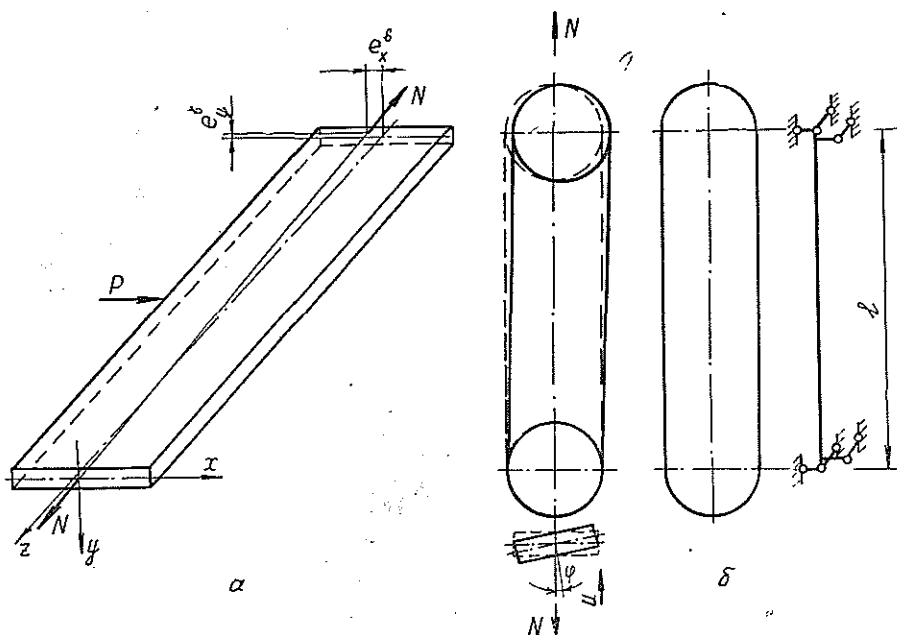


Рис. 4. Расчетная схема для исследования влияния разворота верхнего шкива на устойчивость ленточной пилы (а) и схема разворота верхнего пильного шкива (б)

где  $EI_y$  — наибольшая жесткость изгиба полотна пилы;  
 $EI_x$  — наименьшая жесткость изгиба полотна пилы;  
 $GI_d$  — жесткость при кручении;  
 $\xi, \eta$  — перемещение центра изгиба в направлениях осей  $x$  и  $y$ ;  
 $\theta$  — угол закручивания;  
 $N$  — усилие натяжения;  
 $P$  — усилие подачи;  
 $l$  — расстояние между осями пильных шкивов;  
 $b$  — ширина полотна пилы;  
 $r^2 = \frac{I_x + I_y}{b\delta}$  (здесь  $\delta$  — толщина полотна пилы).

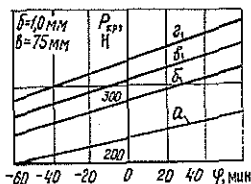
В результате решения системы методом Бубнова — Галеркина получена следующая формула для изгибно-крутильной критической силы:

$$P_{кр} = \frac{4}{l} \left\{ \left[ \frac{Ne_x^{\delta}}{2} - \frac{b}{\pi^2} \left( EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N \right) \right] + \right. \\
+ \sqrt{ \left[ \frac{Ne_x^{\delta}}{2} - \frac{b}{\pi^2} \left( EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N \right) \right]^2 + \left( EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N \right) (GI_d + Nr^2) - \\
\left. - \frac{EI_x \frac{\pi^2}{l^2} + N}{EI_y \frac{\pi^2}{l^2} + N} \frac{Ne_y^{\delta}}{4} - \frac{N^2 e_x^{\delta 2}}{4} \right\}$$

Анализ результатов теоретического исследования (рис. 5) позволил оценить влияние разворота верхнего пильного шкива на устойчивость ленточных пил. Так, при развороте верхнего шкива у ленточно-пильного станка модели «Стандарт», ГДР ( $D = 1000$  мм) на 20° устойчивость ленточной пилы шириной 75 мм (без учета высоты зубьев),



Рис. 5. Изменение критической силы  $P_{кр}$  в зависимости от угла разворота  $\varphi$  верхнего шкива для ленточной пилы ( $b = 75$  мм;  $\delta = 1,0$  мм): а — при напряжении от усилия натяжения  $\sigma_0 = 6 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>; б —  $8 \cdot 10^7$ ; в —  $9 \cdot 10^7$ ; г —  $10 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>



толщиной 1,0 мм увеличивается на 4,7 % при  $\sigma_0 = 6 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>, а при  $\sigma_0 = 9 \cdot 10^7$  и  $\sigma_0 = 10 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup> — соответственно на 4,9 и 5,3 %.

Установлено, что положительное влияние разворота верхнего шкива на устойчивость пилы увеличивается не только при возрастании усилия натяжения, но и при уменьшении ширины пилы. Так, если для ленточной пилы шириной 75 мм при  $\sigma_0 = 9 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup> величина  $P_{кр}$  при развороте шкива на 20° повышается на 4,9 %, то для пил шириной 65 и 55 мм это увеличение составляет 5,6 и 6,0 %.

Для выявления эффективности направлений разворота верхнего шкива (по направлению вектора скорости подачи  $\vec{u}$  или против вектора) были проведены специальные опыты на экспериментальной установке, созданной на базе ленточнопильного станка модели «Стандарт» (ГДР). Она не имеет механизма для разворота верхнего шкива, поэтому разворот моделировали при помощи набора специальных клиньев-щупов, закладываемых между ободом верхнего шкива и полотном пилы в зоне схода пилы со шкива (рис. 6).

Для моделирования разворота шкива по направлению вектора скорости подачи  $\vec{u}$  набор клиньев-щупов закладывали на рабочей ветви в зоне зубчатой кромки 1 (рис. 6, а), а на холостой ветви — в зоне задней кромки 4 пилы. Направление разворота верхнего шкива против вектора скорости подачи  $\vec{u}$  моделировали согласно схеме, представленной на рис. 6, б.

Толщину клиньев-щупов, необходимую для обеспечения требуемого разворота шкива, определяли в соответствии с рекомендациями [7], по которым суммарные углы встречи  $\epsilon$  должны находиться в пределах от 4°51' до 27°13'.

Расчетные значения толщин клиньев-щупов, принимаемые при комплектовании их наборов для обеспечения соответствующего угла разворота  $\varphi$ , представлены в таблице.

Эффективность разворота верхнего шкива оценивали по изменению поперечной жесткости ленточных пил и по величине  $P_{кр}$ , регистрируемой

Суммарный угол встречи (разворота), мин	Толщина набора клиньев-щупов для ленточнопильных станков, мм	
	«Стандарт» (ширина шкива $B_{шк} = 80$ мм)	«Тюгоку Кякай» (ширина шкива $B_{шк} = 120$ мм)
6	0,14	0,21
12	0,28	0,42
24	0,56	0,84
30	0,70	1,05
60	1,40	2,10

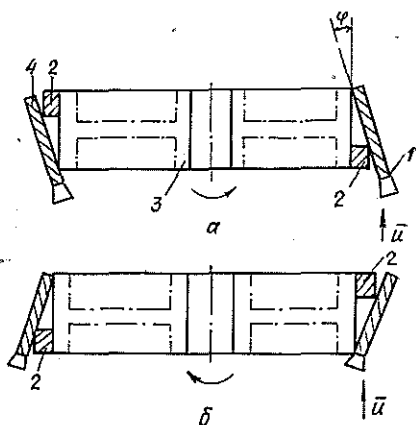


Рис. 6. Схема моделирования разворота верхнего шкива 3 при помощи клиньев-щупов 2

при нагружении пилы в плоскости наибольшей жесткости, создаваемой через образцовый динамометр типа ДОСМ-3-01. Момент потери устойчивости полотном пилы плоской формы равновесия устанавливали при помощи трех боковых индикаторов часового типа с точностью до 0,01 мм [4]. Жесткость опытной пилы измеряли в трех позициях сечения полотна (по оси полотна, на расстояниях 5 мм от впадины зубьев и 5 мм от задней кромки), расположенного в середине пролета между шкивами. Для измерения жесткости пилы применяли специальный жесткомер, используемый для этих целей при исследованиях напряженного состояния круглых, рамных и ленточных пил. Боковое давление жесткомера на пилу устанавливали равным 20 Н.

Все опыты проводили при параллельном (горизонтальном) положении осей пильных шкивов, контролируемом при помощи специального угломера конструкции АЛТИ [1], обеспечивающего точность измерения до 1'. Стабилизацию усилия натяжения пилы обеспечивали при помощи специального гидродомкрата.

В результате проведенных исследований установлено, что разворот верхнего шкива по направлению вектора скорости подачи  $u$  всегда обеспечивает повышение поперечной жесткости режущей кромки ленточной пилы. Для пилы шириной 75 мм, толщиной 1,0 мм при  $\sigma_0 = 10 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup> и  $\varphi = 6 \dots 60'$  поперечная жесткость зубчатой кромки возрастает от 3,5 до 12 %. Соответствующее повышение устойчивости пилы зафиксировано в опытах при нагружении пилы в плоскости наибольшей жесткости.

Экспериментальные исследования в производственных условиях Новоятского лыжного комбината проведены на ленточнопильном станке фирмы «Тюоку Кикай», Япония ( $D = 1200$  мм) при моделировании угла разворота верхнего пильного шкива при помощи набора клиньев-шупов. Толщину наборов устанавливали в соответствии с расчетными значениями, представленными в таблице. Объектом исследования служили ленточные пилы толщиной 1,2 мм и шириной 150 мм.

Эффективность разворота верхнего шкива оценивали только по показателю поперечной жесткости зубчатой кромки пил. Поперечную жесткость пил измеряли по методике, аналогичной применяемой в лабораторных условиях, и при помощи того же жесткомера, обеспечивающего величину бокового давления на пилу, равную 20 Н.

Этими экспериментами установлено, что разворот верхнего шкива по направлению вектора скорости подачи  $u$  обеспечивает повышение поперечной жесткости пилы. При натяжении пил на шкивах с рекомендуемым фирмой усилием натяжения ( $\sigma_0 = 9 \cdot 10^7$  Н/м<sup>2</sup>) и изменении  $\varphi$  до 60' поперечная жесткость зубчатой кромки возрастает до 10 %.

Производственные испытания пил после регулировки разворота верхнего шкива проводили, распиливая березовые кряжи диаметром 18...38 см, длиной 2,5 м. Режимы пиления соответствовали обычному производственному ритму, обеспечивающему заданный уровень производительности, т. е. 18...20 м<sup>3</sup> в смену. Регулировку разворота верхнего шкива производили при помощи имеющегося в конструкции станка механизма разворота для пил, которые начинали выпиливать лыжные заготовки с повышенной разнотолщиной. Критерием оптимального разворота шкива служил угол разворота, при котором прекращалось выпиливание брака этой же самой пилой.

По материалам исследований и производственных испытаний установлено, что для данной модели ленточнопильных станков диапазон регулирования угла разворота верхнего шкива не выходил за пределы от 5 до 15'. Большого разворота требовали пилы, имеющие высокую степень вальцевания (стрела прогиба  $f = 0,24 \dots 0,29$  мм), что приводило к более значительным поперечным искривлениям полотна в зоне резания (рис. 2), особенно при износе ободов пильных шкивов.

Многолетние наблюдения за эксплуатацией ленточных пил дали возможность установить, что при оптимальном напряженном состоянии пил и их плоскостности в зоне резания (между направляющими) практически нет простоев оборудования из-за зарезания пил и появления брака. При значительном износе ободов пильных шкивов и увеличении их первоначальной выпуклости пилы в зоне резания также приобретают выпуклость, и это искривление поперечного сечения полотна в зоне резания вызывает брак — появление волнистого пропила.

Разворотом верхнего пильного шкива в направлении вектора скорости подачи  $u$  удастся несколько исправить это искривление поперечного сечения полотна за счет его упругого распрямления и обеспечить

сведение к минимуму угла ориентации передней грани зубьев пилы  $\Delta\alpha$  (рис. 2) по отношению к вектору скорости подачи  $u$ . Это создаст условия для устранения волнистого пропила.

В данном случае не важно, по какой поверхности — винтовой или более сложной — движется полотно пилы, а важно, чтобы в зоне резания древесины эта поверхность деформировалась на плоскую, единственно допустимую для нормального процесса распиловки. Этому способствует разворот верхнего шкива в направлении вектора скорости подачи, обеспечивающий повышение поперечной жесткости и устойчивости пилы и упругое распрямление полотна пилы в зоне резания.

### Выводы

1. Механизм разворота верхнего пильного шкива необходим в конструкциях современных ленточнопильных станков как эффективное средство повышения работоспособности ленточных пил.

2. При наличии неизбежных погрешностей в техническом состоянии ленточнопильных станков и изменений в напряженном состоянии используемых ленточных пил регулирование угла разворота верхнего шкива достаточно в диапазоне  $5 \dots 25'$ .

3. Разворот верхнего пильного шкива обеспечивает повышение устойчивости и поперечной жесткости ленточных пил и способен создать в момент врезания в древесину оптимальную ориентацию передней грани зубьев по отношению к вектору скорости подачи распиливаемого пиломатериала.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 326050 СССР, МКл. В 27в 13/04. Прибор для измерения угла наклона шкивов ленточнопильных станков / Ю. И. Юрьев, В. И. Веселков (СССР).— № 1451945/29—33; Заявлено 23.06.70; Опубл. 19.01.72, Бюл. № 4 // Открытия. Изобретения.— 1972.— № 4.— С. 43. [2]. Веселков В. И. Исследование условий формирования напряженного состояния делительных ленточных пил методом вальцевания: Дис... канд. техн. наук.— Л., 1971.— 187 с. [3]. Веселков В. И., Веселкова Б. А. Особенности влияния наклона пильных шкивов ленточнопильных станков на напряженное состояние и устойчивость ленточных пил // Лесн. журн.— 1982.— № 3.— С. 79—83. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Веселкова Б. А. Решение задачи об устойчивости плоской формы изгиба ленточных пил // Вопросы резания, надежности и долговечности дереворежущих инструментов и машин: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1977.— Вып. 4.— С. 39—41. [5]. Власов В. З. Тонкостенные упругие стержни.— М.: Госфизматиздат, 1959.— 566 с. [6]. Трухин Э. В. Исследование устойчивости ленточных пил в зависимости от основных технологических и конструктивных факторов: Автореф. дис... канд. техн. наук.— М., 1975.— 28 с. [7]. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки.— М.: Лесн. пром-сть, 1976.— 151 с.

Поступила 4 мая 1987 г.

УДК 674.815-41

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНО-КЛЕЕВОЙ ПРЕССМАССЫ

А. Н. ОБЛИВИН, С. З. САГАЛЬ, В. В. КОРОТКИЙ, А. И. ПОЖИТОК

Украинское научно-производственное деревообрабатывающее объединение  
Московский лесотехнический институт

Композиционные материалы из древесно-клеевой смеси представляют собой анизотропное, полидисперсное капиллярно-пористое тело, получаемое в процессе горячего прессования, которое сопровождается интенсифицированным тепло-массообменом между консолидируемым брикетом, плитами пресса и окружающей средой.

Расчет процессов тепло- и массообмена в капиллярно-пористых телах предусматривает наличие методов определения их гидродинамических характеристик. В работе [2] были предложены методы, основанные на законе Дарси либо двучленном уравнении фильтрации и описывающие течение газа в пористых средах при числах  $K_n < 10^{-2}$  (здесь  $K_n$  — критерий Кнудсена). Однако указанные уравнения неправомерны при фильтрации газа в диапазоне  $10^{-2} < K_n < 1$ , в связи с существенным влиянием на процесс течения эффекта скольжения на границе раздела двух сред [8].

Существующие для режима течения со скольжением полуэмпирические зависимости основаны на суммировании молярного и молекулярного потоков, что не отражает физическую суть процесса и служит лишь методом обработки экспериментальных данных [11].

Задача настоящей работы — нахождение зависимости, описывающей течение газов в анизотропных микропористых материалах с учетом эффекта скольжения на поверхности пор.

Для получения математической модели процесса используем уравнение Навье — Стокса с учетом изменения граничных условий, предусматривающих отличное от нуля значение скорости газа на поверхности пор. Применение уравнения газодинамики сплошной среды для описания режима течения со скольжением обосновано тем, что скорость потока газа в микропористых средах соответствует числам Маха  $M \ll 1$  [4].

Согласно уравнению Навье — Стокса, единичный объем газа движется равномерно под действием приложенных к нему сил, если их равнодействующая постоянна по величине и направлению. В случае течения газа в капиллярно-пористых телах при  $10^{-2} < K_n < 1$  внешняя сила трения принимает конечное значение [3], а уравнение Навье — Стокса имеет вид:

$$\frac{\rho D\vec{v}}{dt} = \rho \vec{g} - \nabla \vec{p} + \mu_v \nabla^2 \vec{v} - \vec{\tau}_n, \quad (1)$$

где

$D$  — полный дифференциал;

$\rho$  — плотность,  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ;

$\vec{v}$  — средняя скорость движения газа в капилляре,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ ;

$\tau$  — время, с;

$g$  — ускорение свободного падения,  $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$ ;

$p$  — давление, Па;

$\mu_v$  — динамическая вязкость газа,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;

$\vec{\tau}_n = \mu_n \frac{\vec{v}}{R_s}$  — внешняя сила трения, действующая на единичный объем газа,  $\text{Н} \cdot \text{м}^{-3}$  (здесь  $\mu_n$  — коэффициент внешнего трения,  $\text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{м}^{-1}$ ;  $R_s$  — газовая постоянная,  $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1} \text{К}^{-1}$ ).

Считая, что движение происходит стационарно, и пренебрегая потерями давления за счет изменения уровня, определим:

$$\rho (\nabla \vec{v}) \vec{v} = - \nabla \vec{p} + \mu_v \nabla^2 \vec{v} - \vec{\tau}_n. \quad (2)$$

Усреднив входящие в полученное уравнение члены по сечению тока, найдем выражение для потерь давления при течении жидкости через однородное пористое тело:

$$\frac{dp}{dx} = \langle \mu_v \nabla^2 \vec{v} \rangle - \langle \rho (\nabla \vec{v}) \vec{v} \rangle - \langle \vec{\tau}_n \rangle. \quad (3)$$

Допуская, что поток газа через пористое тело состоит из ряда элементарных трубок тока, для которых градиенты скорости и первые производные будут порядка  $\frac{v}{R}$ , а вторые производные  $\frac{v}{R^2}$ , получим:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{k_0}{R_s^2} \mu_v v + \frac{k_x}{R_s} \rho v^2 - \frac{k_0}{R_s} \mu_n v. \quad (4)$$

Здесь  $k_0, k_x$  — коэффициенты формы пор.

С учетом соотношений

$$v = \frac{v_\phi k_n}{\Pi_3}; \quad (5) \quad v = \xi \langle v_m \rangle; \quad (6)$$

$$\frac{\mu_v}{\mu_n} = 0,998 \frac{2-\sigma}{\sigma} \lambda; \quad (7) \quad q_m = \rho v_\phi, \quad (8)$$

найдем

$$\rho \frac{dp}{dx} = \frac{k_0 k_n}{R_s^2 \Pi_3} \mu_v q_m + \frac{k_x k_n^2}{R_s \Pi_3^2} q_m^2 - \frac{\sigma}{2(2-\sigma)} \frac{k_0 k_n^2}{\xi R_s \Pi_3^2} q_m^2. \quad (9)$$

В формулах (5) — (9) обозначено:

$v_\phi$  — скорость фильтрации, м · с<sup>-1</sup>;

$k_n$  — коэффициент извилистости порового канала;

$\Pi_3$  — эффективная пористость;

$\xi$  — коэффициент пропорциональности;

$\langle v_m \rangle$  — средняя скорость молекул газа, м · с<sup>-1</sup>;

$\sigma$  — коэффициент передачи импульса;

$q_m$  — удельный массовый расход, кг · м<sup>-2</sup> · с<sup>-1</sup>;

$\lambda$  — длина свободного пробега молекул газа, м;

$R_s$  — гидравлический радиус, м.

Принтегрируем полученное уравнение по действительной длине движения газа

$$l_d = l k_n \quad (10)$$

(где  $l$  — высота пористого тела, м);

для случая изотермического течения и с учетом соотношения  $\rho = \frac{\langle p \rangle}{R_r T}$

(где  $R_r$  — газовая постоянная;  $T$  — температура, К) получим:

$$\frac{\Delta p \langle p \rangle}{R_r T l} = \alpha \mu_v q_m + \beta q_m^2 - \gamma q_m^2; \quad (11)$$

где

$$\alpha = \frac{k_0 k_n^2}{R_s^2 \Pi_3}; \quad (12) \quad \beta = \frac{k_x k_n^3}{R_s \Pi_3^2}; \quad (13)$$

$$\gamma = \frac{\sigma}{2(2-\sigma)} \frac{k_0 k_n^3}{\xi R_s \Pi_3^2}. \quad (14)$$

В формулах (11) — (14) введены следующие обозначения:

$\alpha$  — коэффициент вязкостного сопротивления, м<sup>-2</sup>;

$\beta$  — коэффициент инерционного сопротивления, м<sup>-1</sup>;

$\gamma$  — коэффициент молекулярного сопротивления, м<sup>-1</sup>.

Анализируя уравнение (11), можно сделать вывод, что первый член характеризует потери давления на преодоление сил вязкости, а второй — сил инерции потока; третий член равенства показывает, что при фильтрации в микропористых средах происходит снижение потерь

давления, по сравнению с расчетными, если использовать закон Дарси либо двухчленное уравнение фильтрации. Указанный эффект отмечался ранее в работе [6] как следствие скольжения газа вдоль поверхности капилляров.

Однако экспериментально выделить потери давления, связанные с инерцией потока и скольжением, не представляется возможным, поэтому уравнение (11) приводим к виду:

$$\frac{\Delta p < p >}{R_r T l} = \alpha \mu_v q_m + \delta q_m^2, \quad (15)$$

где  $\delta$  — структурный коэффициент сопротивления,  $m^{-1}$ ;

$$\delta = \beta - \gamma. \quad (16)$$

Подставив в уравнения (12) — (14) значение гидравлического радиуса, полученное в работе [5] для сжатого по высоте слоя эллипсоидообразных частиц, получим уравнение потерь давления при фильтрации газа в деформированном пористом композиционном материале, с учетом скольжения газа на границе двух сред:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta p < p >}{R_r T l} = & k_1 \frac{k_{\text{эк}}^2 (1 - \Pi_3)^2}{\Pi_3^3} \left( \sum_{i=1}^3 1/r_{oi} \right)^2 \varepsilon^2 \times \\ & \times (\Phi(r_{oi}, \alpha_{oi}))^2 \mu_v q_m + k_2 \frac{k_{\text{эк}} (1 - \Pi_3)}{\Pi_3^3} \sum_{i=1}^3 1/r_{oi} \varepsilon \Phi(r_{oi}, \alpha_{oi}) q_m^2, \end{aligned} \quad (17)$$

где  $k_1 = \frac{k_0 k_n^2}{4A^3}; \quad (18) \quad k_2 = \frac{k_n k_n^3}{2A}; \quad (19)$

$k_3 = \frac{\sigma}{4(2-\sigma)} \frac{k_0 k_n^3}{A^3}; \quad (20) \quad k_0 = k_2 - k_3. \quad (21)$

В формулах (17) — (21) обозначено:

$k_{\text{эк}}$  — коэффициент экранировки частиц;

$r_{oi}$  — максимальные размеры полуосей частицы, м;

$\Phi(r_{oi}, \alpha_{oi})$  — функция, характеризующая характер анизотропии материала;

$\varepsilon$  — параметр структуры слоя частиц;

$A$  — постоянная, характеризующая форму частиц;

$k_1, k_2, k_3, k_0, k_0'$  — постоянные гидродинамические коэффициенты.

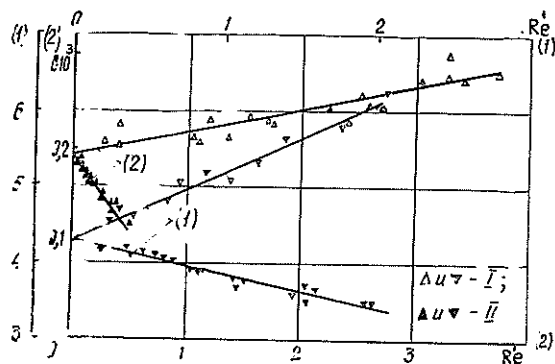


Рис. 1. Зависимость  $C = f(Re')$  для древолита  $\rho = 697 \dots 1140 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; (1) и (2) — фильтрация соответственно перпендикулярно и параллельно пласти; I —  $K_n < 10^{-2}$ ; II —  $K_n > 10^{-2}$

Коэффициенты  $k_1$  и  $k_0$  постоянны для данного материала (см. таблицу); путем обработки экспериментальных результатов их определяют по уравнению (рис. 1):

$$C = k_1 + k_0 \text{Re}', \quad (22)$$

где 
$$C = \frac{\Delta p \langle p \rangle}{R_r T l \mu_B q m} \frac{\Pi_3^3}{k_{\text{ЭК}}^2 (1 - \Pi_3)^2} \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^3 1/r_{0i}\right)^2} \frac{1}{\varepsilon^2} \frac{1}{(\Phi(r_{0i}, \alpha_{0i}))^2}; \quad (23)$$

$$\text{Re}' = \frac{q m}{\mu_B} \frac{1}{k_{\text{ЭК}} (1 - \Pi_3)} \frac{1}{\sum_{i=1}^3 1/r_{0i}} \frac{1}{\varepsilon} \frac{1}{\Phi(r_{0i}, \alpha_{0i})}. \quad (24)$$

Материал	Направление фильтрации	$k_1$		$k_0$		Источники литературных данных
		$k_1'$ Кп <math>\leq 10^{-2}</math>	$k_1''$ Кп > <math&gt;10^{-2}&lt; math&gt;<="" th=""> <th><math>k_0'</math> Кп &lt;math&gt;\leq 10^{-2}&lt;/math&gt;</th> <th><math>k_0''</math> Кп &gt; <math&gt;10^{-2}&lt; math&gt;<="" th=""> </math&gt;10^{-2}&lt;></th></math&gt;10^{-2}&lt;>	$k_0'$ Кп <math>\leq 10^{-2}</math>	$k_0''$ Кп > <math&gt;10^{-2}&lt; math&gt;<="" th=""> </math&gt;10^{-2}&lt;>	
Древолит	перпендикулярно пласти	4351,99	4361,6	123,66	433,49	Данные авторов [2]
	параллельно пласти	192,85	192,76	24,59	136,37	
Древесно-стружечный пакет	перпендикулярно пласти	886	—	12,42	—	—
	параллельно пласти	1,71	—	1,02	—	

Гидродинамическое сопротивление как функцию числа Re (где Re — критерий Рейнольдса), получим после соответствующих преобразований уравнения (11) для  $\text{Кп} < 10^{-2}$ ,  $\text{Re} > 10^{-1}$ :

$$f = \frac{1}{\text{Re}} + 1, \quad (25)$$

где 
$$f = \frac{\Delta p \langle p \rangle}{R_r T l \mu_B q_m^2}; \quad (26)$$

$$\text{Re} = \frac{\delta q m}{a \mu_B}; \quad (27)$$

$$\text{Кп} = \frac{\lambda}{d_3}; \quad (28)$$

$$d_3 = k_s R_s; \quad (29)$$

$$k_s = \frac{k_0'}{2k_1 A l \Pi_3}. \quad (30)$$

В формулах (25) — (30) введены обозначения:

- $f$  — гидродинамический коэффициент сопротивления;
- $d_3$  — эффективный диаметр пор, м;
- $k_s$  — коэффициент соотношения между  $R_s$  и  $d_3$ .

Исходя из соотношения  $\text{Кп} \approx \frac{M}{\text{Re}}$  [4], а также учитывая, что диапазон исследуемых скоростей потока в микропористых материалах соответствует  $10^{-4} < M < 10^{-2}$ , то при  $10^{-2} < \text{Кп} < 1$  режим течения со скольжением ограничен  $\text{Re} < 1$ .

Для указанных выше условий коэффициент гидродинамического сопротивления определим из уравнения

$$f = \frac{1}{\text{Re}} - 1, \quad (31)$$

а в интервале чисел  $10^{-2} < \text{Kn} < 1$ ,  $\text{Re} > 1$ , согласно данным работы [1]:

$$f = \frac{a}{\text{Re}}. \quad (32)$$

Здесь  $a$  — эмпирический коэффициент.

Экспериментальные исследования проводили на установке, включающей систему подачи и контроля параметров рабочего агента, измерительной аппаратуры и рабочей камеры. Образцы пористых композиционных материалов продували азотом в направлениях, перпендикулярном и параллельном пласти, в стационарных условиях. Изготавливали образцы из древолита плотностью  $\rho = 600 \dots 1200 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ , древесины различных пород и пористой керамики.

Представленные на рис. 2 расходные характеристики для древолита различной плотности качественно отличны по виду.

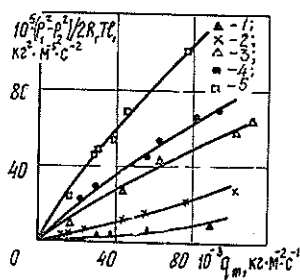


Рис. 2. Зависимость перепада давления от расхода азота на образцах из древолита при фильтрации перпендикулярно пласти (кривые — расчет по формулам, точки — эксперимент): 1 —  $\rho = 697 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$ ; 2 — 768; 3 — 916; 4 — 934; 5 — 1026  $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$

Существующие на данный момент мнения по поводу изменения формы расходной характеристики весьма противоречивы. Некоторые авторы считают это следствием неустановившегося режима фильтрации либо относят изменение формы расходной характеристики за счет изменения проницаемости и вязкости от давления [10]. Другие же авторы, не придавая значения указанному явлению, используют экспериментально полученные коэффициенты гидродинамического сопротивления для определения характерного размера пор. В результате получен противоречивый вывод [9] об их увеличении при деформации (сжатии) пористого композиционного материала.

Анализ расходных характеристик свидетельствует о том, что их вид зависит от режима фильтрации. При числах  $\text{Kn} < 10^{-2}$  в потоке преобладают силы инерции, а влияние эффекта скольжения несущественно. Тогда в уравнениях (15), (17) перед вторым членом будет стоять знак «+», а расходная характеристика обращена выпуклостью к оси расхода.

Если  $10^{-2} < \text{Kn} < 1$ ,  $\text{Re} < 1$ , то в потоке существенно влияние эффекта скольжения, и расходная характеристика меняет свой вид: выпуклостью к оси ординат, а перед вторым членом появляется знак «—», что подтверждается в результате обработки экспериментальных данных по уравнению (22).

Анализируя уравнение (31) (рис. 3), можно сделать вывод, что в микропористых средах при  $10^{-2} < \text{Kn} < 1$  и  $\text{Re} < 1$  гидродинамическое сопротивление уменьшается вследствие скольжения газа на поверхности капилляров, поэтому использование двучленного уравнения фильтрации либо закона Дарси и соответствующих им критериальных зависимостей (25), в указанных диапазонах чисел  $\text{Kn}$  и  $\text{Re}$ , приводит к существенным погрешностям.



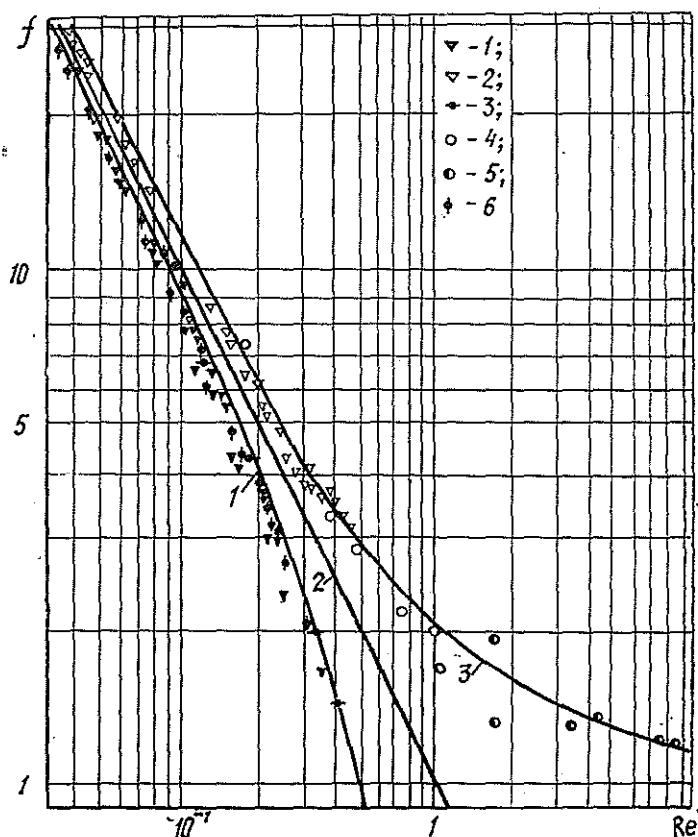


Рис. 3. Гидродинамическое сопротивление капиллярно-пористых тел (кривая 1 — расчет по уравнению  $f = \frac{1}{Re} - 1$ ; кривая 2 —  $f = \frac{1}{Re}$ ; кривая 3 —  $f = \frac{1}{Re} + 1$ ): 1 — древолит,  $\rho = 800 \dots 1200$  кг · м<sup>-3</sup>; 2 — древолит,  $\rho = 600 \dots 800$  кг · м<sup>-3</sup>; 3 — древесина березы; 4 — пористая шамотно-силикатная керамика, пористость 0,25...0,35; 5 — древесностружечный пакет, данные [2]; 6 — древесина березы, липы, бука, данные [7]

В ряде работ [6, 12] отмечено снижение гидродинамического сопротивления, за счет действия эффекта скольжения газа на границе раздела двух сред, как для внутренней, так и для внешней задач газодинамики.

Экспериментальные данные (рис. 1—3) удовлетворительно совпадают с расчетными, полученными по уравнениям (17), (22), (25), (31).

Таким образом, нами получены выражения для аналитического определения гидродинамических характеристик композиционных пористых материалов в широком диапазоне чисел Re и Кп. Представленные в работе уравнения могут быть использованы для расчетов процессов теплообмена при горячем прессовании, а также расчетов технологического оборудования, позволяющего регулировать парогазовое давление внутри древесностружечного пакета.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Белов С. В. Пористые металлы в машиностроении.—М.: Машиностроение, 1976.—184 с. [2]. Воскресенский А. К., Обливин А. Н., Сагаль С. З. Гидродинамические характеристики пористых тел // Вопросы теплопередачи: Науч. тр. МЛТИ, 1981.—Вып. 130.—С. 5—21. [3]. Голубев И. Ф. Вязкость газов и газовых смесей.—М.: Физматгиздат, 1959.—375 с. [4]. Гухман А. А. Применение теории подобия к исследованию процессов тепло-массообмена.—М.: Высш. школа, 1974.—327 с. [5]. Короткий В. В., Сагаль С. З. Определение структурных характеристик древесностружечного пакета // Технология древесных плит и пластиков: Науч. тр. МЛТИ, 1986.—Вып. 179.—С. 23—27. [6]. Лыков А. В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах.—М.: Гостехиздат, 1954. [7]. Оснач Н. А. Проницаемость и проводимость древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1964.—184 с. [8]. Прасолов Р. С. Массо- и теплоперенос в топочных устройствах.—М.; Л.: Энергия, 1964.—236 с. [9]. Пустогаров А. В. и др. Исследование проницаемости деформированных пористых металлов // Порошковая металлургия.—1978.—№ 4.—С. 30—33. [10]. Чарный И. А. Подземная гидрогазодинамика.—М.: Гостоптехиздат, 1963.—396 с. [11]. Adzumi H. // Bull. Chem. Soc. (Japan).—1937.—12.—304. [12]. Tsien H. // Journ. of the Aeronaut. Scien.—1946.—13.—N 12.

Поступила 3 августа 1987 г.

УДК 674.093.2

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОБЪЕМНОГО ВЫХОДА ОБРЕЗНЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

В. С. ШАЛАЕВ

Московский лесотехнический институт

Традиционные рекомендации по сортировке и учету пиловочного сырья предполагают составление и расчет поставок для распиловки бревен четных диаметров. Результаты исследований, выполненные в ряде вузов, в том числе в Московском лесотехническом институте, обосновывают целесообразность сортировки бревен на группы в зависимости от размеров вырабатываемых досок. В этом случае расчет поставок будет выполняться для различных, «плавающих» размеров диаметров бревен, что затрудняет использование традиционных методов.

При определении выхода пиломатериалов обычно пользуются формулой, включающей отношение объема получаемой продукции к объему затраченного на ее выработку сырья. Объем сырья при расчете конкретного постава определяется по таблицам объемов круглых лесоматериалов из ГОСТ 2708—75. Использование табличных значений объемов при расчете поставок для бревен различных, необязательно четных, диаметров приведет к значительным погрешностям.

Для их устранения и упрощения реализации на ЭВМ расчета поставок можно пользоваться формулой [1]

$$V_6 = (0,87L + 0,01L^2)(d + 0,0001L^2)^2 + 0,00002L^3, \quad (1)$$

где  $V_6$  — объем бревна, м<sup>3</sup>;

$L$  — длина бревна, м;

$d$  — диаметр в вершинной части бревна, м.

Формула (1) была выведена интерполированием функции  $V_6 = V(d, L)$  с помощью полиномов Лагранжа — Ньютона. Отклонение значений объемов пиловочных бревен по формуле (1) от стандартных (по ГОСТ 2708—75) не превышает 5%. Однако, как известно, интерполирование не всегда дает удовлетворительное решение задачи о приближении функции с заданной точностью на данном отрезке, так как совпадение искомой функции  $V_6 = F(x)$  с полиномом  $V_6 = f(x)$  даже в близких

точках-узлах интерполяции не гарантирует минимума величины  $|F(x) - f(x)|$  на отрезке, находящемся между этими точками.

Меньшие отклонения от стандартных значений дает полученное нами выражение

$$V_6 = L(0,9225 - 0,0034L) d^{2,0329 - 0,0234L}, \quad (2)$$

которое в большей мере, чем полином (1), отражает зависимость объема бревен от их диаметра и длины.

Использование в расчетах аналитических выражений  $V_6 = f(d)$  позволяет с большей степенью точности вычислять показатель выхода и учитывать динамику изменения объема бревен в диапазоне изменения их диаметров. Тогда выход  $P$ , %, следует определять по формуле

$$P = \frac{V_{\Pi}(d_2 - d_1)}{\int_{d_1}^{d_2} f(x) dx} 100, \quad (3)$$

где  $V_{\Pi}$  — объем вырабатываемых по поставу пиломатериалов, м<sup>3</sup>;  
 $d_1, d_2$  — соответственно наименьшее и наибольшее граничные значения диаметров бревен, распиливаемых по данному поставу, м;  
 $x$  — диаметр в вершинной части бревна.

В расчетах необходимо также учитывать различную встречаемость бревен в группе по их диаметру в вершинной части. Если известен закон распределения бревен по диаметру и, в частности, плотность вероятности  $\varphi(x)$ , то выход, %, следует определять по формуле:

$$P = V_{\Pi} \frac{\int_{d_1}^{d_2} \varphi(x) dx}{\int_{d_1}^{d_2} f(x) \varphi(x) dx} 100. \quad (4)$$

Принято считать, что распределение пиловочных бревен по диаметру в вершинной части описывается усеченным логарифмически нормальным (логнормальным) законом. В этом случае плотность распределения

$$\varphi(x) = \begin{cases} 0 & (-\infty < x < X_1) \\ \frac{A}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln x - \bar{X})^2}{2\sigma^2}} & (X_1 \leq x < \infty), \end{cases} \quad (5)$$

где  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $A$  — статистические характеристики логнормального распределения;

$X_1$  — координата усечения распределения по оси  $x$ .

Анализ распределений бревен по диаметрам [2] позволил установить их статистические характеристики  $\bar{X}$ ,  $\sigma$ ,  $A$ . Подстановка конкретных значений этих характеристик в формулу (5) позволяет оценить  $\varphi(x)$ , после чего для определения выхода пиломатериалов необходимо знать лишь  $V_{\Pi}$ .

При определении объема вырабатываемых по поставу пиломатериалов также следует учитывать границы сортировочных групп распиливаемых бревен, различную встречаемость бревен в группе по их диаметру. Для боковых досок необходимо учитывать и явление рассеивания размеров их по ширине и длине.

При сортировке сырья в соответствии с размерами досок, вырабатываемых в пределах пласти бруса (как правило, толстых), их объем

не будет зависеть от диаметров бревен. Поэтому интегральный показатель объемного выхода толстых досок следует определять непосредственно по формуле (4).

Оптимальные размеры по ширине и длине боковых досок, расположенных на определенном расстоянии  $a$  от центра постова, будут увеличиваться соответственно от величин  $b_1, l_1$  для досок, получаемых из бревен диаметром  $d_1$ , до  $b_2, l_2$  для досок из бревен диаметром  $d_2$ . Соответственно возрастает их объем от  $V_{n1}$  до  $V_{n2}$ . Интегральный объем боковой доски,  $m^3$ , следует определять по формуле

$$V_{\Pi} = \frac{V_{n1} \int_{d_1}^{d_{11}} \varphi(x) dx + V_{11} \int_{d_{11}}^{d_{12}} \varphi(x) dx + \dots + V_{n2} \int_{d_{1n}}^{d_2} \varphi(x) dx}{\int_{d_1}^{d_2} \varphi(x) dx}, \quad (6)$$

где  $V_{11}, V_{12}, \dots, V_{1i}$  промежуточные (между  $V_{n1}$  и  $V_{n2}$ ) значения объемов обрезных досок оптимальных размеров, вырабатываемых из бревен диаметром  $d_{11}, d_{12}, \dots, d_{1i}$ .

Промежуточные (между  $d_1$  и  $d_2$ ) диаметры бревен, см, вычисляют, в соответствии с известными выводами теории максимальных поставов [3, 4], по выражению

$$d_{1i} = \sqrt{(b_{1i} + \Delta b_{1i})^2 + 4a^2}, \quad (7)$$

если доска находится в пределах пифагорической зоны, и по уравнению

$$d_{1i} = \sqrt{(b_{1i} + \Delta b_{1i})^2 \left( \frac{3l_{1i} - 2L}{l_{1i}} \right) + 4a^2}, \quad (8)$$

если доска находится в параболической зоне.

В формулах (7), (8)  $b_{1i}, l_{1i}$  — промежуточные (между  $b_1, l_1$  и  $b_2, l_2$ ) значения оптимальных размеров обрезных досок, вырабатываемых из бревен рассматриваемой группы на расстоянии  $a$  от центра постова. Размеры досок по ширине и длине номинальны. Усушка доски по ширине обозначена как  $\Delta b_{1i}$ .

Интегральный показатель объемного выхода боковой доски можно определить по формуле

$$P = \frac{V_{n1} \int_{d_1}^{d_{11}} \varphi(x) dx + \dots + V_{n2} \int_{d_{1n}}^{d_2} \varphi(x) dx}{\int_{d_1}^{d_2} f(x) \varphi(x) dx} 100 \%. \quad (9)$$

Фактический объемный выход пиломатериалов, как правило, на 2...3 % меньше определяемого традиционным способом при расчете поставов. Эти расхождения появляются потому, что в расчетах не всегда в должной мере удается учесть рассеивание значений сбега, погрешности распиловки, качество сырья, а также различную встречаемость бревен в группе по их диаметру и другие факторы. Использование формул (3), (4), (9) обеспечит получение более достоверных результатов при составлении и расчете поставов для распиловки бревен, при составлении и расчете планов раскроя. Определение выхода пиломатериалов не вызывает существенных трудностей, особенно при использовании вычислительной техники.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Зильберман М. Н., Попов М. А. Интерпретация таблиц объемов круглых лесоматериалов ГОСТ 2708—75 функцией двух переменных // Автоматизация и механизация деревообрабатывающих производств.—Л.: ЛТА, 1968.—Вып. 106.—С. 70—82. [2]. Кулиш В. Г., Коротков С. С. Распределение пиловочных бревен по диаметрам // Совершенствование технологии и оборудования лесопильного производства.—Архангельск, 1981.—С. 10—14. [3]. Фельдман Х. Л. Система максимальных поставок на распиловку.—М.; Л.: Гослестехиздат, 1932.—276 с. [4]. Шапиро Д. Ф. Лесопильно-строгальное производство.—М.: Гослестехиздат, 1935.—508 с.

---

Поступила 3 декабря 1987 г.

ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 676.1.023.1

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОКСИКИСЛОТ,  
ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ОТРАБОТАННОГО ОТБЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Т. А. ТУМАНОВА, В. А. ЧАСОВЕННАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

В процессе отбелки технических целлюлоз отбелочными реагентами образуется сложная смесь органических веществ, относящихся к группам нейтральных веществ, кислот, фенолов, оксикислот, углеводов.

Для разделения органической части отбелочных растворов мы использовали методику, приведенную в работе [1]. Выделенные группы требуют идентификации. В данной статье приведена методика идентификации оксикислот с целью их количественного определения в растворах, которые содержат другие органические группы. Разделение таких сложных смесей возможно только методами хроматографии. Нами использован метод жидкостной, колоночной и тонкослойной хроматографии [2].

В качестве хроматографической колонки использовали стеклянную трубку диаметром 10...15 мм, высотой 300...500 см. Колонку заполняли силикагелем. Предварительно проводили подготовку силикагеля. Силикагель заливали 10 н. раствором соляной кислоты и периодически перемешивали. Через сутки кислоту сливали, силикагель промывали водой и сушили в тонком слое в течение 8...10 ч при 150 °С. В фарфоровую чашку помещали 10...12 г сухого силикагеля, добавляли 10...15 мл воды и перемешивали. Затем увлажненный силикагель заливали хлороформом и небольшими порциями переносили в колонку. Слой сорбента должен быть покрыт жидкостью.

Необходимые реактивы: силикагель марки 100/160, хлороформ, бутиловый спирт, этиловый спирт, аммиак 26 %-й, раствор едкого натра 0,02 м. Индикаторы: бромтимоловый пурпуровый, бромкрезоловый зеленый.

Методика анализа. Навеску анализируемой смеси оксикислот (0,1...0,2 г) растворяли в хлороформе и вносили в хроматографическую колонку. После впитывания раствора в силикагель стенки колонки промывали небольшим количеством хлороформа. Колонку промывали смесью растворителей. Скорость истечения жидкости из колонки — около 1 мл/мин. Жидкость отбирали в мерные пробирки по 5 мл, переносили в конические колбочки на 100 мл и титровали 0,02 м раствором NaOH с индикатором бромкрезоловым пурпуровым.

Порядок приливания растворителей приведен в табл. 1.

Результаты анализа представлены в табл. 2 и на рис. 1, 2.

Таблица 1

Таблица 2

Анализ модельной смеси оксикислот					
Растворитель X : Б (хлороформ : бутанол)	Вымываемая кислота	Кислоты в модельной смеси	Растворитель X : Б	Внесено в колонку, г	Определено после разделения, г
90 : 10	Миндальная,	Миндальная	90 : 10	0,0234	0,0210
	молочная	Молочная	90 : 10	0,0870	0,0808
80 : 20	Гликолевая	Гликолевая	80 : 20	0,0560	0,0571
70 : 30	Глюконовая	Глюконовая	70 : 30	—	0,0340
60 : 40	Яблочная	Яблочная	60 : 40	0,0331	0,0318
30 : 70	Винная	Винная	20 : 80	0,0701	0,0696
50 : 50	Лимонная	Лимонная	50 : 50	0,0672	0,0654

Количественно содержание фракции определяли по общему объему NaOH, пошедшего на титрование всей фракции той или иной кислоты. Идентификацию кислот осуществляли с помощью тонкослойной хроматографии на пластинах «Silufol». Система растворителей — этиловый спирт (96 %-й): аммиак (25 %-й): вода в соотношении 100 : 16 : 12. Обнаружение осуществляли в парах йода и опрыскиванием 0,4 %-м раствором бромкрезолового зеленого в 95 %-м этиловом спирте [3].

Предварительно были установлены значения  $R_f \cdot 100^*$  для индивидуальных кислот: миндальная — 90, молочная — 75, гликолевая — 10, винная — 15, лимонная — 3—5.

Для проверки разработанной методики была приготовлена искусственная смесь из оксикислот и проведено разделение и идентификация этих кислот на хроматографической колонке.

После проведения анализа колонку с силикагелем промывали растворителями (объем 5...10 мл) в порядке убывания растворителя по объему бутанола; последняя порция для промывания — хлороформ (25...30 мл). Промытая колонка с силикагелем готова для проведения следующего анализа.

В табл. 2 приведены результаты разделения модельной смеси оксикислот методом колоночной хроматографии, на рис. 1 — идентификация этих кислот тонкослойной хроматографией.

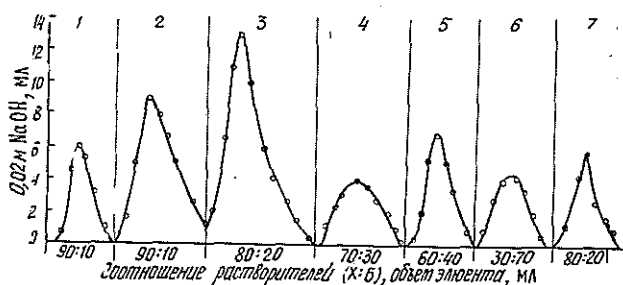


Рис. 1. Хроматограмма модельной смеси оксикислот: 1 — миндальная; 2 — молочная; 3 — гликолевая; 4 — глюконовая; 5 — яблочная; 6 — винная; 7 — лимонная

По разработанной методике были определены оксикислоты в отработанных отбелных растворах. Предварительно органическая часть этих растворов выделена по методике [1].

Аналізу подвергали растворы небеленой сульфатной целлюлозы из древесины лиственных пород (образцы 2, 3), хвойных пород (образец 1) после обработки различными окислителями (табл. 3) и производственный отработанный отбелный раствор Архангельского ЦБК (степень отбелки (4) —  $\text{ClO}_2$ ).

Таблица 3

Режим обработки  
небеленой сульфатной целлюлозы

Но- мер об- раз- ца	Окисли- тель	pH	Темпе- ратура, °C
1	$\text{NaClO}_2$	3,5	70
2	$\text{Cl}_2$	2—3	25
3	$\text{H}_2\text{O}_2$	11	70

Примечание. Продолжительность обработки во всех случаях — 60 мин, расход окислителя — 2 %.

\*  $R_f$  — отношение расстояния центра пятна от точки старта к расстоянию фронта растворителя от старта.

Таблица 4

Результаты разделения смеси оксикислот  
методом колоночной хроматографии

Но- мер об- раз- ца	Внесе- но в ко- лонку смеси окси- кислот, г	Определено кислот, г					Обна- ружено кислот, г
		Мин- даль- ная	Гли- коле- вая	Глюко- новая	Ли- мон- ная	Яб- лоч- ная	
1	0,0530	0,0146	Нет	0,0342	0,0134	Нет	0,0622
2	0,0286	Нет	0,0050	0,0085	0,0082	0,0070	0,0293
3	0,0255	»	0,0144	Нет	0,0098	Нет	0,0242
4	0,1530	»	0,0787	0,0418	0,0289	»	0,1494

Отбелку образцов 1—3 проводили в лабораторных условиях. Результаты анализа представлены в табл. 4 и на рис. 2, 3.

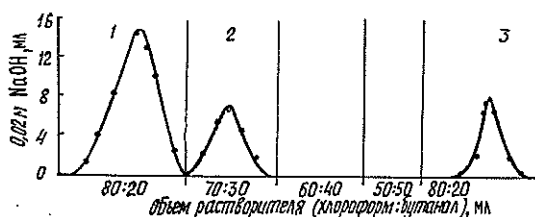


Рис. 2. Хроматограмма оксикислот, выделенных из отработанных отбелных растворов Архангельского ЦБК (степень  $\text{ClO}_2$ ): 1 — гликолевая; 2 — глюконовая; 3 — лимонная

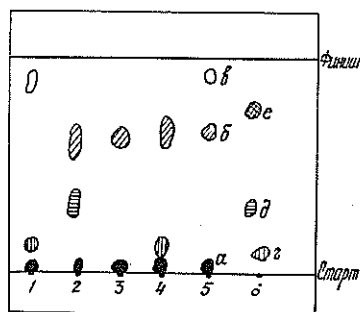


Рис. 3. Тонкослойная хроматограмма оксикислот отработанных отбелных растворов: хлорита (1), хлора (2), пероксида водорода (3), диоксида хлора (4), искусственной смеси (5, 6). Оксикислоты: а — лимонная; б — гликолевая; в — миндальная; г — глюконовая; д — яблочная; е — молочная

Во всех отработанных растворах небеленой сульфатной целлюлозы из лиственных пород древесины после обработки соединениями хлора обнаружены лимонная, гликолевая, глюконовая кислоты. После обработки пероксидом водорода этой же целлюлозы в растворах обнаружены гликолевая и лимонная кислоты. Миндальная кислота найдена только в отработанных растворах хлорида натрия.

В производственных растворах основная часть оксикислот приходится на гликолевую (около 50 %). Общее содержание оксикислот в этих растворах составляет 0,1530 г/л, или 15,3 кг на 1 т целлюлозы.

Таким образом, нами разработана методика выделения и идентификации группы оксикислот отработанных отбелных растворов, основанная на применении жидкостной и тонкослойной хроматографии. Методика проверена на индивидуальных смесях и отработанных отбелных фильзатах. Количественные и качественные характеристики оксикислот зависят от химической природы отбелного реагента. Определено содержание оксикислот в отработанных производственных растворах Архангельского ЦБК. Получены значения  $R_f$  для индивидуальных оксикислот. Эти данные могут быть использованы при анализе оксикислот.



## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Васильева А. В., Горохова В. Г., Асеева Н. И. Групповой химический состав черных щелоков химических стоков Байкальского ЦБЗ // *Химия древесины*.— 1976.— № 6.— С. 81—85. [2]. Реакции и методы исследования органических соединений: Сборник.— М.: Госхимиздат, 1951.— 310 с. [3]. Шталь Э. Хроматография в тонких слоях.— М.: Мир, 1965.— 508 с.

Поступила 24 августа 1987 г.

УДК 674.817-41

## ПРИМЕНЕНИЕ НАДУКСУСНОЙ КИСЛОТЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОВОЛОКНИСТЫХ ПЛИТ

Т. В. СУХАЯ

Белорусский технологический институт

В работе [8] приведены данные о положительном влиянии на качество древесноволокнистых плит (ДВП) мокрого способа производства обработки древесноволокнистой массы слабым раствором серной кислоты. При этом происходят легкий гидролиз гемицеллюлоз, расщепление лигноуглеводных связей и частичная деструкция лигнина с образованием активных функциональных групп, способных участвовать в реакциях поликонденсации.

О повышении активности лигнина древесины под действием серной кислоты говорилось и ранее [4, 5] применительно к процессу варки целлюлозы. Отмечено, что эффективность кислотной обработки древесины может быть усилена дополнительным воздействием окислителя, например, перекиси водорода.

Наши попытки реализовать активацию древесины смесью серной кислоты и перекиси водорода путем введения реагентов как в древесноволокнистую массу, так и в пропарочную камеру дефибратора не привели к успеху: дополнительного положительного эффекта не было получено, что объясняется, вероятно, известной высокой скоростью разложения перекиси водорода в кислой среде.

В Норвежском институте целлюлозы и бумаги [9] и Стокгольмском технологическом институте [11] были проведены исследования по изучению влияния различных окислительных реагентов на процессы получения и качество волокнистых полуфабрикатов. Отмечено повышение прочности и снижение расхода энергии на размол для термомеханической, дефибрерной и рафинерной массы при использовании надуксусной кислоты (НУК), двуокиси хлора и озона. Во всех случаях наилучшие результаты были получены с НУК. Известно [7], что НУК — специфический реагент на лигнин растительных тканей, вызывающий его размягчение, деструкцию и растворение даже в мягких условиях. НУК была использована [10] для выделения из древесины близкого природному лигнина. В настоящее время НУК широко применяют в исследовательской практике для препаративного выделения из древесины холоцеллюлозы [6]. Известен ряд работ [1, 3, 12] по получению технической целлюлозы при варке древесины, в особенности лиственных пород, с надкислотами.

В литературе мы не обнаружили данных о применении НУК при получении ДВП. В работе [3] показано, что НУК способна вызывать изменения в древесинном веществе, повышающие его реакционную способность. Это: расщепление арил-алкильных эфирных связей, окисление спиртовых гидроксильных групп с образованием альдегидов и кислот, реакции альдегидных и кетонных групп с образованием сложных эфиров,

раскрытие ароматического кольца и др. Каждый из перечисленных процессов может способствовать образованию прочного и водостойкого плитного материала. Это нашло подтверждение в проведенных нами исследованиях [2].

Надуксусную кислоту получали смешиванием эквимолярных количеств пергидроля и ледяной уксусной кислоты с добавлением к смеси 1 % концентрированной серной кислоты. Смесь выдерживали при температуре  $-5^{\circ}\text{C}$  в течение 48 ч и затем использовали для пропитки древесной щепы, идущей на изготовление ДВП. Образцы ДВП получали в цехе ДВП ПО Борисовдрев на полупромышленной установке польской фирмы Земак. Прессовали плиты в промышленном прессе ПР-10 М.

При проведении опытов щепу из древесины березы заливали растворами надуксусной кислоты разной концентрации, выдерживали в течение 1,5 ч при комнатной температуре и затем размалывали в лабораторной дефибраторной установке. Давление насыщенного пара при пропаривании щепы, продолжительность горячего прессования и размола щепы варьировали. Контрольными служили образцы, полученные аналогичным образом, но с пропиткой щепы водой. По окончании каждого из вариантов размола одну часть древесноволокнистой массы отбирали для анализа, другую заливали определенным количеством воды, перемешивали, затем жидкость декантировали и также анализировали. Оставшуюся массу разбавляли промышленной оборотной водой до концентрации 1,5 %, из нее отливали ковер и получали ДВП в прессе при температуре  $190^{\circ}\text{C}$ , удельном давлении 5,5 МПа в течение 7,5 мин. Готовые плиты подвергали термообработке в лабораторной камере при  $155^{\circ}\text{C}$  в течение 3 ч и затем кондиционировали до получения влажности около 6 %.

Физико-механические показатели плит определяли в соответствии с ГОСТ 19592—80. Результаты обработки березовой щепы водным раствором окислителя с расходом 1, 8 и 15 % (в пересчете на содержание НУК: 0,15; 0,96 и 1,8 %) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав древесноволокнистой массы и свойства плит из древесины, обработанной раствором надуксусной кислоты

Концентрация окислительного реагента, %	Содержание компонентов, %				Свойства ДВП*			
	Целлюлоза Кюршнера	Лигнин Класона	Вещества, экстрагируемые		Пендозаны	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %	Набухание, %
			спиртобензольной смеси	горячей водой				
0	45,4	22,0	6,4	2,8	21,5	27,0	59,8	44,0
1	45,9	21,2	7,0	3,3	20,8	32,5	37,0	28,9
8	46,2	19,5	6,0	5,4	20,0	36,4	30,0	27,3
15	46,6	16,4	9,6	4,9	19,3	41,4	30,4	20,6

\* Проклеивающие добавки не вводили.

Как видно из данных табл. 1, обработка древесной щепы водным раствором надуксусной кислоты существенно повышает показатели прочности и водостойкости ДВП, которые улучшаются практически вдвое при использовании раствора 15 %-й концентрации. Содержание целлюлозы в образцах (определенное методом Кюршнера) с ростом концентрации реагента не изменяется, лигнин же — значительно снижается, а экстрактивных веществ — увеличивается. Одновременно в полученных экстрактах закономерно возрастают содержание веществ, определяемых как лигнин, содержание углеводов и кислот (табл. 2). (Анализы выполнены по методикам, изложенным в работе [5]).

Из полученных данных, представленных в табл. 1, 2, следует, что применение надуксусной кислоты при получении ДВП вызывает существенную деструкцию и окисление лигнина и в некоторой степени — гемицеллюлоз.

Таблица 2  
Состав экстрактов из древесноволокнистой массы

Концентрация окислительного реагента, %	Содержание веществ, определяемых как лигнин, г/л	Содержание углеводов, г/л	Содержание кислот, г/л	Выход массы, %
0	0,3	0,9	0,9	90,4
1	0,4	1,2	1,1	89,9
8	0,6	1,8	1,9	89,3
15	0,8	2,9	2,3	88,2

Дальнейшие исследования показали, что минимальные значения концентрации и расхода окислительного реагента, достаточные для пропитки щепы при получении ДВП, составляют соответственно 0,5 и 4 % к абс. сухому веществу.

Окислительный реагент 0,5 %-й концентрации был введен также в пропарочную камеру лабораторного дефибратора. Условия пропаривания щепы изменяли, а условия размола оставляли постоянными. Из полученной древесноволокнистой массы также изготовляли плиты и анализировали вышеуказанным способом.

Данные анализов представлены в табл. 3.

Таблица 3  
Физико-механические показатели ДВП, полученных при введении НУК в пропарочную камеру дефибратора

Параметры пропаривания			Степень помола массы, ДС	Физико-механические показатели плит*			
Давление пара, МПа	Температура, °С	Продолжительность, с		Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при изгибе, МПа	Водопоглощение, %	Набухание, %
0,98	179	120	18,0	1 010	36,2	53,6	47,0
0,98	179	180	24,0	1 026	48,3	54,0	46,8
0,98	179	300	33,0	1 046	47,7	36,7	28,7
0,74	164	120	17,0	1 001	33,0	65,1	52,3
0,45	151	120	16,5	988	29,8	73,3	55,7
0,98	179	120	15,0	954	26,8	101,8	73,6

(Без обработки)

\* Проклеивающие добавки не вводили.

Как видно из данных табл. 3, окислительный реагент, содержащий надуксусную кислоту, весьма эффективен и в процессе пропаривания березовой щепы: он ускоряет процесс размола щепы и повышает качество плит. Контрольные образцы имели прочность 26,8 МПа, водопоглощение 101,8 % при степени помола массы 15 ДС. В тех же условиях, но с добавкой окислительного реагента удалось получить массу со степенью помола 18 ДС, а из нее — плиты с большей плотностью и лучшими физико-механическими показателями: прочностью 36,2 МПа, водопоглощением 53,6 %. Увеличение продолжительности пропаривания щепы до 5 мин еще больше повысило показатели: степень помола до 33 ДС, прочность до 49,7 МПа и водопоглощение до 36,7 %. Показатели плит, равные показателям контрольных образцов, были достигнуты при снижении температуры пропаривания щепы на 20 °С при сохранении продолжительности.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. А. с. 368364 (СССР). Способ получения целлюлозы / Г. С. Косая, М. А. Прокопьева // Открытия. Изобретения.— 1973.— № 9.— С. 113. [2]. А. с. 1030207 (СССР). Способ получения волокнистой массы для изготовления древесноволокнистых плит / В. М. Резников, Т. В. Сухая, В. Б. Желтиков и др. // Открытия. Изобретения.— 1983.— № 29.— С. 102. [3]. Зильберглейт М. А. Исследование процесса окислительной делигнификации древесины водными растворами органических надкислот: Автореф. дис... канд. хим. наук.— Рига, 1982.— С. 21. [4]. Никитин В. М. Об активации лигнина кислотами // Химия древесины.— Рига.— 1968.— № 2.— С. 61—65. [5]. Никитин В. М., Скачков В. М. О делигнификации осиновой древесины перекисью водорода // Химия древесины.— Рига.— 1968.— № 2.— С. 43—45. [6]. Практические работы по химии древесины и целлюлозы / А. В. Оболенская, В. П. Щеголев, Э. Л. Аким и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1965.— С. 156—157. [7]. Сарканис К. В., Людвиг К. К. Лигнины.— М.: Лесн. пром-сть, 1975.— С. 354—361. [8]. Сухая Т. В. Повышение качества древесноволокнистых плит легким гидролизом древесноволокнистой массы // Лесн. журн.— 1988.— № 3.— С. 80—84. (Изв. высш. учеб. заведений). [9]. Logas V., Sofeland N. Pates de-fibreis micaniquiment etude de la delignification oxydante // Rev. ATIP.— 1981.— 35, N 3.— С. 121—127. [10]. Poljak A. Holzaufschluss mit Peressigsäure. 2. Cellulosebestimmung mit Peressigsäure / Holzforschung.— 1951.— Bd. 5, N 2.— С. 31—33. [11]. Samuelsson L., Moberg P. J., Havtles N. Influence of some chemical and radiative treatments on the strength versus energy relationship in mechanical pulping / Svensk Papperstidn och Sven. pappersförädlingsstskr.— 1981.— 84, N 15.— P. 110—115.

Поступила 10 сентября 1987 г.

УДК 676.222 : 676.223.

## ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ

Г. И. ЧИЖОВ, Е. П. ЕЛКИНА, С. С. ПУЗЫРЕВ,  
Е. В. ЗАПОРОЖЕЦ, В. И. КОМАРОВ

Ленинградская лесотехническая академия  
Архангельский лесотехнический институт

Древесная масса представляет собой продукт механической переработки древесины, поэтому, в отличие от целлюлозы, ее волокна содержат практически все компоненты исходной древесины и характеризуются повышенной жесткостью и хрупкостью. По сравнению с целлюлозой фракционный состав древесной массы более изменчив и оказывает значительное влияние на ее бумагообразующие свойства и показатели качества бумаги [1]. Качество древесной массы определяется большим числом переменных технологических факторов, поэтому для направленного воздействия на конечный продукт необходимо знать, как изменяются свойства на отдельных стадиях технологического процесса.

В настоящей работе объектом исследования был выбран технологический поток производства термомеханической массы (ТММ) на Сыктывкарском ЛПК. Образцы для анализа отбирали в пяти точках: после I и II ступеней размола, сортированную массу после сортировок и после дополнительного размола, а также переработанные отходы сортирования. Образцы массы фракционировали на аппарате ФДМ. Первую фракцию отбирали с сетки № 16, вторую — с № 24, третью — с № 40, четвертую — с сетки № 48. Перед фракционированием ТММ производили снятие латентности.

Данные об изменении фракционного состава массы по пяти точкам технологического потока ТММ представлены в табл. 1. Исследования показали изменения в соотношении I и II фракций.

Из полученных результатов следует, что интенсивность воздействия технологического процесса на содержание в массе той или иной фракции снижается по мере уменьшения длины волокон. Содержание первой фракции снижается на 15 %, второй и третьей возрастает на 8 и 3,8 % соответственно, четвертой — практически не меняется.

Достоинства и недостатки ТММ как волокнистого полуфабриката для производства бумаги во многом связаны именно с высоким содер-

Таблица 1

№ п/п	Место отбора	Средне-взвешенная длина волокна, мм Нефракционированная масса, %	Выход по фракциям, %				Остаток в сток, %
			I	II	III	IV	
1	После I ступени размола	$\frac{2,3}{100}$	$\frac{2,5}{60}$	$\frac{1,4}{12}$	$\frac{1,3}{3}$	$\frac{0,5}{6}$	19,0
2	После II ступени размола	$\frac{1,8}{100}$	$\frac{2,2}{57}$	$\frac{1,3}{10}$	$\frac{1,12}{4,5}$	$\frac{0,4}{9}$	19,5
3	Сортированная масса	$\frac{1,7}{100}$	$\frac{1,85}{47}$	$\frac{1,23}{27}$	$\frac{0,9}{3,6}$	$\frac{0,4}{5,2}$	17,2
4	Сортированная масса после дополнительного размола	$\frac{1,5}{100}$	$\frac{1,77}{44,8}$	$\frac{1,23}{20}$	$\frac{0,6}{6,8}$	$\frac{0,3}{6,8}$	11,6
5	Отходы сортирования после размола	$\frac{1,43}{100}$	$\frac{1,9}{50}$	$\frac{1,5}{14,5}$	$\frac{0,5}{4,2}$	$\frac{0,4}{7,1}$	24,2

жанием первой фракции, что в ряде случаев нежелательно. Характерно, что в процессе II ступени размола содержание I фракции снижается очень незначительно — всего на 3 %, в то время как при прохождении через сортировки оно уменьшается на 10 %. Отсюда следует, что наиболее эффективное средство регулирования количества длинноволокнистой фракции — выбор соответствующего оборудования и технологического режима.

Увеличение доли отходов сортирования позволит снизить содержание грубой длинноволокнистой фракции, а химическая обработка и последующий размол отходов сортирования, рекомендуемые в работе [4], позволят дополнительно улучшить бумагообразующие свойства ТММ.

Содержание мельчайшего волокна, не задерживающегося на сетке № 48, практически достигает максимального уже после I ступени размола. После II ступени размола оно увеличивается всего на 0,5 %. По мере прохождения массы по технологическому потоку содержание мельштофа снижается (в сумме на 7,4 %). Очевидно, некоторая часть потерь происходит в процессе отбелики, но в основном они обусловлены потерями с оборотной водой. Ранее проведенные исследования [1] показали, что мельштоф оказывает положительное влияние на комплекс свойств ТММ. Поэтому для уменьшения его потерь следует стремиться к максимальному использованию оборотной воды. Интересно, что в размолотых отходах сортирования содержание мельчайшего волокна в 2 раза выше, чем в конечной ТММ, и, следовательно, варьирование количества отходов позволяет регулировать не только количество I фракции, но и мельчайшего волокна.

В древесине, в зависимости от породы, содержится от 18 до 28 % лигнина. Известно, что в процессе размола лигнин претерпевает определенные химические изменения [3]. Так, например, с ростом интенсивности размола в выделенном лигнине понижается содержание метоксильных групп. Установлено, что при размоле с доступом воздуха происходит частичное окисление лигнина. Вполне вероятно, что в процессе размола лигнин, подобно целлюлозе, подвергается частичной депolyризации, что также должно отразиться на химическом составе волокон. В литературе мы не обнаружили данных об изменениях в химическом составе волокон ТММ на разных стадиях технологического потока и сведений о различиях в химическом составе разных фракций.

В табл. 2 представлены данные об изменении химического состава волокон ТММ в процессе производства.

Таблица 2

№ п/п	Место отбора образца	Содержание, %		
		лигнин	целлюлозы	карбоксильных групп
1	I ступень размола	27,48	50,55	0,15
	I фракция	26,71	59,39	0,10
	II >	26,86	57,28	0,22
	III >	27,68	57,93	0,27
	IV >	27,03	57,8	—
2	II ступень размола	26,76	50,5	0,26
	I фракция	25,92	55,28	0,10
	II >	26,56	56,74	0,17
	III >	—	—	0,39
	IV >	29,96	50,3	0,3
3	Сортированная масса	26,51	48,1	0,53
	I фракция	25,73	61,74	0,46
	II >	26,80	60,4	0,58
	III >	27,39	58,42	0,86
	IV >	30,67	51,4	0,4

Из результатов табл. 2 следует, что изменения, которые претерпевает химический состав волокон ТММ и ее отдельных фракций, незначительны, но определенные тенденции прослеживаются достаточно четко. Во-первых, прохождение массы по технологическому потоку сопровождается, в целом, некоторым уменьшением содержания целлюлозы в волокнах, что связано, очевидно, с потерей части целлюлозного вещества с мельштофом. Во-вторых, по мере продвижения массы по технологическому потоку возрастает разница в содержании целлюлозы в I и IV фракциях. После I ступени размола она составляет 1,59 %, после второй ступени — 4,98 %, а у конечной сортированной массы — 10,34 %.

Следовательно, при движении массы по технологическому потоку происходит не только простое механическое укорочение волокон, но и определенное перераспределение двух основных компонентов древесины — целлюлозы и лигнина — между фракциями. Длинноволокнистые фракции теряют часть морфологических элементов волокна, богатых лигнином, а коротковолокнистые ими обогащаются. Представленные в табл. 2 данные по содержанию лигнина подтверждают этот вывод.

Содержание карбоксильных групп в волокнах ТММ увеличивается по ходу технологического потока более чем в 3 раза, что связано с частичным окислением целлюлозы кислородом воздуха и во время отбеливания пероксидом водорода. Бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов во многом, а может быть и в основном, определяются величиной и состоянием поверхности волокон.

Для характеристики поверхности волокон ТММ в описываемых экспериментах были использованы показатели водоудержания, определявшегося по методу Г. Джайме, а также полной и внешней удельной поверхности, определявшейся методом ядерно-магнитного резонанса при влажности 37 % [2].

Данные об изменении бумагообразующих свойств волокон ТММ по фракциям представлены в табл. 3.

Показатели, использованные для характеристики поверхности волокон ТММ, должны подчиняться закону аддитивности, т. е. величина какого-либо показателя у нефракционированной массы должна быть равна сумме величин этого же показателя у каждой фракции, помноженного на массную долю соответствующей фракции. Исходя из этого,

Таблица 3

Сортированная ТММ	Водо- удер- жание, %	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	
		пол- ная	внеш- няя
Нефракционированная	237	394,8	6,9
I фракция	210	265,5	2,1
II »	216	316,0	2,3
III »	221	533,4	2,4
IV »	235	540,3	2,95

были рассчитаны показатели для волокон самой мелкой фракции, уходящей с промывными водами: водоудержание — 594 %; полная удельная поверхность — 1204 м<sup>2</sup>/г; внешняя удельная поверхность — 44,3 м<sup>2</sup>/г.

Сравнение экспериментально полученных и рассчитанных величин с соответствующими величинами тех же показателей для других волокнистых материалов показывает, что ТММ характеризуется очень развитой поверхностью [1]. Это подтверждает мнение, что разделение волокон при термомеханическом способе производства древесной массы происходит преимущественно по границе первичного и вторичного слоев клеточной стенки, а не срединной межклеточной пластинки, как это имеет место при дефибрерном или рафинерном способе.

По мере уменьшения длины волокон все исследованные показатели возрастают, но не пропорционально: у волокон фракции, проходящей через сетку № 48, водоудержание в сравнении с I фракцией увеличивается в 2,5 раза, полная удельная поверхность — в 3 раза, а внешняя удельная поверхность — в 21 раз.

В целом данные табл. 3 подтверждают сделанный ранее вывод о необходимости контроля за содержанием в готовой массе длиноволокнистой грубой I фракции и о положительном влиянии на бумагообразующие свойства ТММ мельчайшего волокна.

Прочность бумаги определяется прочностью связей между волокнами, прочностью и характером их взаимного расположения, т. е. структурой самих волокон. Бумага будет иметь повышенную прочность, когда предлагаемая нагрузка равномерно распределяется на все элементы структуры, для чего образующие ее волокна должны быть длинными и гибкими, обеспечивающими возможность перераспределения напряжения в бумаге в процессе ее нагружения.

Прочность бумаги чаще всего определяют путем измерения разрывного груза при приложении одноосной растягивающей нагрузки. Однако при практическом применении бумага подвергается меньшей нагрузке, чем величина ее разрывного груза, поэтому получить представление о поведении бумаги до разрыва более важно, чем просто регламентировать ее сопротивление разрыву.

Бумага — полидисперсный композиционный материал, поэтому ее деформационные свойства во многом определяются деформационными свойствами образующих фракций волокон.

Результаты опытов по использованию этой взаимосвязи применительно к ТММ представлены в табл. 4.

При приложении растягивающей нагрузки в капиллярно-пористом волокнистом материале типа целлюлозы или бумаги наблюдается несколько стадий развития деформации, предшествующей окончательному разрушению: упругая деформация, вынужденно-эластичная деформация и дополнительная вытяжка, происходящая в условиях быстрого нарастания необратимых процессов микроразрушения структуры и заканчивающаяся разрушением образца [5].

Таблица 4

## Деформационные свойства образцов ТММ

№ п/п	Место отбора образца	Модуль упругости $E_1$ , МПа	Эффективный модуль $E_2$ , МПа	Модуль облатности предразрушения $E_3$ , МПа	Предел упругости $\sigma_1$ , МПа	Разрушающее напряжение $\sigma_p$ , МПа	Предел упругой деформации $\epsilon_1$ , %	Деформация разрушения $\epsilon_p$ , %
1	После I ступени размола: нефракционированная масса*	—	—	—	—	—	—	—
	I, II, III фракции*	—	—	—	—	—	—	—
	IV фракция	1277	886	470	3,5	6,6	0,28	0,85
2	После II ступени размола: нефракционированная масса	714	432	191	2,1	3,7	0,30	0,92
	I, II фракции*	—	—	—	—	—	—	—
	III фракция	798	458	241	2,5	4,4	0,32	0,92
	IV фракция	1383	671	324	3,9	7,0	0,29	0,87
3	Сортированная масса: нефракционированная масса	1325	715	283	3,9	7,4	0,31	1,00
	I, II фракции*	—	—	—	—	—	—	—
	III фракция	1423	605	294	3,8	7,8	0,28	1,0
	IV фракция	1888	995	496	6,1	12,5	0,34	1,24

\* Прочность образцов ниже минимума, обусловленного техническими характеристиками разрывной машины.

Оценить процесс разрушения позволяет кривая напряжение — деформация, получаемая путем обработки индикаторной диаграммы нагрузка — удлинение, фиксируемой при статических испытаниях на разрывной машине. В экспериментах использовалась машина ЗМ-10. Испытанию подвергали образцы бумаги массой 60 г/м<sup>2</sup>, изготовленные на аппарате Рапид-Кетен.

Все исследованные характеристики в значительной мере определяются наличием мелкого волокна. Отливки, изготовленные из I и II фракций, а у массы, взятой после I ступени размола, даже из III фракции, получаются очень слабыми и непригодными для испытаний. Довольно четко прослеживается взаимосвязь между средневзвешенной длиной волокон во фракции и прочностными и деформационными свойствами изготовленных из них отливок.

Из сравнения данных табл. 2 и 4 следует, что с превышением средневзвешенной длины волокон сверх 1,15...1,20 мм прочность образцов бумаги резко падает. Было бы ошибочно из этого наблюдения делать вывод, что бумагообразующие свойства волокон ТММ однозначно определяются их длиной, и не учитывать возможных различий в состоянии поверхности волокон. Однако указанное обстоятельство, рассмотренное в совокупности с приведенными выше, свидетельствует о необходимости регулировать процесс производства ТММ таким образом, чтобы улучшить разработку поверхности волокон длинноволокнистой фракции.

Описанные эксперименты позволяют сделать вывод о доминирующем влиянии коротковолокнистой фракции ТММ на комплекс ее бумагообразующих свойств. Усовершенствованный процесс производства ТММ должен предусматривать возможность регулирования количества отходов сортирования, обработку отходов химическими реагентами и их интенсивный разлом.



## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Влияние фракционного состава термомеханической массы на свойства бумаги для печати / И. П. Шабанова, С. С. Пузырев, Е. П. Елкина, М. И. Бережная // Бум. пром-сть.— 1985.— № 6.— С. 23—24. [2]. Грунин Ю. Б. Исследование взаимодействия связанной воды с волокнами целлюлозы: Дис... канд. техн. наук.— Л.: ЛТА, 1973.— 163 с. [3]. Никитин А. И. Химия древесины и целлюлозы.— М.; Л.— Изд-во АН СССР, 1962.— 711 с. [4]. Перспективный способ улучшения качества древесной массы / С. С. Пузырев, Т. И. Чижев, С. А. Пузырев, Л. И. Лаптев // Бум. пром-сть.— 1986.— № 3.— С. 4—6. [5]. Хабаров Ю. Г., Комаров В. И. Оценка последовательности разрушения целлюлозных волокнистых материалов // Бум. пром-сть.— 1986.— № 6.— С. 16—17.

Поступила 5 октября 1987 г.

УДК 630\*863 : 547.724.1 : 66.02

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ПАРА В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ФУРФУРОЛА

В. И. СОВОЛЕВ, М. С. КЕБИЧ, Е. Ф. МОРОЗОВ, О. И. ФЕДОРОВА

Белорусский технологический институт

Выход фурфурола из растительного сырья при заданных кинетических параметрах процесса можно увеличить только путем сокращения времени пребывания фурфурола в реакционной зоне, что достигается, прежде всего, повышением скорости его выведения с потоком восходящего пара [5]. Поэтому задача установления критической скорости восходящего потока пара при движении его через неподвижный слой, составленный из частиц растительного сырья, имеет большое значение для процесса прямого получения фурфурола.

Анализ экспериментальных работ [6, 7, 9], выполненных в этой области, показывает, что содержащиеся в них выводы не всегда достаточно обоснованы.

Экспериментальные исследования особенностей течения восходящего потока гидродинамического агента в слое растительного сырья [6, 7] показали, что критическая скорость зависит от вида, размера частиц и их полифракционного состава, а численное ее значение, в частности, для нефракционированных березовых опилок, продуваемых воздухом, равно 0,35... 0,5 м/с.

Для перерасчета критической скорости воздуха  $u_v$  на аналогичную величину для пара  $u_n$ , являющегося гидродинамическим агентом в процессе получения фурфурола прямым методом, в этих работах использовали следующую формулу:

$$u_n = \frac{\mu_v u_v}{\mu_n}, \quad (1)$$

где  $\mu_v$  и  $\mu_n$  — коэффициенты динамической вязкости воздуха и пара.

Однако применение формулы (1) нельзя считать корректным, так как скорость потока газа или пара зависит также от его плотности  $\rho$ , представляющей собой меру инерции в критерии Рейнольдса. Исходя из условия гидродинамического подобия, характеризваемого равенством чисел  $Re$  для двух подобных течений, получаем:

$$u_n = \frac{\mu_v u_v \rho_n}{\mu_n \rho_v} = \frac{u_v \nu_n}{\nu_v}. \quad (2)$$

Здесь  $\nu_v$  и  $\nu_n$  — коэффициенты кинематической вязкости воздуха и пара.

Перерасчет критической скорости по формуле (2) для насыщенного пара с температурой 170 °С при продувке березовых опилок дает величину 0,07...0,1 м/с, а не 0,3...0,4 м/с, как это показано в работе [7]. Экспериментальные значения критической скорости воздуха в слое березовых опилок и целлюлозгина из них, равные соответственно 0,35...0,41 и 0,24...0,27 м/с, удовлетворительно совпадают с данными нашей работы [15].

Нами было установлено [14], что при продувке пара атмосферного давления с температурой 170 °С через слои, образованные из узких по размерам фракции березовых опилок, его критическая скорость изменяется от 0,2 м/с (для частиц фракции не более 0,25 мм) до 2,2 м/с (для фракции 2...3 мм). Перегретый пар атмосферного давления, в отличие от пара повышенного давления, при одинаковой температуре имеет более высокий коэффициент кинематической вязкости, поэтому абсолютное значение его критической скорости выше. При перерасчете на насыщенный пар с температурой 170 °С по формуле (2) критическая скорость, в зависимости от размера частиц, составляет от 0,029 до 0,31 м/с, что практически соответствует известным экспериментальным данным.

Существуют различные эмпирические и теоретические уравнения для определения критической скорости  $u_k$  начала ожигения слоя зернистых материалов, к которым относится и растительное сырье.

В работе [9] предложено эмпирическое уравнение, учитывающее условия подачи и отбора пара в гидролизаторах периодического действия:

$$u_k = \left[ \left( \frac{d}{D_{\text{ап}}} \right) \left( \frac{d_{\text{тр}}}{D_{\text{ап}}} \right) \right]^{1/3} \left[ \frac{2qH(\rho_{\text{т}} - \rho)}{\rho} \right]^{1/2}, \quad (3)$$

где  $D_{\text{ап}}$  — диаметр аппарата;

$H$  — высота слоя сырья;

$d$  — диаметр частиц сырья;

$d_{\text{тр}}$  — диаметр трубопровода для отбора пара;

$\rho_{\text{т}}$  — плотность сырья;

$\rho$  — плотность пара;

$q$  — ускорение свободного падения.

Для оценки критической скорости начала ожигения с точностью  $\pm 30\%$  авторы [1] рекомендуют теоретическое интерполяционное уравнение (для применения которого достаточно знать лишь основные характеристики потока и слоя):

$$\text{Re} = \frac{\text{Ar}}{1400 + 5,22 \sqrt{\text{Ar}}}. \quad (4)$$

Здесь  $\text{Re} = \frac{u_k d}{\nu}$  — критерий Рейнольдса;

$$\text{Ar} = \frac{q d^3}{\nu^2} \frac{\rho_{\text{т}} - \rho}{\rho} \quad \text{— критерий Архимеда.} \quad (5)$$

Уравнение (4) справедливо для описания всего диапазона режимов обтекания зернистых слоев, составленных из узких по размерам фракций округлых частиц [10].

Широко распространенное обобщенное экспериментальное уравнение Лева [4] для скорости начала ожигения слоя, справедливое в ламинарной области при  $\text{Re} < 10$ , имеет вид:

$$u_k = 0,00923 d^{1,82} \frac{[\rho(\rho_{\text{т}} - \rho)]^{0,94}}{\rho \mu^{0,88}}. \quad (6)$$

В работе [3] в качестве расчетной при определении скорости начала ожигения для переходного режима обтекания рекомендована формула:

$$Re = 0,11 (\epsilon^5 Ag)^{0,78}, \quad (7)$$

где  $\epsilon$  — порозность слоя.

Для турбулентного режима предложено уравнение [8], применимое при любой порозности сыпучего материала:

$$Re = -27,27 + \sqrt{27,27^2 + 3,03 Ag \epsilon^{4,75}}. \quad (8)$$

Обобщая известные эмпирические формулы для определения скорости начала ожигения сыпучего материала любой порозности, полученные при различных режимах обтекания, авторы [11—13] предложили зависимость общего вида:

$$Re = \frac{Ag \epsilon^{n+2}}{9 + \sqrt{81 + \frac{1}{3} Ag \epsilon^{n+2}}}. \quad (9)$$

При сопоставлении вышеприведенных уравнений, являющихся наиболее распространенными для определения критической скорости, будем базироваться на модельной системе и заранее принятых геометрических и физических параметрах, входящих в формулы.

Нами выбрана следующая система: березовые опилки — насыщенный водяной пар. Параметрами, учитывающими гидродинамическую обстановку в неподвижном слое сырья, являются критерии  $Re$  и  $Ag$ . Критерий эмпирического определения начала ожигения — любое видимое нарушение равномерной структуры слоя; в качестве критической принимают скорость в свободном сечении цилиндрического аппарата.

Поскольку основной параметр, влияющий на свойства системы при псевдоожигении, — диаметр частиц сырья [10], то целесообразно проследить зависимость от него критической скорости; эта зависимость может служить для сопоставления уравнений.

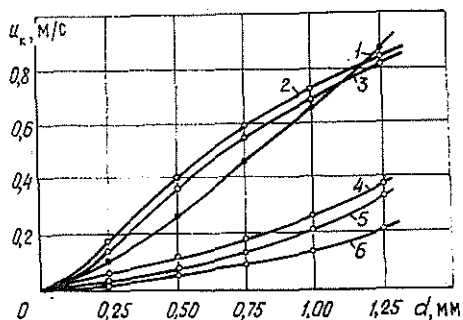
Процесс получения фурфурола в присутствии серной кислоты как катализатора проводят предпочтительно при 165...170 °С, поэтому в расчетах параметры насыщенного пара соответствовали температуре 165 °С [2].

При расчетах зависимости критической скорости пара от диаметра частиц (на ЭВМ «Мир-2») были использованы зафиксированные на постоянном уровне следующие параметры:  $D_{ап} = 3$  м;  $H = 6$  м;  $d_{тр} = 0,1$  м;  $\rho_{г} = 652$  кг/м<sup>3</sup> [9];  $n = 3$  [12];  $\epsilon = 0,65$  [14]. Интервал изменения диаметра частиц — 0,025...1,0 мм при шаге варьирования 0,025 мм.

Зависимость критической скорости восходящего потока пара от диаметра частиц березовых опилок, рассчитанная по уравнениям различных авторов, представлена на рисунке.

Так как условия, при которых были выведены уравнения, разнообразны, то неудивительно, что получаемые из отдельных соотношений значения  $u_k$  не очень близко совпадают. Разность между крайними рассчитанными значениями зависит от размера частиц. Для мелких

Сравнение уравнений для расчета критической скорости пара: 1 — по уравнению (7); 2 — (8); 3 — (9); 4 — экспериментальные данные [14]; 5 — по уравнению (6); 6 — (4)



частиц размером до 0,25 мм рассчитанные значения колеблются от 0,003 до 0,155 м/с; для частиц размером 0,75...1,0 мм нижнее значение составляет 0,1, а верхнее — 0,72 м/с, т. е. наблюдается различие в 7...8 раз. Следовательно, не все уравнения устанавливают одинаковую зависимость  $u_k$  от  $d$ .

Как следует из рисунка, наибольшее приближение к известным экспериментальным данным [6, 7, 9, 14, 15] дают уравнения (4) и (6), остальные результаты завышены в 2—3 раза.

Начальная скорость перехода полидисперсного слоя зернистого материала в состояние ожигения выше, чем критическая скорость монослоя из наиболее мелких частиц [1]. Это объясняется тем, что при оптимальном фракционном составе сыпучего материала улучшается структура псевдоожигенного слоя, увеличивается равномерность концентрационного поля и соответственно уменьшается унос и выбросы из слоя.

Кроме того, массовая доля, например, фракции березовых опилок 0...0,5 мм составляет не более 5%, а для подсолнечной или рисовой лузги эта величина не превышает 1% от общего количества [9]. Поэтому при выборе скорости движения восходящего потока пара вряд ли целесообразно принимать за критическую величину для наиболее мелких фракций растительного сырья, как это рекомендуют в работах [6, 7].

Таким образом, для оценки критической скорости движения восходящего потока пара в процессе прямого получения фурфурола из растительного сырья могут служить, прежде всего, формулы (4) и (6), дающие результаты, наиболее близко совпадающие с экспериментальными данными.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Аэров М. Э., Годес О. М. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем.— Л.: Химия, 1968.— 512 с. [2]. Вукалович М. П. Теплофизические свойства воды и водяного пара.— М.: Машиностроение, 1967.— 160 с. [3]. Еркова Л. Н., Смирнов Н. И. // Тр. ЛТИ.— 1958.— Т. 15.— С. 68. [4]. Лева М. Псевдоожигение.— М.: Гостехиздат, 1961.— 400 с. [5]. Мельников Н. П. Пути совершенствования технологии производства фурфурола // Гидролизное производство: Реф. сб.— 1971.— № 2.— С. 15—18. [6]. Мельников Н. П., Желтухина В. А. Установление величин критической скорости движения пара через слой растительного сырья при прямом получении фурфурола // Сб. тр. ВНИИГС.— 1961.— Т. 9.— С. 196—205. [7]. Мельников Н. П., Иванова В. В. Исследование гидродинамики прямого получения фурфурола из растительных материалов // Сб. тр. ВНИИГидролиз.— 1971.— Т. 19.— С. 94—99. [8]. Михайлов Г. М., Николаев А. М. // Тр. Казанск. хим.-технол. ин-та.— 1963.— Т. 31.— С. 59. [9]. Морозов Е. Ф. Производство фурфурола.— М., 1979.— 200 с. [10]. Обобщенные зависимости для расчета критической скорости псевдоожигения / П. Г. Романков, Н. Б. Рашковская и др. // ЖПХ.— 1964.— № 3.— С. 615—632. [11]. Определение скорости начала ожигения сыпучего материала / О. И. Рождественский, Г. А. Злобина и др. // ЖПХ.— 1978.— № 10.— С. 2357—2359. [12]. Рождественский О. И., Барабанова Г. Г., Колтун Е. М. Сравнительный анализ зависимостей для определения скорости начала псевдоожигения сыпучего материала в ламинарном режиме обтекания // ЖПХ.— 1978.— № 2.— С. 316—321. [13]. Рождественский О. И., Михайлов П. И., Кривцова Н. В. Сравнительный анализ зависимостей для определения скорости начала ожигения сыпучего материала в турбулентном режиме обтекания // ЖПХ.— 1978.— № 7.— С. 1589—1593. [14]. Соболев В. И., Морозов Е. Ф. Превращение пентозанов в фурфурол в процессе термokatалитической обработки березовых опилок при атмосферном давлении.— Минск, 1981.— 12 с.— Деп. в ВНИИПИЭлеспром 13.07.81, № 716 д. [15]. Соболев В. И., Морозов Е. Ф., Ручко А. Е. Исследование гидродинамики стационарного слоя растительного сырья // Химия и химическая технология.— Минск.— 1975.— Вып. 8.— С. 70—75.

УДК 66.062.224

## КАТАЛИТИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ТЕРПЕНОВЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПРИСУТСТВИИ АПРОТОННЫХ КИСЛОТ

Ю. П. КЛЮЕВ, А. И. ЛАМОТКИН, И. В. ПЕТРАШЕНЬ

Белорусский технологический институт

Согласно современным представлениям о кислотно-основном взаимодействии, характерное свойство как протонных, так и апротонных кислот — их сродство к электрону. Это сродство, как указывает Льюис [14], и определяет их кислотное свойство. Исходя из сказанного, можно предположить, что каталитическое действие протонных и апротонных кислот на углеводороды должно быть одинаковым. Однако в работах [2, 13] указано на существенные различия в действии протонных и апротонных кислот. К этим различиям в первую очередь следует отнести для протонных кислот малый объем протона, что дает ему возможность перемещаться от кислоты к реагенту, а для апротонных кислот — проявлять электронно-донорную функцию, абсолютно не свойственную протону.

Анализ литературных источников показал, что имеются противоречивые сведения о том, как хлориды металлов — катализаторы Фриделя-Крафтса — действуют на углеводороды. По мнению одних авторов [10, 16], действие их на алкены приводит к изомеризации последних, по мнению других [9, 15], чистые галоиды металлов не вызывают изомеризацию алкенов. В работах [3, 4, 12, 18] мы не обнаружили единого мнения о характере полимерных веществ, образующихся при действии на терпены апротонных кислот.

В настоящей работе сделана попытка выяснить причины, влияющие на характер процесса катализа и на состав продуктов каталитических превращений некоторых терпеновых углеводородов в присутствии апротонных кислот.

В качестве объектов исследования были использованы  $\alpha$ -пинен, 3-карен, дипентен и другие моноциклические терпены, выделенные путем ректификации их из терпеновых смесей. Полимеризацию терпеновых углеводородов проводили в присутствии безводных катализаторов Фриделя-Крафтса, таких как:  $AlCl_3$ ,  $BF_3$ ,  $FeCl_3$ ,  $ZnCl_2$ . Анализ летучих продуктов реакции осуществляли с помощью газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ).

Посредством ГЖХ нами установлено [5], что летучие продукты реакции содержат только исходный углеводород, но с пониженным коэффициентом вращения. Аналогичная картина была получена и при действии на  $\alpha$ -пинен газообразного фтористого бора при температуре кипения  $\alpha$ -пинена. В данном случае в заметных количествах были найдены пинан и  $\pi$ -цимол, т. е. продукты диспропорционирования  $\alpha$ -пинена. Присутствие в продуктах реакции пинана, а не ментанов также говорит в пользу того, что и при действии газообразного фтористого бора на  $\alpha$ -пинен изомеризация его не происходит. Нами установлено, что при действии безводного хлористого алюминия на  $\alpha$ -терпинен и терпинолен происходит только полимеризация этих углеводородов, изомеризация отсутствовала.

Следовательно, с достаточной степенью достоверности можно считать, что действие на терпены апротонных кислот, в отличие от протонных, как правило, не вызывает их изомеризации.

Нами также были исследованы продукты олигомеризации выше-названных терпенов в присутствии безводных хлоридов металлов. Димеры, полученные при действии на терпены протонных и апротонных кислот, имели различные физико-химические свойства. Так, например, димеры дипентена, полученные при действии на него ортофосфорной кислоты, имели:  $n_D^{20} = 1,5170 \dots 1,5180$ ;  $d_4^{20} = 0,9360 \dots 0,9370$ , 3 двойных связи, а при действии хлористого алюминия:  $n_D^{20} = 1,5160$ ;  $d_4^{20} = 0,9540 \dots 0,9546$ , 2 двойные связи. В составе полимеров, полученных при действии на терпены апротонных кислот, находилось до 60 % (от суммы полимеров) твердых продуктов со степенью полимеризации выше 2, что при действии на терпены протонных кислот не наблюдается.

Согласно литературным источникам и полученным нами экспериментальным данным, можно с полным обоснованием говорить о различном характере действия протонных и апротонных кислот на терпеновые углеводороды.

Как известно, полимеризация терпенов под действием апротонных кислот происходит по координационному типу с участием  $\pi$ -электронов двойной связи и вакантных орбиталей координационно-ненасыщенного атома апротонной кислоты, что, согласно данным работ [7, 11], приводит к образованию  $\pi$ -комплекса между реагентом и катализатором.

При образовании  $\pi$ -комплекса, вследствие смещения электронной пары реагента к катализатору, происходит перераспределение электронных плотностей реагента. Известную роль в этом процессе играет и дативное действие апротонной кислоты. Смещение электронных плотностей у реагента, а также дативное действие катализатора приводят к перестройке молекулы, образованию активных центров, что в свою очередь вызывает полимеризацию реагента. Авторы работы [11] предполагают, что процесс катализа углеводородов в присутствии апротонных кислот идет через  $\sigma$ -комплекс, т. е. аналогично процессу, происходящему под действием протонных кислот, что мало вероятно.

По нашему мнению, различие в действии протонных и апротонных кислот можно объяснить разными активными началами каталитического действия протонных и апротонных кислот. В случае апротонных кислот активным началом является  $\pi$ -комплекс, а в случае протонных — ионы карбония, т. е. продукты распада  $\pi$ -комплекса.

Различие в составах продуктов катализа терпенов в присутствии протонных и апротонных кислот можно объяснить исходя из следующих концепций. Во-первых, время существования  $\pi$ -комплекса, образованного протонными кислотами и терпенами, настолько мало, что процесс полимеризации или изомеризации для него не имеет существенного значения. Во-вторых, характер  $\pi$ -комплекса, образованного протонными и апротонными кислотами, различается. Координационно-ненасыщенный атом апротонной кислоты в отличие от протона протонсодержащей кислоты наряду с электронно-акцепторной функцией способен проявлять и электронно-донорную функцию, благодаря чему в молекуле терпена происходит более глубокое возмущение связей и процесс приобретает другой характер. Что касается отсутствия в продуктах реакции изомеров, то это связано с тем, что образование изомеров нехарактерно для  $\pi$ -комплекса. Дальнейшее превращение  $\pi$ -комплекса, образованного апротонной кислотой, в комплексное соединение или ионы карбония невозможно, вследствие большого объема координационно-ненасыщенного атома, в отличие от протона протонсодержащей кислоты.

В некоторых работах [3, 10, 16] указано, что при действии на углеводороды хлоридов металлов в продуктах реакции были найдены изомерные вещества. Мы предполагаем, что авторы этих работ использовали катализаторы, содержащие некоторые примеси в виде воды или других

веществ. Для выяснения данного предположения нами были проведены исследования по изучению катализа  $\alpha$ -пинена и дипентена под действием безводного хлористого алюминия в присутствии бензола, а также под действием хлористого алюминия с небольшим содержанием воды. При проведении исследований в растворе бензола с помощью ГЖХ в летучих продуктах реакции были найдены для дипентена: *n*-ментен-3, *n*-цимол,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -терпинены, терпинолен, а для пинена: камфен,  $\alpha$ - и  $\beta$ -фенхены, дипентен,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -терпинены, *n*-цимол и пинан. Как показали проведенные исследования каталитических превращений дипентена под действием безводного хлористого алюминия в присутствии 20 % бензола, в начальной стадии процесс ограничивается только полимеризацией дипентена и только через 2 ч в продуктах реакции появляются изомерные вещества.

Хроматографическое разделение димерных веществ показало, что они представляют собой смесь димеров, характерных для апротонных и протонных кислот с преобладанием первых.

Указанный ход процесса катализа дипентена становится понятным, если допустить, что в ходе реакции относительно медленно образуется комплекс катализатора с бензолом, действующим как протонная кислота. В начальной стадии процесса, когда содержание указанного комплекса незначительно,  $AlCl_3$  действует как апротонная кислота и только спустя некоторое время по мере образования комплекса растворитель — катализатор начинают образовываться изомеры и димеры, характерные для протонных кислот. В литературе [6] имеются сведения о возможности образования комплекса  $AlCl_3$  с бензолом и рядом других ароматических углеводородов и о том, что образующийся комплекс имеет характер протонной кислоты.

При действии на  $\alpha$ -пинен  $AlCl_3$  в присутствии незначительных количеств влаги в продуктах реакции были найдены  $\alpha$ -фенхен, камфен, дипентен, терпинолен и непрореагировавший  $\alpha$ -пинен. Действие воды на  $AlCl_3$  и другие галоиды металлов сводится к их гидролизу с последующим образованием целого ряда протонсодержащих комплексов:  $HAiCl_4$ ,  $NBF_4$ ,  $H[AlCl_3OH]$ ,  $H[BF_3OH]$  [1, 8, 17].

На основании изложенного, становится понятной причина получения различных результатов, а отсюда и различных мнений о характере действия апротонных кислот на углеводороды. Это объясняется тем, что многие исследователи не учитывали возможного влияния растворителей или примесей в катализаторе (главным образом воды) на ход процесса. Кроме того, сам реагент, образуя комплекс с апротонной кислотой, также может влиять на ход процесса.

О действии галоидов металлов как апротонных кислот можно говорить только в том случае, если в реакционной смеси нет примесей, дающих комплекс с катализатором, имеющим характер протонной кислоты.

Итак, на основании литературных и полученных экспериментальных данных установлено, что терпеновые углеводороды в присутствии апротонных кислот в основном подвергаются полимеризации; реакция изомеризации для них не характерна. Изучено влияние растворителей на процесс катализа терпеновых углеводородов в присутствии апротонных кислот. Установлено, что в результате взаимодействия апротонных кислот с растворителями могут образовываться протонсодержащие комплексы, что приводит к образованию продуктов реакции, характерных как для апротонных, так и для протонных кислот.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вонский Е. В. Развитие представлений о каталитической полимеризации // Развитие представлений в области кинетики, катализа и реакционной способности.—

- М.: Наука, 1966.— С. 88—99. [2]. Гордидзе Г. И., Морозова О. Е., Петров А. А. Кинетика и механизм изомеризации напипенов в присутствии  $AlBr_3$  // Нефтехимия.— 1968.— Вып. 8, № 5.— С. 669—674. [3]. Клюев Ю. П., Ламоткин А. И., Буксова Л. П. Каталитические превращения дипентена в присутствии безводного хлористого цинка // Лесн. журн.— 1975.— № 4.— С. 97—100. (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Клюев Ю. П., Петрашень И. В., Хрулькова Т. М. Исследование летучих продуктов каталитических превращений  $\alpha$ -пинена и  $\Delta^3$ -карена под действием хлористого алюминия // Лесн. журн.— 1972.— № 1.— С. 95—97. (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Коротков К. Н., Клюев Ю. П. Превращения  $\alpha$ -пинена под действием газообразного фтористого бора // Сб. науч. работ ин-та химии АН БССР.— Минск: Изд-во АН БССР, 1958.— № 6.— С. 170—175. [6]. Котова А. И., Варшавский Л. М. Дейтерообмен между ароматическими углеводородами и хлористым дейтерием.— ДАН СССР, 1962.— Т. 142, № 5.— С. 1112—1115. [7]. Михейкин И. Д., Сеченя И. Н. Квантово-механическое исследование кластерных моделей Льюисовых кислотных центров // ЖФХ.— 1983.— Т. 57, № 5.— С. 1172—1175. [8]. Молдавский Б., Небылова Е., Низовкина Т. Изомеризация углеводородов. VI. Исследование побочных продуктов, образующихся при изомеризации бутанов и пентанов под влиянием галонидных солей алюминия, и механизм их образования // ЖОХ, 1944.— Т. 14, вып. 4, 5.— С. 343—349. [9]. Новиков С. С., Тимофеева Е. А. Изомеризация алканов и цикленов // Успехи химии.— 1955.— Т. 24, вып. 4.— С. 471—507. [10]. Павлов Г. П., Винник М. И., Энтелис С. Т. Изомеризация диизопропилбензолов в присутствии хлористого алюминия // Новейшие методы синтеза кислородсодержащих соединений и мономеров на основе нефтяного сырья.— М., 1978.— С. 167—172. [11]. Паушкин Л. М., Осипова Л. В. О соединениях фтористого бора со свободными радикалами и хлоридами углеводородов: Докл. АН СССР, 1950.— Т. 103, № 3.— С. 439—442. [12]. Рожков А. М. О полимеризации дипентена и  $\alpha$ -пинена // Изв. Сибирск. отд-ния АН СССР.— 1958.— № 7.— С. 23—28. [13]. Силинг М. И., Гельбштейн А. И. Катализ и координационное взаимодействие // Успехи химии.— 1969.— Вып. 38, № 3.— С. 479—500. [14]. Соколовский В. В., Дорфман Я. А., Ракитская Т. Л. О протонно-апротонном катализе: Докл. АН СССР, 1974.— Вып. 216, № 2.— С. 353—355. [15]. Танабе К. Твердые кислоты и основания.— М.: Мир, 1973. [16]. Турова-Поляк М. Б. Изомеризация политерпеновых углеводородов под влиянием хлористого алюминия. XXVIII. Изомеризация спиро (4,4) напипана // Журн. орган. химии.— 1966.— Вып. 2, № 12.— С. 2162—2164. [17]. Nenitzesco Costin D., Avram Marguerite, Sliam Elvire, m-lee. Z isomerisation Catalytique des Hydrocarbures satures // Bull. Soc. Chem.— France, 1955.— N 10.— P. 1226—1272. [18]. Roberts W. I., Day A. R. A study of the Polymerisation of  $\alpha$ - and  $\beta$ -pinene with Friedel-Crafts. Type Catalysis / J. Am. Chem. Soc.— 1950.— V. 72, N 3.— P. 1226—1231.

Поступила 26 марта 1987 г.



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*6

## ХОЗРАСЧЕТ И ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЕ

О. Н. АНЦУКЕВИЧ

ЛенНИИЛХ

В настоящее время во всех отраслях материального производства и сферы услуг производственная деятельность организуется на основе полного хозрасчета и самофинансирования. И только в лесном хозяйстве лесовыращивание, бесспорно относящееся к сфере материального производства, остается на сметно-бюджетном, пооперационном финансировании, при котором практически почти совершенно не применяются методы экономического воздействия на его ход и результаты.

Проблема хозрасчета в лесном хозяйстве назрела давно. Различными авторами было предложено немало вариантов ее решения, однако, в силу определенной выгоды бюджетного безвозвратного финансирования, обеспечивающего спокойную экзистенцию независимо от конечных результатов работы, ни одно из них не нашло практического применения [2, 5, 6].

XXVII съезд КПСС обязал партийные, советские, хозяйственные и общественные организации: «В руководстве хозяйственным строительством на всех уровнях перенести центр внимания с промежуточных результатов — на конечные» [1].

В ЛитНИИЛХе еще в 1967 г. были разработаны принципиальные основы концепции перевода лесовыращивания на хозрасчет по конечным видам продукции, основные положения которой опубликованы в 1970 г. и дополнены в 1977—1983 гг. [2—4].

Указанная концепция хозрасчета в лесном хозяйстве основывается на следующих теоретических положениях.

1. Процесс лесовыращивания в экономическом и лесоводственно-технологическом отношении состоит из двух основных стадий: а) лесовозобновления (лесокультур) и б) производства древесины на корню (т. е. производства по выращиванию древесины), прочих лесных продуктов и полезных свойств леса.

Конечным результатом лесовозобновления являются соответствующие стандартам молодняки лесонасаждений определенного породного состава в стадии смыкания крон, готовые к переводу в лесопокрытую площадь, а также реализуемые семена и посадочный материал.

В производстве древесины конечные результаты выражаются общим объемом выращенной в хозяйстве древесины за год, который, в зависимости от возрастной структуры насаждений в хозяйстве, разделяется на: а) реализуемую часть в виде пригодных для потребления деревьев и б) нереализуемую часть, остающуюся в незавершенном производстве в виде пополнения накопления запасов. При многоцелевом хозяйстве в конечные результаты выращивания леса включаются годичный урожай лесных плодов, ягод, грибов, лекарственных растений,

\* От редакции. Помещая в данном номере три статьи о хозрасчете в лесном хозяйстве, редакция приглашает ученых и специалистов к дискуссии и выработке практических предложений по этой проблеме.

прирост дичи и т. п., а также годичное проявление полезных свойств леса.

2. Экономическая основа непрерывного производственного процесса по выращиванию древесины — соответствие размера ее годичного отпуска годичному приросту в масштабах хозяйственной единицы, которое достигается при равномерной возрастной структуре лесонасаждений в пределах принятого оборота хозяйства.

3. Период оборота средств в производстве древесины на корню (прироста древесины), в отличие от технологического цикла выращивания древостоя, продолжается один год.

4. Затраты на возобновление относятся к разряду капиталовложений на создание основных фондов лесохозяйственного производства в виде лесонасаждений, и стоимость их постепенно, ежегодно переносится на продукцию лесовыращивания в виде амортизационных отчислений.

5. Запасы древесины на корню являются основным фактором непрерывности производственного процесса в пределах предприятия лесного хозяйства и представляют особый вид средств лесохозяйственного производства. Они должны соответствовать оптимальному (нормативному) среднему запасу в хозяйстве, а само это соответствие надо обеспечивать экономическими методами.

6. Хозрасчет предполагает соизмерение в стоимостной форме результатов производства с затратами на его осуществление. Для этого необходимо наличие экономически обоснованных цен на конечные результаты лесовыращивания, т. е. прежде всего на лесовозобновление и выращиваемую древесину, обеспечивающих нормальный уровень рентабельности этих видов производства.

Цены на продукцию лесовыращивания устанавливаются на основе общественно необходимых затрат труда на ее производство через среднеотраслевую (среднезональную) себестоимость продукции с добавлением среднеотраслевой (среднезональной) нормы рентабельности и дифференцируются в зависимости от качества продукции. Поскольку в производстве древесины на корню, вследствие различий в степени плодородия условий местопроизрастания, образуется дифференциальный доход по плодородию, цены на выращиваемую древесину следует устанавливать, исходя из худших условий производства.

Например, в условиях Литовской ССР расчетная средняя таксовая цена в худших условиях производства составляет около 13 р./м<sup>3</sup>, из которых на дифференциальный доход по плодородию приходится 4,3 р./м<sup>3</sup>, а по местоположению — 2,4 р./м<sup>3</sup>.

Затраты на лесовозобновление по конечным видам продукции в настоящее время не определяются, поэтому для их установления предложена методика исчисления себестоимости лесовозобновления в стадии смыкания крон и прироста древесины по методу действительных издержек лесовыращивания [2, 3].

На основе среднеотраслевых (среднезональных) цен на конечные результаты лесовыращивания устанавливаются нормативы общественно необходимых издержек производства. Тогда, вводя учет индивидуальных затрат на лесовыращивание по отдельным предприятиям отрасли (или зоны), можно создать экономическое стимулирование этих видов производства за счет экономии индивидуальных затрат на отдельных предприятиях по сравнению с их общественно необходимым уровнем.

7. Финансирование лесовозобновления, аналогично другим объектам капитального строительства, следует осуществлять из средств от реализации продукции лесовозобновления либо подразделениям лесовыращивания, либо сторонним организациям (сельского, коммунального, дорожного хозяйства и т. п.). Источником этих средств на первом этапе могут быть госбюджетные ассигнования, а в дальнейшем аморти-

зационные отчисления за основные фонды «лес», отчисления от прибыли и кредиты банка [4]. При этом лесовозобновление, независимо от его способа (лесокультуры, содействие естественному возобновлению, сохранение подроста и т. п.), должно оплачиваться по единым ценам, которые, например, в Литовской ССР для сосняков колеблются от 340 до 630 р./га в зависимости от качества молодняка.

8. В выращивании древесины, пока не найдено практически приемлемого решения проблемы учета объемов и качества выращенной за год древесины, плановые и фактические расходы можно ежегодно сопоставлять с нормативным плановым объемом выращивания древесины в хозяйстве, установленным раз в 5 лет и равномерно распределенным по годам пятилетки. По данным учета фактического приращения массы и качества древесины за пятилетний период будут внесены соответствующие коррективы по основному, результативным экономическим показателям работы, окончательно оценены результаты производственной деятельности и распределены фонды материального стимулирования. Следует отметить, что лесная таксация находится в большом долгу перед лесной наукой и практикой в отношении разработки надежных способов учета прироста древесины, и этот пробел должен быть восполнен в самое ближайшее время.

9. Выращивание древесины целесообразно финансировать по двум каналам. Весь объем годичного прироста в размере реализуемой продукции должен покрываться за счет выручки от реализации лесосечного фонда лесозаготовительным подразделениям или организациям по таксам.

Нереализуемая часть общего годичного прироста древесины, образующаяся вследствие преобладания более молодых возрастных категорий в лесном фонде и поступающая на пополнение накопленных запасов древесины в хозяйстве, оплачивается за счет специальных госбюджетных ассигнований по нормативам пополнения накопленных запасов древесины либо покрывается за счет специальных кредитов банка. Эти нормативы надо разрабатывать по породам в процессе лесоустройства данного хозяйственного объекта, как правило, раз в 10 лет. Сверхнормативное пополнение накопленных запасов древесины в хозяйстве финансируется за счет кредитов банка с повышенным процентом. Реализация древесины сверх ее прироста в хозяйстве может осуществляться вследствие преобладания в лесном фонде спелых и перестойных насаждений строго в пределах научно обоснованных нормативов. Отпуск древесины сверх таких нормативов, равно как и сверх ее прироста в хозяйствах с нормальным возрастным распределением, из товарной продукции исключается, а поступления по нему полностью перечисляются в бюджет.

Финансирование прочих видов продукции и услуг осуществляется в основном за счет поступлений от их реализации.

10. Гидромелиоративные сооружения, лесные дороги, прочие долговременные сооружения относятся к основным фондам лесохозяйственного производства.

Работы противопожарного характера (за исключением строительства дорог), лесозащитные мероприятия, а также лесохозяйственные работы (кроме рубок и строительства дорог), содержание и ремонт гидромелиоративных сооружений относятся к обслуживающему производству, затраты на которые включаются в себестоимость конечной продукции.

11. Экономическое стимулирование лесовыращивания осуществляется из прибыли, представляющей разность себестоимости и стоимости реализуемой конечной продукции, выраженной в отпускных ценах. Образование фонда материального поощрения должно быть поставлено в

зависимость от тенденции изменения возрастной структуры лесонасаждений в хозяйстве.

Реализация и приемка завершенной продукции может осуществляться на основе реорганизации системы управления лесным хозяйством по принципу внутрихозяйственной специализации с выделением в предприятии лесного хозяйства или в объединении специализированных подразделений цехового типа: а) лесовозобновления (включая лесосеменное дело и лесопитомническое хозяйство); б) лесовыращивания и охраны леса; в) лесозаготовок и первичной обработки лесных продуктов (включая заготовку прочих продуктов леса).

Более полное обеспечение эквивалентно-возмездных отношений на основе товарного обмена может быть получено при выделении самостоятельных предприятий специализированного назначения указанного профиля, причем лесопитомником должны выступать предприятия со специализацией по лесовыращиванию и охране леса.

Реализацию, приемку и оплату готовой продукции надо осуществлять по двухсторонним договорам между смежными отделениями предприятия либо между предприятиями на основе заранее оговоренных стандартов, условий и цен на поставляемую продукцию.

Предлагаемая концепция хозрасчета учитывает все виды производственных фондов, в действительности участвующих в формировании стоимости продукции лесовыращивания, включая лесонасаждения. Обеспечивается объективное отражение роли лесного хозяйства в формировании национального дохода страны. При условии планирования и учета лесовыращивания по конечным видам продукции создается реальная основа для действенного экономического регулирования процессов использования и воспроизводства лесных ресурсов и неуклонного повышения продуктивности лесов в соответствии с потребностями общества.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. КПСС. Съезд (27; 1986; Москва). Материалы XXVII съезда КПСС.— М.: Политиздат, 1986.— 352 с. [2]. Анцукевич О. Н. Вопросы экономики интенсивного лесного хозяйства.— Вильнюс: Минтис, 1970.— 132 с. [3]. Анцукевич О. Н. Экономическое обоснование лесовыращивания.— Вильнюс: ЛитНИИТИ, 1979.— 66 с. [4]. Анцукевич О. Н. Экономическую основу лесовосстановительным работам // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 1.— С. 10—12. [5]. Лобовиков Т. С. Концепция хозрасчетной организации лесохозяйственного производства // Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 89—98.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Методические указания по переводу на хозрасчет лесохозяйственной деятельности в предприятиях лесного хозяйства / ВНИИЛМ.— М., 1986.— 74 с.

Поступила 16 ноября 1987 г.

УДК 630\*6

### ЛЕСНОМУ ХОЗЯЙСТВУ — РЕАЛЬНЫЙ ХОЗРАСЧЕТ

Т. С. ЛОБОВИКОВ

Ленинградская лесотехническая академия

Главный источник слабостей и недостатков нашего лесного хозяйства (а их много) — его неудовлетворительная экономическая организация. Ассигнованные государством средства расходуются на исполнение работ в сметном порядке, независимо от результатов. Если в плане записаны какие-то работы, предусмотренные сметой расходов, надо деньги израсходовать строго по смете. Предприятия отчитываются перед вышестоящим органом исполнением отдельных работ и полнотой расходования сметы, а не конечным результатом и достигнутым эффек-

том; вышестоящий орган отчитывается теми же показателями. Но известно, что исполнение работ и расходование средств далеко не всегда приводят к желаемому результату, эффекту. Предприятие экономически не стимулируется не только за результат лесохозяйственной деятельности, но даже за экономию средств. Оно обязано израсходовать ассигнования полностью. Экономия не укрепит его финансы, но может обернуться снижением сметы на будущий год и «подорвать благополучие» предприятия. Такая экономическая организация порочна; она поощряет застой и безответственность в важнейшем деле воспроизводства лесных ресурсов, в то время как хозрасчетная деятельность — рубка леса и использование древесины — энергично стимулируется и жестко контролируется механизмом реализации продукции.

Недавнее постановление партии и правительства о создании комплексных предприятий [6] обеспечивает предпосылки для подъема лесного хозяйства на более мощной производственно-технической основе, решает многие кадровые и социальные проблемы, позволяет экологизировать лесозаготовки. Это прогрессивное решение. Но для его успешного осуществления необходима более эффективная экономическая организация лесного хозяйства, которая обеспечила бы усиление экономических рычагов, энергичное стимулирование и реальную экономическую ответственность за действительные результаты производства. Можно утверждать, что комплексирование предприятий, при сохранении существующей неудовлетворительной экономической организации лесохозяйственного производства и при наличии сильной хозрасчетной организации лесозаготовок и других промышленных производств, породит грозную опасность подавления важнейших долгосрочных интересов и задач государственного лесного хозяйства безоглядным стремлением к текущим выгодам предприятий.

Страна уже имеет печальный опыт такого рода. Его надо помнить. Соединение лесного хозяйства с лесной промышленностью в единых предприятиях при сметно-бюджетном финансировании лесохозяйственных работ имело место почти на всей территории страны с конца 1920-х гг. до 1947 г. Тогда производственные функции лесного хозяйства были слабо развиты, а лесопользование практически не регламентировалось и негативные следствия экономической организации не проявлялись ярко и не привлекали внимания. Позднее, в начале послевоенного периода была осознана неготовность объединенных предприятий к решению задач лесохозяйственного производства в условиях быстрого роста лесозаготовок и были почти повсеместно созданы специализированные лесохозяйственные предприятия (лесхозы, лесомашинные станции). Однако в 1959 г., в рамках общей реорганизации управления народным хозяйством (образование Совнархозов), лесхозы в РСФСР были упразднены, их функции и кадры переданы леспромхозам с сохранением сметно-бюджетного финансирования лесного хозяйства. И почти тотчас умножились массовые и грубые нарушения правил лесопользования; объемы лесохозяйственных работ местами возросли, но их качество резко снизилось (хотя исполнителями оставались те же работники и те же лесничие). И был сделан... обратный шаг — восстановлены лесхозы, независимые от леспромхозов, от лесной промышленности. Однако проблема не была снята. Именно в эти годы перед лесхозами, как и перед всеми другими предприятиями, встала задача существенного расширения производства предметов народного потребления (продовольственных и непродовольственных), энергично подхваченная многими лесоведами прежде всего потому, что такая деятельность давала предприятиям хозрасчетные доходы и материальную заинтересованность. Во многих случаях лесоводственная деятельность стала явственно отступать на второй план, рубки ухода начали превращаться в по-

гоню за выгодными сортами лесоматериалов, возникли стойкое уклонение от уходов за молодняками (трудоемких, но не дающих ликвидной древесины), скрытое использование бюджетных средств для промышленной деятельности, массовые утраты заложенных (и якобы заложенных) лесопосадок и т. п.

Комплексная организация лесных предприятий с сохранением сметно-бюджетной системы финансирования лесохозяйственных работ удержалась в ряде малолесных районов. Небольшие объемы лесопользования и наличие хороших лесоводственных традиций здесь несколько сдерживали негативные явления, но они все же развивались. Отсутствие вневедомственного контроля позволяло «не замечать» их, «не выносить сор из избы», пока проверка органами народного контроля в 1983—1984 гг. не вскрыла широкого распространения названных серьезных нарушений.

Тот очевидный факт, что негативные явления усиленно проявлялись в условиях сочетания лесоводственной деятельности предприятий с промышленной, породил у многих сдержанное, а иногда и отрицательное отношение к идее комплексирования. Но для этого нет оснований. Подлинная причина недостатков и опасностей в том, что промышленная деятельность энергично стимулируется и контролируется хозрасчетными отношениями в то время, как лесоводственная не стимулируется и не контролируется, не связана с подлинной ответственностью — ни административной, ни (что главное) экономической. В новой, прогрессивной комплексной организации предприятий лесному хозяйству необходимо придать новую экономическую организацию, не менее, а желательно и более, эффективную и стимулирующую, чем для производств лесозаготовки.

Лесоэкономическая мысль уже более 30 лет выступает с идеей хозрасчетной организации лесохозяйственного производства, но до недавнего времени почти безуспешно. Это можно как-то связать с общей застойностью нашей экономики в последние десятилетия. Ясно, что подлинный хозрасчет резко повышает ответственность предприятий и объединений за достижение реальных результатов производства, которые далеко не всегда обеспечивались в лесном хозяйстве. У многих его руководителей живут опасения за финансовое состояние предприятий при переводе их на хозрасчет, да и за собственное благополучие. Немало высокопоставленных лиц прямо противодействовали идее хозрасчета в лесном хозяйстве, что надлежит признать открыто. Нельзя не сказать также, что, наряду с разумными предложениями в области хозрасчета лесного хозяйства, вносились и слабо продуманные, которые лишь компрометировали здоровую идею. Экономисты не всегда достаточно и своевременно критиковали их, что способствовало скептическому отношению к идее хозрасчета.

Коренная перестройка нашего общества и его экономики требует изменить отношение к хозрасчету в лесном хозяйстве; теперь неловко отрицать его и противодействовать ему. В ряде регионов страны готовится его экспериментальное внедрение. Очень важно избежать при этом грубых ошибок. А есть основания думать, что они допускаются.

Уже более двух лет в Ленинградской и Новгородской областях функционируют «комплексные» леспромхозы, «вобравшие в себя» лесное хозяйство, финансирование которого до этого года оставалось традиционным, сметно-бюджетным. Но с 1 января 1988 г. Ленлес и Новгородлес отказались от госбюджета и затраты лесного хозяйства покрывают из...фонда развития производства. При этом леспромхозы продолжают вносить в бюджет попенную плату, но, видимо, в компенсацию за отказ от ассигнований на лесное хозяйство, Ленлес и Новгородлес выговорили себе освобождение от платы за фонды и еще кое-какие

льготы. Фонд развития производства Ленлеса в сумме 18,7 млн р. создан из реновационных отчислений по промышленным основным фондам (11,3 млн р.), отчислений от промышленной прибыли (1,5 млн р.), дотации Минлеспрома (2,6 млн р.) и прочих источников. А в расходовании его планом предусмотрено 8,5 млн р. операционных расходов лесного хозяйства. Что же получается? Если израсходовать эту сумму на содержание лесохозяйственного аппарата, лесоохрану, лесозащиту и возобновление на вырубках, у леспромхозов не хватит средств даже на восстановление основных фондов, а о развитии предприятий, техническом прогрессе производства и речь вести нельзя. Не станут ли леспромхозы экономить на лесном хозяйстве заменой посадок посевами и «содействием» естественному возобновлению, ослаблением охраны и защиты леса и т. п., поскольку экономить на штате сотрудников труднее и хлопотнее? Тем более, что порядок расходования операционных средств оставлен прежний (оплачиваются работы, а не их результат), какой-либо внешней приемки и оценки эффективности исполненных работ нет). Нет и постатейной отчетности расходования фонда развития (ведь отчетность подлежит общему сокращению!). Никакого хозрасчета в лесном хозяйстве, никакого его самофинансирования Ленлес и Новгородлес не создали, а хозрасчет промышленной деятельности исказили, ограничили, подрывают. Лесоводственной программе двух областей — ее должному построению и исполнению — нет экономических гарантий.

В системе бывш. Гослесхоза СССР экспериментируют лучше. Почти два года проверяется хозрасчет лесохозяйственной деятельности в Ковровском лесокombинате (ВНИИЛМ, Н. П. Рошин). С лета 1988 г. внедряется хозрасчет в леспромхозах Латвии (при участии ЛТА). В обоих случаях в основу положена концепция хозрасчета, выдвинутая нами в публикациях 1962—1977 гг. и повторно опубликованная в 1986 г. [2]\*. Это позволяет ограничиться лишь указанием ее определяющих положений. Исполнение лесохозяйственных работ надлежит оплачивать из оборотных средств предприятий (как это обычно делается во всяком производстве продукции), а израсходованные средства покрывать выручкой от сдачи (реализации) законченных лесоводственных объектов: сомкнувшихся лесокультур и молодняков, насаждений, улучшенных рубками ухода и санитарными рубками, реконструированных и мелиорированных дренажем, удобрениями, защищенных системой противопожарных полос и т. п. Эти объекты должны предъявляться государственной приемке и к оплате в состоянии, отвечающем стандартам и нормам качества по 2-3 уровням последнего. Объекты, не удовлетворяющие этим уровням, признаются либо браком, либо неготовыми и оплате не подлежат. Оплата тех объектов, которые приняты, должна обеспечивать полное возмещение затрат и прибыль в размере, достаточном для самофинансирования развития предприятия и решения социальных проблем коллектива. Цены следует дифференцировать по качеству исполнения объектов, по лесоводственно-типологическим условиям и характеристикам, экономическим зонам. Для защиты производства от влияния экстраординарных природных обстоятельств надо предусмотреть страхование создаваемых объектов. Выполнение непроизводственных, управленческих функций и охраны лесов можно оплачивать, пользуясь погектарными ставками, дифференцированными по условиям их исполнения. Откуда же брать деньги для оплаты продукции лесного хозяйства (лесоводственных объектов) и непроизводственных функций предприятий? Мы считаем предпочтительным сохранить госбюджетный источник для того, что войдет в государственный заказ, а для расширения лесоводственной программы сверх госзаказа привлекать собствен-

\* Некоторые положения этой концепции ранее предлагал И. В. Туркевич.

ные средства и средства возможных заказчиков (агропромы, коммунальное хозяйство и др.).

Леса — предмет исключительной государственной собственности; приобретать новые леса у создавших их предприятий и оплачивать их создание, улучшение может только государство; госбюджет тверже, чем любой другой источник, гарантирует финансирование лесоводственной программы государства и именно поэтому является лучшим источником. Но мы не исключаем возможности финансирования вне госбюджета, через общегосударственный фонд воспроизводства лесов (обязательно общегосударственный, а не какой-либо ведомственный!). Само собой разумеется, что государство, принимая на себя «лесной расход», должно иметь и какой-то «лесной доход» (вероятно, сбалансированные между собой); источниками лесного дохода должны остаться и плата за лес на корню (подлежащая серьезному улучшению), и правильно построенные рентные платежи лесной промышленности (дифференциальная рента положения и «плодородия»), а также отчисления из прибыли отраслей, использующих средообразующие, рекреационные и иные функции леса. Такова наша система взглядов на проблему.

Но существуют и другие взгляды, иные предложения. Один из них изложен в статье О. Н. Анцукевича [1]. Он выделяет в процессе лесовыращивания две стадии. Первая — стадия «лесовозобновления (лесокультуры)». Все, что написано им об этой стадии, во многом совпадает с нашими взглядами. Так, можно не спорить с толкованием производства лесокультур как вида капиталовложений (это в середине 1950-х гг. предлагал И. В. Туркевич). Но мы решительно не понимаем, что такое амортизация стоимости лесных культур в процессе дальнейшего развития леса и каким образом можно финансировать лесовозобновление за счет «амортизационных отчислений за основные фонды «лес».

Однако оставим это сейчас без внимания потому, что сам автор относит это предложение только к будущему, а не к современной практике. Серьезнее обстоит дело со второй стадией процесса лесовыращивания, которую автор называет стадией «производства древесины на корню, прочих лесных продуктов и полезных свойств леса». Мы находим такое определение неверным, непродуктивным и для дела хозрасчета опасным.

Оставим пока в стороне критику самого определения, рассмотрим его следствия. Встав на эту позицию, О. Н. Анцукевич, естественно, провозглашает, что продукцией на этой стадии являются объем выращенной древесины за год, годичный урожай лесных плодов, ягод, грибов, лекарственных растений (даже не сбор, а урожай!), а также «годовое проявление полезных свойств леса». Он пишет, что «хозрасчет предполагает соизмерение в стоимостной форме результатов производства с затратами на его осуществление». Он понимает, что для этого нужны и экономически обоснованные цены и измеренные объемы продуктов (результатов). Но как измерить продукцию названных видов, хотя бы объем выращенной за год древесины, отложившейся на растущих деревьях? Он согласен, что ежегодно этот объем определять невозможно, но утверждает, что раз в 5 лет можно измерить с достаточной точностью. Неверное утверждение! Даже при сплошном перечеке деревьев их объем может быть определен с точностью не выше  $\pm 5 \dots 10 \%$ , и то для больших территорий. Но такая «точность» (а вернее — неточность) совершенно недостаточна для хозрасчета, для денежных расчетов с предприятиями и трудовыми коллективами. Можно ли представить себе хозрасчет в производстве, скажем, машин или тканей, если количество продукта измеряется с ошибкой от  $+5$  до  $-5 \%$  или от  $-10$  до  $+10 \%$ ? Нонсенс! Ведь если при обычном приросте запаса  $1,5 \%$  в год измерить запас насаждений в начале пятилетки с ошибкой



+5 %, а в конце — с ошибкой —5 %, то предприятие при расчете придется не вознаграждать, а наказывать. А если наоборот? Ведь тоже не лучше!

О. Н. Андукевич журит таксационную науку за неразработанность более точных методов измерения прироста и требует ликвидировать «пробел... в самое ближайшее время». Требование суровое, но реальное ли?

В хозрасчетном производстве продукцию надо измерять точно, зримо, проверяемо, неоспоримо, исключая возможность ошибочных, несправедливых оценок и порождаемых ими конфликтов.

Измерение продукции лесовыращивания приростом древесины и других продуктов и полезностей леса непригодно и по другой причине. Ведь лес дает свой урожай, свои полезности и без помощи лесоводов. Тут дело не только в том, что, приписывая весь результат жизнедеятельности леса усилиям лесоводов, мы преувеличиваем эффект последних; это не так уж страшно. Но в таком «допущении» заложены большие опасности для лесного хозяйства, судеб леса. Если лесовод, предприятие сократит свои усилия и объемы лесоводственной деятельности, скажем, на год-другой, или сработает кое-как, лес будет жить, даст прирост и иные полезности практически в прежнем объеме; следовательно, и доход не упадет, и все вознаграждения сохранятся. Что же удержит от такого соблазна? И наоборот, если лесовод-энтузиаст (а они у нас есть) удвоит усилия, улучшит состояние леса на удвоенной против плана площади, это на приросте скажется не сразу. Будут ли он и предприятие хозрасчетно вознаграждены? Нет, скорее они будут наказаны, ибо затраты несколько возрастут, а «продукция» и доходы не увеличатся. К чему привел бы нас такой «хозрасчет»?

Нет, лесоводы не производят древесину на корню, не выращивают подосиновики и зайцев, не перекачивают влагу и кислород в атмосферу, не высасывают из нее углекислоту. Они даже ограничены в своих возможностях управлять этими процессами. Они способны делать это, только изменяя структуру и состояние леса и условия его жизнедеятельности, притом не раньше, чем осуществят эти изменения, а лес успеет отреагировать на них. Придя в какой-то участок леса, убрав из древостоя отмирающие, больные, ставшие бесполезными или опасными деревца, осушив или удобрив почву, подавив очаг поражения насекомыми или гнилью, лесовод дает простор благоприятному ходу естественных процессов на целый ряд лет или даже десятилетий, только наблюдая за ними. Такова «простая правда действительности», видеть которую «не увлекаясь кажущимся» учил нас Д. И. Менделеев.

Н. А. Моисеев, развивая лесоводственные идеи классиков, настаивает на том, что подлинным объектом лесохозяйственной деятельности является не отдельное насаждение, а достаточно большие их совокупности — «непрерывно продуцирующий лес — НПЛ», «хозяйственные секции» [3]. С этим, конечно, надо согласиться как с направляющей, координирующей идеей, отнюдь не упуская, однако, из вида, что непосредственным объектом трудового процесса всегда остается отдельный участок леса или лесных земель. С точки зрения НПЛ деятельность лесовода, помимо того, что мы уже сказали, является также формированием НПЛ, формированием, так сказать, Большого Леса, но никак не «производством» древесины, орехов, белок, атмосферной влаги.

Г. Ф. Морозов писал: «Задача лесовода — преобразовать действительность лесную» [4, с. 29] и что лесоводственное искусство «недаром же зовется не древоводством, не древесиной производством, а именно лесоводством... лесокультурная деятельность в целях получения древесины стремится создать леса» [6, с. 94], (разр. наша — Т. Л.). Заметьте: леса «создаются», а древесина «получается»! Лесово-

ды, пишущие об экономике, часто (и упорно) забывают эти заветы Учителя — блестящего ученого, глубокого мыслителя.

О. Н. Анцукевич пишет, что лес создается не ради леса, а ради благ, получаемых от него, в том числе древесины. Допустим (хотя ценим лес и как таковой). Но так же можно сказать о любом создании человека. Трактор создают для того, чтобы люди пахали поле и выращивали хлеб; но из этого никто не заключает, что продукцией тракторостроителей является хлеб или вспаханное поле, а все справедливо полагают, что такой продукцией надо признать тракторы. Утверждение О. Н. Анцукевича — не аргумент; возможно, это — механическое следование некоторым высказываниям К. Маркса, сделанным более 100 лет назад, в совсем иной обстановке.

Создавать, формировать, улучшать и оберегать лес, как необходимое условие существования здорового человека и цивилизованного общества, — гораздо более правильное и более высокое определение сущности благородной деятельности лесоводов и лесного хозяйства. Их продукт — лес. И на этом понятии надо строить экономический механизм лесовыращивания. Участок леса или любая четко обозначенная совокупность участков, как продукт производства, всегда зримы, точно измеримы и качественно оценимы. Наука и практика обладают для этого всем необходимым.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Анцукевич О. Н. Хозрасчет и лесовыращивание // Лесн. журн.—1988.— № 4.— С. 97—100.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Лобовиков Т. С. Концепция хозрасчетной организации лесохозяйственного производства // Лесн. журн.—1986.— № 3.— С. 89—98.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Моисеев Н. А. Воспроизводство лесных ресурсов.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 264 с. [4]. Морозов Г. Ф. Учение о типах насаждений.— М.; Л.: Сельхозгиз, 1930.— 410 с. [5]. Морозов Г. Ф. Учение о лесе.— 7 изд.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1949.— 456 с. [6]. Перестройка управления лесным комплексом // Лесн. пром-сть.—1988.— 19 марта.

Поступила 6 апреля 1988 г.

УДК 630\*6

### ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ В УСЛОВИЯХ РАДИКАЛЬНОЙ РЕФОРМЫ

А. П. ПЕТРОВ

Ленинградская лесотехническая академия

В сфере материального производства по состоянию на начало двенадцатой пятилетки лишь лесное хозяйство (его основная деятельность) имеет экономический механизм, построенный на бюджетном финансировании, существующий без принципиальных изменений более 50 лет. Причинами такого положения являются: бытующие представления о неограниченности лесных ресурсов и воспроизводимости их при незначительных объемах капитальных вложений и трудовых ресурсов; длительный период воспроизводства, разделяющий затраты и результаты; низкий уровень теоретических разработок и длительные схоластические споры между противоборствующими школами о возможности организации хозрасчетных отношений; слабо разработанная нормативная база планирования и анализа.

Низкий уровень экономических отношений в лесном хозяйстве имеет следствия.

1. Присвоение прибавочного продукта, создаваемого в сфере лесохозяйственной деятельности, смежными отраслями, занимающимися заготовкой и переработкой древесного сырья и пользующимися бесплатно другими услугами лесного хозяйства (сельское и водное хозяйство, рекреация и т. п.), приводит к занижению роли лесного хозяйства в лесном комплексе и экономике в целом. При существующих экономических отношениях в лесном хозяйстве затруднительно определить такие стоимостные показатели, как валовой продукт и национальный доход отрасли. Поскольку производственная трудовая деятельность не находит реального выражения, создается иллюзия бесплатности лесных ресурсов.

2. Не получая реального экономического признания, лесохозяйственная деятельность ограничена в возможностях развития собственной материально-технической базы по линии выделения средств на капитальные вложения, научные исследования, обеспечение материально-техническими и трудовыми ресурсами. Фондовооруженность рабочего в лесном хозяйстве значительно ниже, чем в промышленности, энерговооруженность в 3—5 раз меньше, чем на лесозаготовках. Научный потенциал в финансовом выражении — в расчете на 1000 работающих в 6—7 раз меньше, чем в лесопромышленном комплексе.

3. Ввиду непризнания реализации продукции лесохозяйственной деятельности ее результаты не контролируются, что вносит значительные искажения в динамику результирующих показателей воспроизводства лесных ресурсов (перевод лесных площадей в лесопокрытые, породная структура, продуктивность и др.).

4. Нарушается сбалансированное развитие лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности в пределах предприятий, областей, районов, когда производственная структура предприятий трансформируется в направлении преимущественного развития промышленных подразделений (лесозаготовок, деревопереработки, цехов товаров народного потребления, подсобных промыслов и т. п.). Эта тенденция проявляется повсеместно: более сильно экономически организованная промышленная деятельность диктует свои условия лесохозяйственной деятельности; в промышленном производстве действуют более высокие экономические стимулы как на уровне предприятий (фонды экономического стимулирования), так и для отдельных работников (тарифные ставки, оклады, премии).

5. В условиях двойного финансирования искажается реальный уровень многих экономических показателей, что создает иллюзию высокой эффективности развития лесозаготовок и деревопереработки в лесхозах. Достаточно сказать, что уровень рентабельности лесопильно-тарного производства на предприятиях лесного хозяйства в 2—3 раза выше, чем в леспромхозах, хотя там технический уровень и концентрация производства выше. Этот же фактор занижает реальные потребности лесного хозяйства в капитальных вложениях на строительство лесовозных дорог и развитие вспомогательно-обслуживающих производств, поскольку последние существуют за счет промышленной деятельности.

Котловой метод распределения затрат между лесопромышленной и лесохозяйственной деятельностью создает возможности злоупотреблений (приписки, бесконтрольность в расходовании средств и т. п.).

Сложившееся положение в экономике лесного хозяйства заставляет принять радикальные меры по перестройке хозяйственного механизма на базе внедрения полного хозяйственного расчета. По нашему мнению, следует различать два понятия хозрасчета в лесохозяйственной деятельности — на уровне отрасли и предприятия.

### 1. Хозрасчет и экономические отношения на уровне отрасли Лесное хозяйство

Основной принцип отраслевого хозрасчета — окупаемость всех затрат отрасли собственными доходами.

Отраслевые затраты включают: 1) текущие затраты на лесовыращивание, лесоохрану, защиту, повышение продуктивности лесов; 2) капитальные вложения на производственное развитие (строительство новых предприятий, внедрение научно-технического прогресса, реконструкция, техническое перевооружение, создание долговременных мелиоративных и других объектов); 3) капитальные вложения на социальное развитие (социально-бытовая инфраструктура); 4) финансирование научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ.

Источниками дохода от лесохозяйственной деятельности являются попенная плата и штрафы за лесонарушения. Бытует мнение, что сложившийся уровень попенной платы достаточен, так как он покрывает затраты на ведение лесного хозяйства. Это мнение ошибочно по следующим причинам:

а) круг затрат для сравнения с попенной платой принимают ограниченным; в затраты не включают амортизацию и капитальные вложения на производственное и социальное развитие;

б) текущие затраты по лесохозяйственной деятельности установлены на объемы работ, не обеспечивающие интенсивного развития лесного хозяйства во всех районах. Так, искусственное лесовосстановление по ряду районов осуществляется на 40...60 % тех площадей, где оно требуется; рубки ухода в молодняках охватывают лишь 10 % площади, запланированной лесоустройством; мелиоративный фонд осваивается на 5 %.

Если уровень попенной платы привести к уровню полных затрат в лесохозяйственной деятельности из расчета ее интенсификации на 10...20 %, то размер попенной платы необходимо увеличить в 1,8—2 раза. Если учесть дифференциальную ренту, образующуюся в лесном хозяйстве и на лесозаготовках из-за разницы в условиях лесовыращивания и освоения ресурсов, то общий размер попенной платы возрастет в 2,2—2,5 раза. При этом схема образования попенной платы выразится формулой

$$ПП = C + A + P_1 + P_2 + P_3,$$

где  $ПП$  — сумма попенной платы за лесопользование;

$C$  — текущие затраты на проведение лесохозяйственных работ, включая лесоохрану и управление (в существующей практике финансируются через операционные расходы);

$A$  — амортизация основных фондов;

$P_1$  — платежи прибыли в бюджет за используемые ресурсы;

$P_2$  — прибыль для производственного и социального развития лесного хозяйства как отрасли;

$P_3$  — дифференциальный доход.

Попенная плата реализуется через объемы отведенного в рубку лесосечного фонда и таксы, актом ее реализации является отвод лесосек для рубок главного пользования.

Наряду с формированием доходов лесного хозяйства, попенная плата должна стимулировать рациональное использование лесных ресурсов через углубленную дифференциацию такс. Ныне при общем низком уровне попенной платы ее дифференциация затруднительна.

Сравним попенную плату в Финляндии и СССР. В СССР уровень попенной платы в себестоимости продукции лесозаготовок в 1986 г. составил 1,5 р./м<sup>3</sup> (менее 10 %); поскольку рентабельность лесозаго-

товок была близка к нулевой, такова же доля ее и в оптовой цене. При существующем среднем уровне попенной платы 1,5 р./м<sup>3</sup> возможная ее дифференциация составит 0...3 р., т. е. разница в ценах на высококачественные и низкосортные лесоматериалы за счет попенной платы может быть только в пределах 3 р., что не соответствует разнице в потребительной стоимости сырья. Практически это приводит к тому, что дифференциация в ценах франко-потребитель происходит за счет затрат лесозаготовителей, делая заготовку листовенной и низкосортной древесины экономически невыгодной.

Дифференциация уровней попенной платы в Финляндии показана в таблице (в марках на 1 м<sup>3</sup> в 1985 г.)\*.

Сортименты, породы	Попенная плата	Цена	Доля, %
Пиловочник:			
сосновый	209	239	87
слытый	162	199	81
хвойный	182	218	83
лиственый	202	231	87
Балансы:			
сосновые	86	155	55
еловые	89	166	53
лиственые	62	130	48

При этом средний размер попенной платы с 1955 г. по 1985 г. возрос в Финляндии в 10 раз (в сравнимых ценах в 3,5 раза).

В настоящее время доля попенной платы в цене 1 м<sup>3</sup> древесины в СССР самая низкая по сравнению с развитыми капиталистическими и социалистическими странами. Это, с одной стороны, сдерживает интенсивное развитие лесного хозяйства ввиду ограниченности финансовых средств, с другой, не стимулирует рационального использования лесосечного фонда и лесоматериалов.

Введение в новом хозяйственном механизме платности природных ресурсов потребует обязательного учета в попенной плате дифференциального дохода, обусловленного различиями в условиях лесовыращивания и лесозаготовок. Образование и изъятие дифференциального дохода требует увеличения среднего уровня попенной платы на 30...40 % (по минимальной оценке) или на 70...80 % (по максимальной оценке).

Наряду с обоснованием размера попенной платы, в организации хозрасчета на отраслевом уровне необходимо решить вопрос о порядке ее изъятия и распределения. Здесь возможны следующие варианты.

1. Попенную плату изымают финансовые органы в бюджет (как это делается в настоящее время), образуя централизованные финансовые ресурсы для воспроизводства леса. Достоинство этого варианта — отработанный механизм изъятия попенной платы в любых случаях, даже когда лесозаготовительные предприятия находятся в трудном финансовом положении. Приоритет платежей в бюджет — неременное условие работы банка и финансовых органов. Недостаток варианта — зависимость объемов финансирования затрат на лесное хозяйство от внешних факторов, связанных с состоянием финансов по стране в целом и по республикам.

Если бюджет, изымая попенную плату через сложившийся механизм, обеспечит равенство:

$$ПП = ЗЛХ,$$

\* Yearbook of Forest statistics 1985.—Helsinki: The Finnish Forest Research institute, 1986.

где  $ZЛX$  — затраты на финансирование лесного хозяйства, то рассматриваемый вариант можно признать идеальным для организации полного хозрасчета на отраслевом уровне.

Опасение, что  $ZЛX < ПП$ , заставляет искать другие варианты организации отраслевого хозрасчета.

2. Попенную плату взимают у лесозаготовителей органы лесного хозяйства, аккумулируя ее поступление в едином отраслевом централизованном фонде, как это делается при образовании единого фонда развития науки и техники промышленных министерств в настоящее время.

Единый централизованный фонд создается из отчислений попенной платы за лесопользование во всех районах страны всеми предприятиями-пользователями независимо от ведомственного подчинения. При этом финансирование затрат на лесное хозяйство осуществляется по отдельным районам исходя не из сумм внесенной там попенной платы, а из планируемой их потребности в объемах лесохозяйственных работ и обеспеченности их трудовыми и материальными ресурсами.

По данному варианту

$$EФЛX = \sum_i ПП_i;$$

$$EФЛX = \sum_i ZЛX_i,$$

где  $EФЛX$  — единый отраслевой фонд затрат на лесное хозяйство;  
 $i$  — район страны (союзные, автономные республики, области, края);

$ПП_i$  — попенная плата, поступающая в единый фонд из  $i$ -го района;

$ZЛX_i$  — ежегодные финансовые ресурсы на развитие лесохозяйственной области.

При этом  $ПП_i = ZЛX_i$  только в исключительных случаях, в тех районах, где развитие лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности сбалансировано по доходам и расходам. По нашему мнению, число таких областей ограничено, если учитывать, что планирование потребности в средствах на развитие лесного хозяйства ( $ZЛX_i$ ) должно быть строго увязано с возможностями предприятий.

Распределение финансовых ресурсов из единого фонда по районам и далее по предприятиям должно осуществляться в форме государственного заказа, поскольку в процессе лесохозяйственного производства создаются объекты (выращенный лес), имеющие многофункциональное государственное назначение.

Каждому территориальному подразделению (союзной, автономной республике, области, краю, управлению, предприятию) должны доводиться задания по реализации объектов в виде промежуточных результатов лесохозяйственной деятельности по схеме

$$ZЛX_i = \sum_j W_j Z_j,$$

где  $j$  — номенклатура реализуемых объектов по лесохозяйственной деятельности (сомкнутые лесные культуры, пройденные рубками ухода площади, площади, улучшенные мелиорацией, и т. п.);

$W_j$  — объем реализации объектов в натуральном выражении;

$Z_j$  — цена за единицу объекта (промежуточного результата).

Недостатком самофинансирования на базе  $EФЛX$  может оказаться трудность аккумуляции (сбора) попенной платы без участия финансовых органов, поскольку отчисления попенной платы в фонд должны

осуществлять в основном предприятия, ведомственно не подчиненные Госкомлесу СССР.

3. Финансирование затрат на лесное хозяйство на территориальной децентрализованной основе, когда в пределах союзных, автономных республик, областей, краев обеспечивается равенство доходов (попенной платы) и затрат на создание лесохозяйственных объектов:

$$ПП_0 = ЗЛХ_0,$$

где  $ПП_0$ ,  $ЗЛХ_0$  — доходы и затраты для района.

Условием применимости данного варианта самофинансирования является сбалансированность доходов и затрат, при этом должна быть исключена возможность увеличения затрат за счет роста попенной платы по необоснованным причинам (завышение объемов расчетной лесосеки, переруб лесосеки по хвойному хозяйству и др.).

Региональный полный хозяйственный расчет должен иметь место лишь в условиях, когда планирование размеров попенной платы и средств на ведение лесного хозяйства должно проводиться независимо друг от друга, самостоятельно.

Возможность увеличения попенной платы «незаконными путями» в целях покрытия повышенных затрат в лесном хозяйстве признается нами как очевидный недостаток предлагаемого варианта самофинансирования.

Стремление территориальных организаций сбалансировать доходы в виде попенной платы и расходы на лесное хозяйство приводит к иллюзии, что попенная плата является продукцией лесного хозяйства с вытекающими последствиями о прямой зависимости между этими показателями.

Рассматриваемому варианту в большой мере присущ и недостаток, отмеченный при создании единого фонда, а именно трудность получения финансовых средств в виде попенной платы от лесозаготовителей, когда последняя включается в себестоимость лесопроductии в условиях низкой рентабельности (убыточности) лесозаготовок.

Вариант территориальной организации хозрасчета в лесохозяйственном производстве требует тщательной подготовки и контроля со стороны вневедомственных органов.

## II. Хозрасчет на уровне предприятий лесного хозяйства

Полный хозяйственный расчет и самофинансирование текущей лесохозяйственной деятельности должны осуществляться в соответствии с Законом о государственном предприятии на базе хозрасчетного дохода.

Хозрасчетный доход ( $ХД$ ) до первой модели образования (а именно эта модель должна быть при планировании производства на базе госзаказов) состоит из трех элементов:

$$ХД = ЗП + А + П_0,$$

где  $ЗП$  — фонд заработной платы по лесохозяйственной деятельности в связи с результатами производства в виде реализованных объектов;

$А$  — амортизация основных фондов\*;

$П_0$  — остаточная прибыль.

Если в отношении первых двух элементов хозрасчетного дохода не существует трудностей в их исчислении при переходе на самофинан-

\* По Закону амортизация не входит в хозрасчетный доход (Прим. ред.).

сирование, то остаточную прибыль необходимо определять в такой последовательности.

1. Устанавливают объем реализации по принятым в плане промежуточным результатам лесохозяйственной деятельности

$$OP_{\text{лх}} = \sum_j W_j Z_j,$$

где  $OP_{\text{лх}}$  — объем реализации в лесохозяйственной деятельности;  
 $W_j$  — объем реализации по  $j$ -му объекту лесохозяйственной деятельности (принятые площади лесных культур и территории после рубок ухода, введенные площади после мелиорации, созданные объекты противопожарной или биологической защиты и т. п.);

$Z_j$  — плановые цены за единицу созданных и принятых объектов лесохозяйственной деятельности.

Задания по объему реализации лесохозяйственных объектов ( $W_j$ ) доводят до предприятий в системе госзаказов в пятилетних планах.

Плановые цены утверждают по видам объектов отраслевыми органами ценообразования по согласованию с Госкомцен СССР, поскольку цены имеют только узкое отраслевое назначение. Методически цены рассчитывают на основании действующих моделей ценообразования.

2. Определяют затраты на лесохозяйственную деятельность по видам объектов и в целом ( $C_0$ ) путем сопоставления калькуляций полной себестоимости

$$C_0 = \sum_j W_j C_j,$$

где  $C_j$  — полная себестоимость единицы  $j$ -го объекта по калькуляции.

3. Устанавливают балансовую прибыль от лесохозяйственной деятельности

$$П_6 = OP_{\text{лх}} - C_0$$

или

$$П_6 = \sum_j W_j (Z_j - C_j).$$

4. Остаточную прибыль определяют по схеме

$$П_0 = П_6 - П_1 - П_2 - П_3,$$

где  $П_1$  — плата за производственные ресурсы (производственные фонды, трудовые и природные ресурсы);

$П_2$  — платежи банкам по ссудам;

$П_3$  — платежи из прибыли вышестоящим организациям.

Поскольку лесное хозяйство является природоохранительной отраслью, целесообразно на первом этапе экономической реформы ставить вопрос перед центральными экономическими и финансовыми органами об отмене для него платы за производственные фонды и природные ресурсы. Однако плата за трудовые ресурсы должна иметь место и в лесном хозяйстве в целях сокращения дефицита в рабочей силе.

5. Распределение остаточной прибыли по фондам экономического стимулирования — по нормативам.

Если хозрасчет в лесном хозяйстве будет организован по рассмотренному «сценарию», он будет аналогичен хозрасчету в промышленной деятельности, что сделает отрасль Лесное хозяйство равноправным экономическим партнером в системе производств и отраслей лесного комплекса.



Организационные мероприятия для осуществления хозрасчета текущей лесохозяйственной деятельности на уровне предприятий следующие:

1) переход на планирование лесохозяйственной деятельности через государственные заказы не по объемам работ, а по создаваемым объектам (промежуточным результатам);

2) установление отраслевых стандартов на объекты лесохозяйственной деятельности;

3) установление форм и методов приемки и реализации законченных объектов лесохозяйственной деятельности вневедомственными организациями (государственной инспекцией);

4) разработка и утверждение отраслевых цен на объекты лесохозяйственной деятельности, дифференцированных по районам;

5) разработка и утверждение отраслевых нормативных документов по планированию себестоимости, образованию и распределению хозрасчетного дохода.

Поступила 6 апреля 1988 г.

УДК 658.012.011.56 : 684

## РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ

П. ЖУКОВСКИ

Ленинградская лесотехническая академия

Для обеспечения непрерывности и ритмичности работы мебельных предприятий в каждом из них создаются и поддерживаются запасы различных видов древесных материалов. По поводу этих запасов в повседневной деятельности предприятий непрерывно принимаются решения, экономические последствия которых весьма существенны. В связи с этим необходима разработка оптимальной стратегии управления запасами древесных материалов в условиях неопределенности с применением экономико-математических методов и современной электронно-вычислительной техники. Такой подход к проблеме содействует также внедрению достижений научно-технического прогресса в управление мебельным производством [2, 4—6].

Уровень запасов древесных материалов на складе мебельного предприятия колеблется, что обусловлено их поступлением и расходом (рис. 1). Поступления зависят от поставок материалов и времени между ними. Расходы же связаны, главным образом, с производственным потреблением материалов цехами мебельного предприятия. Интервал времени между очередными поставками материалов (цикл поставок)

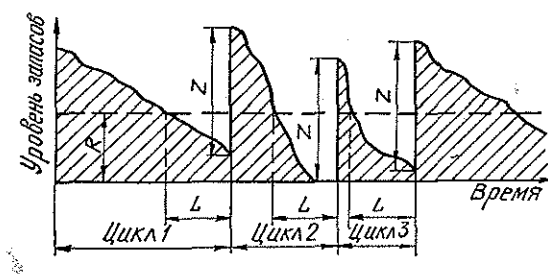


Рис. 1

в промышленной практике, как правило, меняется, как и производственное потребление отдельных видов основных древесных материалов.

На предприятии мебельной промышленности вопрос управления запасами древесных материалов отражает многие, часто противоречивые тенденции. Существуют разнообразные группы факторов (технических, организационных, экономических, финансовых и др.), воздействующих на уровень запасов. В связи с хранением на складах мебельных предприятий как слишком больших, так и слишком малых запасов основных древесных материалов возникают дополнительные затраты. Основным объектом оптимизации следует считать затраты, связанные с запасами. Критерием оптимизации должна быть минимизация уровня ожидаемых средних общих затрат на заказ и хранение запасов материалов, а также затрат (потерь) из-за нехватки на складе соответствующего запаса материалов в рассматриваемом периоде (например в течение года). В результате оптимизации целевой функции будет обеспечен необходимый для ритмичной реализации производственной программы уровень запасов древесных материалов при наименьших затратах [3, 7].

Для построения стохастической модели управления запасами введем следующие обозначения:

- $D$  — среднее производственное потребление определенного вида материала в рассматриваемом периоде (например, среднее годовое потребление);
- $Z$  — величина заказа (поставки) данного вида материала;
- $\frac{D}{Z}$  — среднее количество заказов;
- $R$  — запас данного вида материала;
- $K$  — постоянные затраты на заказ;
- $h$  — удельные складские затраты;
- $p$  — удельные затраты, имеющие характер потерь из-за отсутствия данного вида материала на складе;
- $v$  — производственное потребление материала в период поставки;
- $E(v)$  — ожидаемая величина производственного потребления материала в период поставки;
- $g(v)$  — плотность распределения вероятности производственного потребления материала в период поставки;
- $b$  — средний уровень недостающего запаса материала в период поставки;
- $B$  — средний уровень недостающего запаса материала на складе в рассматриваемом периоде;
- $E(B)$  — ожидаемый средний уровень недостающего запаса материала в рассматриваемом периоде;
- $L$  — период поставки (время реализации заказа) материала;
- $E$  — оператор математического ожидания;
- $F(R, Z)$  — целевая функция стохастической модели запасов.

Рассматривается склад основных древесных материалов на предприятии мебельной промышленности, где постоянно производится учет уровня запасов. Рассуждения касаются одного вида древесного материала (например пиломатериалы, ДСП, ДВП, черновые заготовки) в неограниченном интервале времени. Формирование уровня запасов материала на складе зависит главным образом от величины заказа  $Z$ , запаса  $R$  и производственного потребления (рис. 1). Анализ показывает, что для построения стохастической математической модели управления запасами достаточно знать распределение вероятности производственного потребления  $g(v)$  данного вида древесного материала в период поставки  $L$ . Допустим, что такое распределение вероятности слу-

чайной величины  $v$  известно. Построим стохастическую модель, с помощью которой можно определить оптимальный уровень запаса  $R_0$ , при котором следует сделать заказ, и оптимальную величину заказа  $Z_0$ , с тем, чтобы затраты, связанные с запасами в рассматриваемом периоде, были минимальными. Определение оптимального уровня величин  $R_0$  и  $Z_0$  и составляет проблему оптимизации целевой функции (затрат) с двумя переменными искомыми величинами [1, 3, 5, 7].

Перед построением целевой функции следует отметить, что в конце цикла (рис. 1) ожидаемый уровень запаса данного вида древесного материала на складе равен  $R - E(v)$ , а сразу после реализации заказа, т. е. в начале цикла (когда уровень запаса увеличивается на величину  $Z$ ), он равен  $Z + R - E(v)$ .

Таким образом, ожидаемый средний уровень данного вида древесного материала в цикле, когда в период поставки  $v \leq R$  (удовлетворена вся производственная потребность), можно выразить формулой:

$$\frac{[Z + R - E(v)] + [R - E(v)]}{2} = \left[ \frac{Z}{2} + R - E(v) \right], \quad (v \leq R). \quad (1)$$

Если производственный спрос в период поставки превышает уровень имеющегося запаса, т. е.  $v > R$  (имеет место явление неполной производственной обеспеченности), то ожидаемый в цикле (периоде) поставки средний уровень недостающего запаса данного вида древесного материала ( $b$ ) на складе:

$$b = \int_R^{\infty} (v - R) g(v) dv, \quad (2)$$

так как предполагаем, что нехватка запаса материала в цикле (периоде) поставки равна:

$$b(v) = \begin{cases} 0 & \text{при } v \leq R; \\ v - R & \text{при } v > R. \end{cases} \quad (3)$$

Следовательно, ожидаемый в рассматриваемом периоде средний уровень недостающего запаса данного вида древесного материала ( $B$ ) на складе получим по формуле

$$E(B) = bD/Z, \quad (v > R), \quad (4)$$

где  $D/Z$  — среднее число циклов поставок (также заказов) материала в рассматриваемом периоде.

По уровню запаса материала определим соответствующие затраты, умножая удельные затраты  $h$  и  $p$  на величины, входящие в правые части формул (1) и (4).

Целевая функция в модели управления запасами примет вид

$$E[F(R, Z)] = KD/Z + h[Z/2 + R - E(v)] + pbD/Z \rightarrow \min. \quad (5)$$

В уравнении целевой функции (5) первая часть суммы представляет собой средние затраты на заказы материала, вторая — средние складские затраты на хранение запаса, третья — средние затраты, имеющие характер производственных потерь из-за отсутствия на складе данного вида древесного материала в рассматриваемом периоде. Названные составные части определяют уровень запаса  $R$  и величины заказа  $Z$  материала. Изменение величин  $R$  и  $Z$  в целевой функции вызывает непосредственное изменение отношений между составными элементами затрат. Целевая функция (5) достигает минимума при оптимальных значениях  $R_0$  и  $Z_0$ . Таким образом, следует найти зависимости, по которым можно вычислить эти оптимальные величины [3, 5, 7].

Приравнивая нулю первые частные производные целевой функции (5) по переменным  $Z$  и  $R$ , получаем:

$$\partial E [F(R, Z)] / \partial Z = -KD/Z^2 + h/2 - pbD/Z^2 = 0; \quad (6)$$

$$\partial E [F(R, Z)] / \partial R = h - pD/Z \int_R^{\infty} g(v) dv = 0. \quad (7)$$

Отсюда имеем следующие соотношения для оптимальных значений  $Z_0$  и  $R_0$ :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{2D(K+pb)}{h}}; \quad (8)$$

$$\int_{R_0}^{\infty} g(v) dv = \frac{hZ_0}{pD}. \quad (9)$$

Однако эти формулы не выражают в явном виде оптимального решения ( $R_0, Z_0$ ). В связи с этим был разработан итерационный процесс, позволяющий найти это решение. Если в предельном случае  $R = 0$ , то из формулы (9) имеем:

$$Z_w = pD/h, \quad (10)$$

а из формулы (8)

$$Z_m = \sqrt{\frac{2D[K+pE(v)]}{h}}, \quad (11)$$

так как

$$b = \int_0^{\infty} vg(v) dv = E(v). \quad (12)$$

Если же в другом предельном случае  $R = \infty$ , то  $b = 0$  и из уравнения (8) следует:

$$Z_r = \sqrt{\frac{2DK}{h}}. \quad (13)$$

Значения основных параметров модели запасов и результаты определения оптимальных значений уровня запаса  $R_0$  и заказа  $Z_0$  данного вида древесного материала в производстве изделий из древесины

Тип изделия	Вид древесного материала	Основные параметры модели					Оптимальные значения искомым величин	
		$D, м^3$	$K, зл.$	$h, зл./м^3$	$p, зл./м^3$	$A$	$R_0, м^3$	$Z_0, м^3$
Кухонный гарнитур «Зося»	ДСП толщиной 19,4 мм	3510,5	92	200	4000	40	39,9	54,6
	ДСП толщиной 13 мм	272,8	80	200	4000	10	9,8	14,8
	ДСП толщиной 10 мм	195,4	70	160	4000	10	9,9	12,4
	Сосновые пиломатериалы	542,0	50	120	1500	15	14,9	20,8
	Сосновые черновые мебельные заготовки	121,0	80	200	1500	10	9,9	11,4
	ДСП «окаль»	157,8	40	80	1000	10	9,9	11,7

Продолжение табл.

Тип изделия	Вид древесного материала	Основные параметры модели					Оптимальные значения искомых величин	
		$D$ , м <sup>3</sup>	$K$ , зл.	$h$ , зл./м <sup>3</sup>	$p$ , зл./м <sup>3</sup>	$A$	$R_0$ , м <sup>3</sup>	$Z_0$ , м <sup>3</sup>
Гнутые стулья типа А-18/2 жесткие	Черновые мебельные заготовки длиной, см до 69	38,3	125	595	3580	10	9,6	14,0
	70...139	21,4	125	760	3580	10	9,5	11,1
	140...199	91,4	125	1190	3580	10	9,7	15,3
	200 и более	93,1	125	1360	3580	10	9,7	14,4
Корпус динамика типа ZG 10/2	ДСП толщиной 19 мм	150,0	110	410	1850	10	9,8	24,9
	ДСП толщиной 10 мм	620,7	110	530	1850	30	29,8	44,9
	Ольховые пиломатериалы толщиной 25 мм	52,8	110	150	1850	10	9,8	24,2

Примечание. Сокращение «зл.» — злотый — польская денежная единица.

Достаточным условием сходимости итерационного процесса (существования решения задачи) является неравенство

$$Z_w > Z_m. \quad (14)$$

Начиная процесс итерации с первого приближенного значения величины  $Z_1 = Z_r$  — см. формулу (13), с ростом числа итераций значение  $Z_i$  возрастает, а  $R_i$  уменьшается. Оптимальное значение  $R_0 = \lim_{i \rightarrow \infty} R_i$  ( $i$  — число итераций), а оптимальное значение  $Z_0$  выражается через  $R_0$  на основе зависимости (8).

Поскольку на практике численная реализация поиска оптимальных значений  $R_0$  и  $Z_0$  связана с довольно громоздкими вычислениями, то целесообразно итерационный процесс осуществлять с применением электронно-вычислительной техники. В связи с этим была разработана блок-схема алгоритма поиска величин  $R_0$  и  $Z_0$  (рис. 2) и программа для ЭВМ.

Построенная стохастическая модель управления запасами материалов поддается эмпирической проверке. Для этой цели были использованы статистические данные о стабильной хозяйственной деятельности мебельных и других деревообрабатывающих предприятий ПНР за 6-летний период. Оптимальные ве-

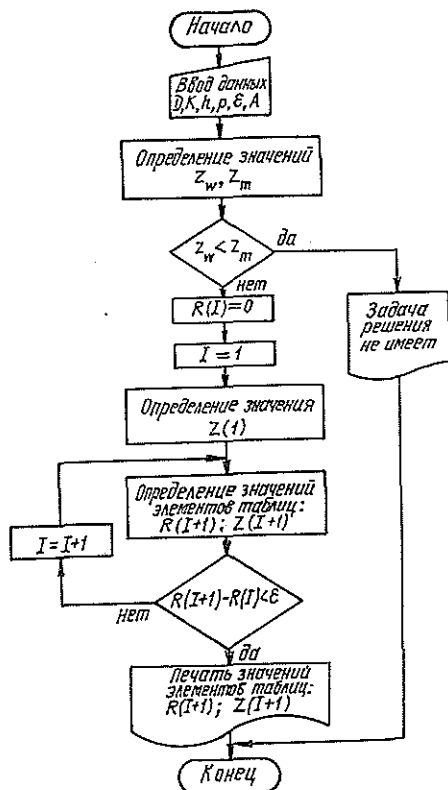


Рис. 2

личины определяли для всех основных видов древесных материалов, используемых в серийном производстве кухонных гарнитуров «Невка» и «Зося», комбинированных гарнитуров «Юбиляр», гнутых стульев типа А-18/2 — жестких и А-18/2 — мягких, гнутых кресел типа В-9 и В-18 и других изделий из древесины (см. таблицу). Во всех случаях фактические запасы были значительно выше вычисленных оптимальных. Самая большая разница в уровне запасов наблюдалась для пиломатериалов (до 27 %), самая маленькая — для древесноволокнистых плит (до 9 %). На практике, когда имеют место серьезные отклонения от среднего цикла поставок, заметны сильные тенденции к чрезмерному росту запасов сырья и материалов. Это явление неблагоприятно, особенно в случае напряженного баланса лесоматериалов, причем не только по экономическим соображениям (затратам), но также для эффективной организации снабжения сырьем и материалами.

Представленная модель запасов указывает метод разработки оптимальной стратегии управления запасами древесных материалов в конкретном предприятии в условиях неопределенности при серийном производстве мебели. Суть этой стратегии состоит в следующем: когда уровень запаса данного вида древесного материала на складе достигает величины  $R_0$ , следует сделать заказ, равный величине  $Z_0$ , чтобы средние общие затраты, связанные с запасами в рассматриваемом периоде, были минимальны [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Жуковски П. Возможности принятия управленческих решений на основе стохастических моделей линейного программирования // Науч. тр. Щецинск. ун-та.— 1986.— Т. 5, вып. 3.— С. 149—183. [2]. Жуковски П. Основные проблемы организации труда и экономики производства.— Варшава: Научиздат, 1986.— 542 с. [3]. Жуковски П. Стохастическая модель управления запасами основных древесных материалов // Пшемьсл. джевны.— 1987.— № 3.— С. 15—18, 23. [4]. Иванов Л. Б. Основы управления производством.— М.: Лесн. пром-сть.— 1979.— 224 с. [5]. Моррис У. Т. Наука об управлении. Байесовский подход.— М.: Мир, 1971.— 304 с. [6]. Петров А. П., Бурдин Н. А., Кожухов Н. И. Лесной комплекс. Вопросы теории и практики.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 296 с. [7]. Wagner H. M. Principles of Operations Research with Applications to Managerial Decisions.— Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.— 1264 p.

Поступила 13 июня 1988 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*231

**РОСТ ЕЛОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
ПОСЛЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РУБОК УХОДА**

*В. Ф. ҚОВЯЗИН, В. М. ҚОНОВАЛЕНКО, А. С. АНИКИН*

Ленинградская лесотехническая академия

При переводе рубок ухода на промышленную основу встает проблема комплексной механизации работ. Ее решение требует технологической организации лесосеки. Для прохода машин прорубают волоки, в результате снижается продуцирующая площадь. Кроме того, устойчивость еловых древостоев зависит от ширины пасеки [1].

Нами в 1986 г. исследованы рост и формирование насаждения после рубок ухода, проведенных в 1971 и 1977 гг. на пасеках разной ширины, с трелевкой колесными тракторами.

Работа выполнена на опытных объектах кафедры лесоводства в Лисинском учебно-опытном лесхозе ЛТА [2]. Лесозаготовку проводили в весенний период. Тип леса — ельник-кисличник, II класс бонитета. Почва модергумусная среднеподзолистая суглинистая на моренном валунном суглинке. Мощность горизонта А<sub>1</sub> в среднем около 9 см, что связано с наличием сравнительно богатого напочвенного растительного покрова (кислица, черника, майник и др.).

Лесоводственная и таксационная характеристика древостоя дана в табл. 1.

Таблица 1

**Характеристика насаждений**  
(а — до рубки 1971-1977 гг., б — после рубки, в — в 1986 г.)

Но- мер уча- стка	Состав	Воз- раст, лет	Средние		Пол- нота	За- пас, м <sup>3</sup> /га	Ин- тен- сив- ность руб- ки, %
			вы- сота, м	диа- метр, см			
1	а — 5Е1С2Ос1Б1Ол	39	13,6	10,8	0,8	171	27
	б — 6Е1С2Б1Ос + Ол		13,7	11,0	0,7	125	
	в — 6Е2Б1С1Ос	48	17,4	17,3	0,9	205	
2	а — 6Е2Б2Ос + С	39	15,6	9,8	0,8	143	32
	б — 7Е2Б1Ос + С		15,6	10,5	0,6	97	
	в — 6Е2Ос1Б1С	48	17,6	18,9	1,0	255	
3	а — 4, 4Е3, 5Б2, 1С	32	11,2	10,0	0,9	161	31
	б — 5Е4Б1С		11,0	9,8	0,7	107	
	в — 4, 5Е4, 5Б1С	45	16,2	14,0	1,2	275	

Рубки проводили бензопилой «Дружба» под углом 40° по хлыстовой технологии (табл. 2). Способ очистки лесосек — укладывание порубочных остатков на волок. Деревья в рубку отбирали комбинированным методом. Выборка в пасеках слабая.

Таблица 2

**Технология проведения рубок ухода**

Но- мер уча- стка	Год руб- ки	Ширина, м		Марка трактора на тре- левке
		па- секи	во- лока	
1	1977	30	3	Л-101
2	1977	6	2	МТЗ-50Л
3	1971	22	2,5...3,0	Т-40ЛБ

Высокая интенсивность обусловлена вырубкой древесины с волоков. Поэтому после проведения механизированных рубок ухода состав древостоя улучшился незначительно.

Как известно, повышенному воздействию факторов внешней среды подвергается разреженный древостой, особенно близстоящие к волоку деревья. Наши исследования имели целью сравнить рост деревьев, растущих на различном расстоянии от волока.

Для этого на опытных объектах выполнен сплошной перемер деревьев по 5-метровым полосам. У трех деревьев каждой ступени толщины замерены высоты. Камеральные работы выполнены по общеизвестным в таксации методам [4]. Полученные таксационные показатели пересчитаны на 1 га и приведены в табл. 3.

Таблица 3

## Средние таксационные показатели древостоя через 9 лет после рубок ухода

Ширина пасаек, м	Расстояние от волока, м	Таксационные показатели							
		Состав		Средние		Полнота		Густота, шт./га	Запас, м <sup>3</sup> /га
		по запасу	по густоте	высота, м	диаметр, см	абсолютная, м <sup>2</sup>	относительная		
6	До 6	5Е2Б2Ос1С	7Е2Б0, 5Ос 0,5С	16,7	17,2	22,7	0,9	1 266	194
22	До 5,4	3Е1, 6Б1, 4Ос 1С	7Е1,3Б0, 9Ос 0,8С	18,1	17,4	26,9	1,0	1 511	216
	5,5... 11,0	5Б4Е1С	6Е3Б1С	17,0	15,2	35,2	1,3	2 250	261
30	До 5,0	7Е1Б1Ос1Б	7Е2Б1С+Ос	17,6	19,1	26,0	0,9	1 071	227
	5,1... 10,0	5Е4Ос1Б+С	6Е2Ос1,3Б 0,7С	17,5	18,7	32,5	1,0	1 211	260
	10,1... 15,0	7Е2Ос1Б+С	7Е2Б1Ос+С	17,7	18,9	34,1	1,1	1 270	276

В настоящее время таксационные показатели древостоев на ближних к волоку полосах лучше, чем для древостоев в центральных полосах. Здесь, по-видимому, оказывает влияние опущенный эффект [3]. Сравнительно худший рост деревьев в середине пасаек отмечают и другие исследователи [5], объясняя это биологическими закономерностями роста деревьев.

В древостое, где проведены рубки ухода 6-метровыми пасаками, меньше запас, густота и полнота, что можно объяснить гибелью деревьев от неблагоприятных внешних факторов. Усиление роста оставшихся деревьев не компенсирует потери продуктивной площади при прорубке волоков.

Таким образом, на участках, где рубки были проведены 30-метровыми пасаками, древостой быстрее восстанавливает запас и полноту, что позволяет провести следующий прием проходной рубки.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бухт С. Рубки ухода за лесом в Швеции. Требования и пути для достижения хорошего лесоводственного качества насаждений // Проблемы рубок ухода: Матер. конф. ИЮФРО.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— С. 27—33. [2]. Калинин Л. Б., Коноваленко В. М. Лесоводство. Опытные механизированные рубки ухода в Лисинском учебно-опытном лесхозе.— Л.: ЛТА, 1983.— 42 с. [3]. Ковязин В. Ф., Воробьев Ю. А. Лесоводственная оценка механизированной технологии комплексных рубок леса // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1988.— С. 53—58. [4]. Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора.— М.; Л.: Гослесбумиздат, 1952.— 859 с. [5]. Чистяков А. Р. Влияние сети трелевочных волоков на прирост деревьев при рубках ухода // Лесохозяйств. информ.— 1977.— Вып. 18.— С. 10—12.



УДК 630\*561

## МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРИРОСТА НАСАЖДЕНИЙ

С. Н. СВАЛОВ  
ВНИИЛМ

Эффективность внесения удобрений, осушения, рубок ухода и других лесохозяйственных мероприятий устанавливают по величине дополнительного прироста насаждений. Отрицательные значения дополнительного прироста характеризуют влияние неблагоприятных факторов на лесные насаждения, таких как промышленные эмиссии, нападение насекомых-вредителей, рекреационное воздействие.

Самый простой метод определения дополнительного прироста  $\Delta Z_{\Theta}$  какого-либо таксационного признака  $\Theta$  насаждения — измерение и расчет средних (или суммарных) значений текущего прироста этого признака на двухсекционной пробной площади, на одной из секций которой проведено исследуемое мероприятие, а другая оставлена в качестве контрольной:

$$\Delta Z_{\Theta} = Z_{\Theta 1} - Z_{\Theta 2}, \quad (1)$$

где  $Z_{\Theta 1}$  и  $Z_{\Theta 2}$  — прирост по таксационному признаку  $\Theta$  на исследуемой и контрольной секциях.

Для определения  $Z_{\Theta 1}$  и  $Z_{\Theta 2}$  строят уравнения регрессии значений этих приростов в зависимости от диаметров  $d$  или квадратов диаметров стволов на высоте груди соответственно для исследуемой и контрольной секций, а затем рассчитывают  $\Delta Z_{\Theta}$ , используя данные перечетов стволов по ступеням толщины и выравненные по уравнениям регрессии значения текущих приростов  $\hat{z}_{\Theta t}$  таксационного признака  $\Theta$  на опытной ( $t=1$ ) и контрольной ( $t=2$ ) секциях.

При выравнивании измеренных значений текущих приростов по радиусу  $z_r$  и высоте деревьев  $z_h$  в качестве независимой переменной берут диаметры стволов  $d$ , а для текущих приростов по площадям сечений  $z_g$  и объемам стволов  $z_v$  — квадраты диаметров. Вместо  $d$  иногда принимают относительные диаметры  $R_d$ , выраженные в долях от среднего диаметра древостоя:  $R_d = d/D_t$ . Средние квадратичные диаметры  $D_t$  рассчитывают по материалам перечетов деревьев по ступеням толщины для каждой секции ( $t=1, 2$ ).

Наиболее трудный момент при организации работ по закладке пробных площадей для оценки эффекта от лесохозяйственных мероприятий — подбор двух однородных секций пробной площади. В связи с тем, что невозможно подобрать абсолютно однородные участки, дополнительный прирост, получаемый путем сравнения результатов таксации на опытной и контрольной секциях, не может характеризовать действительный эффект от проведенного лесохозяйственного мероприятия.

Для устранения систематической ошибки, возникающей из-за различий в изучаемых таксационных характеристиках сравниваемых секций до проведения хозяйственного мероприятия, И. В. Бочаров [1] предложил оценивать дополнительный радиальный прирост на основе построения не двух, а четырех регрессионных зависимостей значений  $z_r$  от  $R_d$ :

$$\hat{z}_{rt} = b_{0t} + b_{1t}R_d, \quad t = 1, 2, 3, 4, \quad (2)$$

где  $\hat{z}_{rt}$  — выравненные значения радиального прироста на опытной ( $t=1$ ) и контрольной ( $t=2$ ) секциях после воздействия и, соответственно, на опытной ( $t=3$ ) и контрольной ( $t=4$ ) секциях до проведения хозяйственного мероприятия;

$b_{0t}$  и  $b_{1t}$  — свободные члены и коэффициенты соответствующих регрессий ( $t=1, 2, 3, 4$ ).

Радиальный прирост за периоды до и после проведения хозяйственного мероприятия измеряют одновременно на одних и тех же деревьях. В предположении, что различие в радиальных приростах, существовавшее между совокупностями деревьев опытной и контрольной секций в период до проведения хозяйственного мероприятия, должно сохраниться без изменения до момента измерения прироста после воздействия, дополнительный радиальный прирост при относительном диаметре  $R_d$  будет составлять:

$$\Delta z_r = b_{01} - b_{02} - b_{03} + b_{04} + (b_{11} - b_{12} - b_{13} + b_{14})R_d = b_0 + b_1R_d. \quad (3)$$

Таким образом, дополнительный радиальный прирост  $\Delta z_r$  имеет линейную зависимость от диаметров  $d$  или относительных диаметров  $R_d$  стволов на высоте груди.

В работе [1] показано, что коэффициенты  $b_0$  и  $b_1$  уравнения (3) являются достоверными при вероятности безошибочного заключения 0,68.

Эффективность регрессионных оценок  $\widehat{\Delta z_r}$  можно увеличить двумя путями: 1) вместо четырех регрессий (2) рассчитывать две множественные регрессии с удвоенным объемом выборки, включив фиктивную переменную, характеризующую наличие или отсутствие воздействия; 2) обычный метод наименьших квадратов при расчете свободного члена и коэффициентов регрессии заменить взвешенным методом наименьших квадратов. Учитывая, что связь  $\Delta z_r$  с  $R_d$  имеет линейный вид (3), для данных, полученных на опытной и контрольной секциях, строят две множественные регрессии: 1) для периода после проведения хозяйственного мероприятия ( $l=1$ ); 2) до воздействия ( $l=2$ ):

$$\widehat{z_{rl}} = b_{0l} + b_{1l}R_d + b_{2l}x + b_{3l}R_dx, \quad l = 1, 2, \quad (4)$$

где  $x$  — фиктивная переменная, имеющая значение 1 для опытной секции и 0 — для контрольной.

Величина  $b_{21} + b_{31}R_d$  характеризует дополнительный радиальный прирост без учета различий в приросте до воздействия на сравниваемых секциях. Если следовать допущению уравнения (3) о стабильности различия в радиальных приростах на сравниваемых секциях, то скорректированные значения дополнительного радиального прироста для относительных диаметров  $R_d$  равны:

$$\widehat{\Delta z_r} = b_{01} + b_{21} - b_{02} - b_{22} + (b_{11} + b_{31} - b_{12} - b_{32}) R_d, \quad (5)$$

где  $b_{jl}$  ( $j=0, 1, 2, 3; l=1, 2$ ) — оценки параметров регрессий (4).

Более точные оценки  $\widehat{\Delta z_r}$  можно получить в предположении изменения различия в  $z_r$  на сравниваемых секциях пропорционально изменению значений  $z_r$  за период между двумя измерениями:

$$\widehat{\Delta z_r} = b_{21} + b_{31}R_d - \frac{(b_{22} + b_{32}R_d)(b_{01} + b_{11}R_d)}{b_{02} + b_{12}R_d}. \quad (6)$$

Для повышения точности определения среднего значения дополнительного радиального прироста  $\Delta Z_r$  следует рассчитывать оценки  $b_{jl}$  не обычным, а взвешенным методом наименьших квадратов с весами наблюдений  $\sqrt{w} = 1/R_d$ . При этом можно пользоваться схемой вычислений обычного метода наименьших квадратов, если регрессии (4) представить в виде:

$$\widehat{y_l} \equiv \widehat{z_{rl}/R_d} = \frac{b_{0l}}{R_d} + b_{1l} + \frac{b_{2l}x}{R_d} + b_{3l}x, \quad l = 1, 2. \quad (7)$$

Дополнительный радиальный прирост древостоя  $\Delta Z_r$  находят по формуле (6), подставляя в нее оценки  $b_{jl}$ , рассчитанные взвешенным методом наименьших квадратов, и  $R_d = 1$ . Для определения дополнительного текущего прироста по сумме площадей сечений  $\Delta Z_G$  или запасу древостоя  $\Delta Z_M$  значения приростов по площадям сечений  $z_g$  или объемам стволов  $z_v$  выравнивают взвешенным методом наименьших квадратов с весами  $\sqrt{w} = 1/R_d$  по регрессиям

$$\widehat{z_{gl}} \text{ (или } \widehat{z_{vl}}) = b_{0l} + b_{1l}R_d^2 + b_{2l}x + b_{3l}R_d^2x, \quad l = 1, 2. \quad (8)$$

Оценки  $b_{jl}$  взвешенных регрессий (8) можно получить с помощью обычного метода наименьших квадратов для регрессий

$$\widehat{y_l} \equiv \widehat{z_{gl}/R_d^2} \text{ (или } \widehat{z_{vl}/R_d^2}) = \frac{b_{0l}}{R_d^2} + b_{1l} + \frac{b_{2l}x}{R_d^2} + b_{3l}x, \quad l = 1, 2. \quad (9)$$

Дополнительные приросты  $\Delta Z_G$  и  $\Delta Z_M$  равны

$$\Delta Z_G \text{ (или } \Delta Z_M) = (b_{21} + b_{31}) N_1 - \frac{(b_{22} + b_{32}) N_3 (b_{01} + b_{11}) N_2}{(b_{02} + b_{12}) N_4}, \quad (10)$$

где  $N_t$  — густота древостоя на опытной ( $t=1$ ) и контрольной ( $t=2$ ) секциях после проведения хозяйственного мероприятия и на этих же секциях ( $t=3$  и  $t=4$ ) до воздействия на насаждение, деревьев/га.

Точность метода проверена на материалах таксации двухсекционной пробной площади, заложенной в ельнике-кисличнике I класса бонитета со средним диаметром древостоя на контрольной секции  $D_2 = 23,2$  см через 9 лет после внесения на опытной секции 270 кг/га азотного удобрения. Установлено, что при оценке  $\Delta Z_r$  и  $\Delta Z_G$  эффективность предполагаемого метода примерно в два раза выше, чем при расчете этих показателей на основе четырех парных регрессий, т. е. при одинаковой точности результатов требуется вдвое меньше учетных деревьев для измерения прироста.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Бочаров И. В. Оценка действия азотных удобрений в еловых древостоях с применением регрессионного анализа // Математические методы и ЭВМ в лесохозяйственных задачах.— М.: ВНИИЛМ, 1979.— С. 161—170.

УДК 630\*181.36

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ  
КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ДЕРЕВЬЕВ\*

Ю. М. ДЕБРИНЮК, И. И. МЯКУШ

Львовский лесотехнический институт

Известно, что корневые системы деревьев в насаждениях обладают способностью пространственного взаимопроникновения.

Мы исследовали пространственную структуру корневых систем в лесных культурах 30-летнего возраста на территории Верховинского лесокombината в условиях Украинских Карпат. Почвы — бурые горно-лесные оподзоленные среднемощные, тип лесорастительных условий — влажный сугруд. Состав насаждения — 7Е2П1Бк+Кл. Размер пробной площади 100 × 10 м.

Исследования показали, что деревья одного возраста, но разных видов и групп роста, используют для своей жизнедеятельности различные площади питания (табл. 1).

Таблица 1

## Стереометрическая характеристика корневых систем

Группа роста деревьев	Число деревьев на 1 га, шт.	Площадь питания одного дерева, м <sup>2</sup>	Среднегодовой прирост площади питания на 1 га, м <sup>2</sup>	Объем питания одного дерева, м <sup>3</sup>	Среднегодовой прирост объема питания на 1 га, м <sup>3</sup>	Площадь проекции кроны одного дерева, м <sup>2</sup>	Среднегодовой прирост площади проекции кроны, м <sup>2</sup>	Отношение площади проекции кроны к площади проекции кроны
Ель обыкновенная								
Лучшие	300	26,8	270,0	5,78	57,0	17,8	117,0	1,5
Средние	940	18,2	564,0	2,65	84,6	5,7	178,6	3,2
Отстающие	800	9,1	240,0	1,28	32,0	5,9	160,0	1,5
Пихта белая								
Лучшие	80	58,2	155,2	29,10	77,6	16,0	42,4	3,6
Средние	290	38,5	371,2	15,42	147,9	11,2	107,3	3,4
Отстающие	290	13,3	127,6	4,86	46,4	2,3	23,2	5,8
Бук лесной								
Лучшие	150	38,7	193,5	12,89	64,5	6,2	30,0	6,2
Средние	500	13,3	220,0	2,66	45,0	4,7	80,0	2,8
Отстающие	880	7,8	228,8	1,04	26,4	1,5	44,0	5,2
Клен-явор								
Лучшие	30	31,1	31,2	7,30	7,2	6,1	6,0	5,1
Средние	50	33,1	55,0	6,96	10,0	2,2	3,5	15,0
Отстающие	200	13,5	90,0	1,58	10,0	1,1	8,0	12,3

\* Работа выполнена под руководством д-ра с.-х. наук проф. М. И. Калинина.

Превышение площади питания лучших деревьев над отстающими в росте составляет: для ели — 2,9, пихты — 4,3, бука — 4,9, клена-явора — 2,3 раза.

Наименьший объем почвенного питания наблюдается у ели, что объясняется слабым развитием корней вертикальной ориентации. У пихты белой, образующей мощные стержневые корни, он в 3—6 раз больше, чем у ели. Показатель превышения объема почвенного питания лучших деревьев над отстающими в росте значительно превышает этот же показатель по площади питания и составляет: для ели — 4,5, пихты — 5,9, бука — 12,4, клена-явора — 4,6 раза.

Площади горизонтальных проекций корневых систем исследуемых пород для трех групп роста превышают, в некоторых случаях значительно, площади проекции кроны, особенно у деревьев, отстающих в росте. Следовательно, у более слабых деревьев интенсивность роста кроны снижается сильнее, чем у корней. Соотношение сумм проекций корневых систем в смешанных насаждениях показывает, насколько интенсивно используется жизненное почвенное пространство деревьями соответствующих пород.

Важное значение имеет изучение не только плоскостного, но и объемного взаимопроникновения корневых систем. Объем почвенного пространства, занимаемого корневой системой каждого дерева, есть производное от площади ее горизонтальной проекции и глубины проникновения лидирующего корня вертикальной ориентации. В процессе роста, когда большинство корней вертикальной ориентации достигает определенной глубины, почвенное пространство, занятое корневой системой, принимает форму усеченного конуса.

Биологические взаимоотношения между древесными породами во многом определяются степенью насыщенности корнями данного объема почвы [2]. Для анализа такого показателя при исследовании пространственной структуры подземной части древостоев целесообразно применять коэффициент напряженности использования почвенного пространства, представляющий отношение общей длины скелетных корней дерева к объему почвы, освоенному его корневой системой:  $K_n = L/V_d$  м/м<sup>3</sup> [1]. Изменение коэффициента напряженности для исследованных пород приведено в табл. 2.

Таблица 2

Изменение коэффициента напряженности  
в зависимости от группы роста исследуемых пород

Группа роста деревьев	Модельные деревья		Суммар- ная длина скелет- ных кор- ней $L$ , м	Кэффи- циент напря- женности $K_n$ , м/м <sup>3</sup>
	$H$ , м	$D$ , см		
Ель обыкновенная				
Лучшие	16,7	18,9	1170,0	201,7
Средние	15,6	13,5	387,4	143,5
Отстающие	10,5	7,2	69,5	53,5
Пихта белая				
Лучшие	16,3	17,4	1016,0	34,9
Средние	12,8	11,8	338,7	22,0
Отстающие	8,1	6,7	71,3	14,6
Бук лесной				
Лучшие	11,4	9,6	549,6	42,6
Средние	10,9	6,3	133,7	49,5
Отстающие	6,8	3,7	81,3	81,3
Клен-явор				
Лучшие	13,8	8,2	255,2	35,0
Средние	10,9	4,4	116,4	19,4
Отстающие	5,6	2,4	53,9	33,7

У деревьев лиственных пород, отстающих в росте, коэффициент напряженности возрастает. У бука лесного это увеличение превышает 1,9 раза, что указывает на большой резерв жизнедеятельности у деревьев лучшего роста.

Коэффициент напряженности, характеризуя одну из биологических особенностей корневых систем, отражает важный аспект их морфологического строения — компактность (плотность, габаритность) [1]. У ели корневая система более компактна, чем у пихты, так как у первой в одном и том же объеме почвенного пространства размещается большее количество корней.

Высокая напряженность использования почвенного пространства деревьями, отстающими в росте, обусловлена также пространственным взаимопроникновением корневых систем, когда данный объем почвы используется несколькими деревьями. Это одна из причин естественного изреживания густых насаждений. Следовательно, интенсивность корненаселенности почвы можно регулировать выборкой определенного числа деревьев разных групп роста.

В лесокультурном деле положительный результат дает совместное выращивание древесных пород, обладающих различной компактностью корневых систем, например, пихты с елью, бука с пихтой и др. При совместном произрастании древесных пород с примерно одинаковой компактностью корневой системы результат значительно хуже.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Калинин М. И. Формирование корневой системы деревьев.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 152 с. [2]. Рахтеенко И. Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород.— М.: Гослесбумиздат, 1952.— 108 с.

УДК 630\*182.2(470.22)

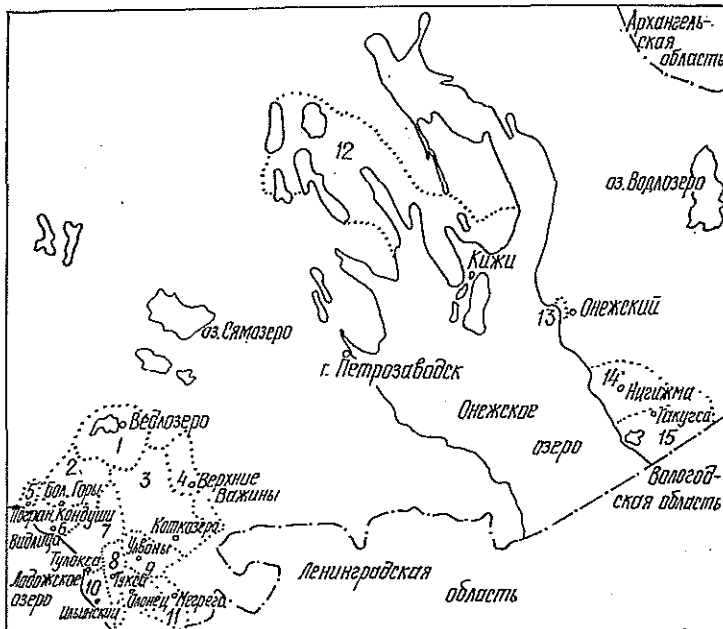
### РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ АНТРОПОГЕННОЙ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ ЛАНДШАФТОВ ЮЖНОЙ КАРЕЛИИ за 1840—1980 гг.

А. Н. ГРОМЦЕВ

Институт леса Карельского филиала АН СССР

Цель исследования динамики лесного покрова региона — определить общие тенденции его изменения с начала антропогенного воздействия. В качестве исходных использованы материалы устройства лесов южной Карелии 1844—1863 гг., обнаруженные в Центральном государственном архиве Карельской АССР. Есть все основания считать, что они являются первыми документами подобного рода для лесов региона и в этом смысле уникальны.

Всего найдены описания 15 лесных дач общей площадью около 736 тыс. га в пределах трех крупных районов — Олонецкого, Заонежского и Пудожского (см. рису-



Районы исследований. Лесные дачи: 1 — Ведлозерская; 2 — Горская; 3 — Коткозерская; 4 — Задненикифоровская; 5 — Погран. Кондуши; 6 — Видлицкая; 7 — Тулокская; 8 — Туксинская; 9 — Верховская; 10 — Ильинская; 11 — Мегрегская; 12 — Кижская; 13 — Уновская; 14 — Нигижемская; 15 — Гакугская

Динамика лесов в контурах лесных дач по данным лесоустройства 1847-1983 гг.

Группа наладчиков	Площадь, тыс. га	% от покрытой лесом площади						% от общей площади											
		Сосна		Ель		Лиственные		Всего покрытой лесом площади		Проглашенные и необлесившиеся вырубки		Сельхозугодья и населенные пункты							
		1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863	1847—1863						
I	284,775	48,5	21	-56,5	41,5	45,5	+9,5	10	33,5	+235	74,5	75,5	+1,5	4	3	-25	4,5	3,5	-22
II	288,644	56,5	35,5	-37	33,5	29	-13,5	10	35	+250	67	66	-1,5	4	4	0	5	5	0
III	162,788	49	52	+6	31	25	-19,5	9	19,5	+119	73	67	-8	3	3,5	+17	8,5	15,5	+82
Итого	736,207	51,5	33	-36	36	35	-3	12,5	32	+156	71,5	70	-2	3,5	3,5	0	5,5	6,5	+18

нок). Были также использованы сведения по лесным дачам Петрозаводского уезда на площади около 670 тыс. га.

Для сопоставления архивных данных с материалами современного лесоустройства была произведена корректировка в соответствии с лесоустроительными инструкциями 1844 и 1964 гг.

История освоения лесов региона уходит в сравнительно близкое прошлое. До Северной войны (начало XVII в.) южнокарельские леса практически не были затронуты промышленными рубками. И только в связи со строительством горных и лесопильных заводов их начали вовлекать во все более интенсивный хозяйственный оборот. До первого десятилетия XX в. включительно здесь господствовала выборочная система рубок. Лишь в лесах, приписанных к горным заводам, вели сплошные рубки на углежжение. В результате эти территории уже к 40-м гг. прошлого века оказались покрыты лиственными молодняками, о чем, в частности, свидетельствует план лесонасаждений Петрозаводской лесной дачи (1848 г.) — лесосырьевой базы для заготовки древесного угля Александровского и Кончезерского металлургических заводов. В целом леса южной Карелии к середине прошлого века были освоены крайне неравномерно. Оценивая их состояние, губернский лесничий отмечал полное истощение лесов в одних дачах и отличное состояние в других.

С начала 30-х гг. текущего столетия начали применять концентрированные рубки, что привело к значительным изменениям в структуре лесного фонда.

Сравнение данных лесоустройства 1844—1863 гг. и современного состояния лесного фонда тех же дач показывает, что покрытая лесом площадь за последние 130... 140 лет практически не изменилась, хотя по отдельным дачам наблюдаются значительные отклонения (см. таблицу). Это связано, в основном, с увеличением на 18 % площади сельхозугодий и населенных пунктов. Следует отметить территориальную разобщенность и мелкоконтурность этих угодий в прошлом, что, очевидно, способствовало их неполному учету. Можно утверждать, что уровень аграрного освоения лесных территорий южной Карелии к середине прошлого века был не меньшим, чем в настоящее время.

Большой интерес представляет динамика состава лесов за столь продолжительный период. К середине прошлого века участие лиственных пород достигало 12,5 %, а в Нигижемской даче более 17 %. Отпуск леса в отдельных дачах был довольно значительным для выборочной системы хозяйства (до 8,5 м<sup>3</sup> древесины с 1 га покрытой лесом площади). Возрастную структуру при тогдашних нормах лесоустройства можно представить только в самых общих чертах. По этим данным 26... 33,5 % всех древостоев отнесено к «молоднякам», что должно соответствовать (согласно инструкции) для лиственных пород возрасту до 30 лет, хвойных — до 60 лет. Эти и мно-

гочисленные другие архивные данные подтверждают, что в целом южнокарельские леса уже к середине XIX в. были далеки от первозданного облика.

За последние 130...140 лет породная структура лесных массивов в контурах дач претерпела значительные изменения. Площадь сосновых лесов сократилась на 36 %, еловых практически не изменилась, а лиственных возросла более чем в 2,5 раза. Таким образом, сосновые леса оказались самым чувствительным к антропогенным воздействиям компонентом спонтанной тайги.

При анализе динамики состава лесов обращает на себя внимание различие ее основных тенденций по отдельным дачам. Контуры всех 15 дач были вписаны в типы ландшафта, выделенные для среднетаежной подзоны Карелии по генетическим формам рельефа, степени заболоченности и преобладающим коренным лесам. В результате оказалось, что в группе слабо- и среднезаболоченных ландшафтов с различными генетическими формами рельефа и значительным преобладанием еловых лесов (I) произошло самое большое сокращение площади сосновых лесов (на 56,5 %), доля еловых несколько увеличилась (на 9,5 %), а лиственных резко возросла (на 235 %). В группе сильнозаболоченных ландшафтов с различными генетическими формами рельефа и существенным преобладанием сосновых лесов (III) незначительно увеличилось участие сосняков, площадь ельников сократилась на 19,5 %, а лиственных возросла (на 119 %). Группа среднезаболоченных ландшафтов с различными генетическими формами рельефа и некоторым преобладанием сосновых лесов (II) занимает промежуточное положение между I и III группами.

Следует отметить большие отклонения в изменении соотношения пород от среднего показателя, особенно в III группе. Это связано, главным образом, с упомянутой неравноценностью антропогенного воздействия. Леса шести из семи дач III группы являлись лесосырьевой базой известных Олонецких лесопильных заводов и подвергались интенсивным выборочным рубкам. Уже в начале XIX в. здесь возникла проблема обеспечения заводов сырьем. Кроме того, Олонецкая равнина была районом, наиболее освоенным в аграрном отношении. Все это затрудняет сравнительный анализ динамики лесов с другими группами, менее затронутыми хозяйственной деятельностью.

В общей сложности архивные материалы характеризуют около 30 % подзоны средней тайги Карелии, в том числе цифровые — 14 % и описательные — 16 %. Это большая часть юго-восточной части подзоны. Поэтому, учитывая соотношение площадей групп типов ландшафта, данные о динамике породного состава можно распространить на весь юго-восток республики, представленный на рисунке.

### Выводы

Южнокарельские леса уже к 40-м гг. XIX в. были существенно преобразованы рубками. Следовательно, общие масштабы изменения породной структуры лесов с начала их промышленного освоения несомненно больше. Можно утверждать, что ель удерживает свои позиции, несмотря на массовую смену лиственными породами, которая, как правило, обратима. С начала антропогенного воздействия не менее 40 % сосняков юго-востока республики сменилось лиственными и еловыми лесами в ходе практически необратимых посткатастрофических смен. Основные причины значительного сокращения площади сосновых лесов — сплошные и выборочные на сосну (в прошлом) рубки, аграрное освоение лесных территорий, постепенная ликвидация пожаров как мощного экологического фактора, обеспечивающего динамическое равновесие между сосной и елью, и др. Восстановление былой площади сосновых лесов возможно только путем создания лесных культур. Основные тенденции динамики лесов, особенно сосновых, определяются ландшафтными особенностями территории.

Эти данные хорошо согласуются с утверждением О. И. Сурожа, который даже в 1910 г. еще относил Олонецкую губернию к району с «безусловным преобладанием сосновых насаждений» [2, с. 4]. К настоящему времени площади сосновых и еловых лесов в пределах бывш. Олонецкой губернии приблизительно равны. С учетом же двухъярусных елово-лиственных лесов как потенциальных ельников, последние являются преобладающей формацией. Следовательно, господствующая еще менее века назад сосновая формация перестала быть таковой.

А между тем по данным споро-пыльцевых анализов в ходе гологенетических сукцессий, «около 1500 лет назад началась экспансия сосны, которая продолжается до настоящего времени, в результате чего произошло распространение сосновых лесов и вытеснение ельников на крайний юго-восток» республики [1, с. 146]. Антропогенный фактор вносит серьезные коррективы в этот процесс, обращая его вспять.

### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Елина Г. Е. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. — Л.: Наука, 1981. — 159 с. [2]. Сурож О. И. Нужды лесов нашего Севера. — Архангельск, 1910. — 54 с.

УДК 630\*245.13 + 630\*524

## О ВЫХОДЕ БЕССУЧКОВОЙ ДРЕВЕСИНЫ В СВЯЗИ С ОБРЕЗКОЙ ВЕТВЕЙ В КУЛЬТУРАХ

А. Н. КУЗНЕЦОВ, В. А. СТАРОСТИН

ЛенНИИЛХ

Сучья, как известно,— один из основных пороков древесины. Их отрицательная роль особенно проявляется при ведении хозяйства на выращивание пиловочника. При распиловке сучковатых бревен получают пиломатериалы пониженного сорта. Проблема выхода бессучковой древесины особенно актуальна при выращивании насаждений искусственного происхождения, в которых процессе формирования кроны должен быть регулируемым. Особенности формирования кроны в молодых культурах сосны и ели изучены достаточно полно [1, 4, 5]. Однако вопрос о сучковатости стволов в культурах, достигших возраста рубки, освещен слабо.

В данной статье изложены результаты обмеров и анализа хода роста модельных деревьев ели. Модельные деревья (табл. 1) были взяты методом пропорционально-ступенчатого представления в 80-летних культурах ели (класс бонитета Ia) Гатчинского лесхоза Ленинградской области. Эти культуры одни из самых старых в области, в которых осуществляли программу регулярного разреживания древостоев разной интенсивности: слабая — секция А, средняя — В, сильная — С.

В табл. 1 значения высоты расположения разных категорий сучьев в кронах модельных деревьев приведены только для секции А, поскольку на всех трех секциях в настоящее время они различаются незначительно. Для модельных деревьев секций В и С в табл. 2 приведены их средние значения.

Судя по высоте расположения первых сухих сучьев, видно, что в еловых культурах самоочищаемость стволов слабая. Протяженность бессучковой зоны ствола к 80 годам достигает только 2 м. Следовательно, все комлевые бревна стандартной длины (6,5 м) несут на себе незаросшие сухие сучья. Вторые бревна получают еще более сучковатыми, а на третьих (и последующих) кроме сучьев имеются еще и живые ветви. При этом, как правило, носители самых толстых сучьев — третьи бревна от комля. Средние диаметры ветвей у их основания следующие: у первых сухих — 1,6; первых живых — 3,0; самых толстых — 5,8 см. На комлевом бревне насчитывается в среднем 13 мутовок, в каждой из которых 4—6 ветвей (живых или сухих); на каждом межмутовочном участке их имеется еще 8...10 шт. На втором и третьем бревнах число ветвей в мутовках сохраняется прежним, а межмутовочных — увеличивается до 15...23 шт.

В настоящее время отрасли народного хозяйства испытывают острый дефицит в сортаментах высокого качества. На международном рынке цены на бессучковые пиломатериалы в 4—10 раз выше, чем на обычные [3].

В лесосырьевых базах площади спелых и перестойных высокополнотных древостоев (т. е. именно тех, в которых лесозаготовители имеют возможность выпилить бессучковые комлевые бревна) составляют незначительную долю. С каждым годом их площадь уменьшается. Проблему получения бессучковых пиломатериалов можно решить, вероятно, за счет насаждений искусственного происхождения, в первую очередь при плантационном лесовыращивании. С этой целью на хвойных плантациях проводили обрезку ветвей [2, 4, 5]. Необходимо иметь четкое представление о том, какую долю будет составлять бессучковая древесина в общем запасе насаждений к их возрасту рубки.

При анализе хода роста модельных деревьев (табл. 1) были рассчитаны объемы стволов без коры и объемы комлевых бревен для деревьев в возрасте 80, 65, 50 и 20 лет. Такие возрасты приняты, исходя из следующих мотивов: 20 лет — возраст обрезки ветвей [4], 50 — возраст рубки плантационных культур при выращивании их на балансы, 65 — то же при выращивании на пиловочник [2], 80 лет — возраст исследуемых культур. По этим объемам были рассчитаны объемы бессучковой древесины в стволах, выросшей к возрасту культур в 50, 65 и 80 лет, как разница между объемом комлевых бревен в 50, 65 и 80 лет и объемом комлевого бревна в 20 лет, т. е. объем выросшей древесины после обрезки ветвей за период роста 30, 45, 60 лет. Далее рассчитаны следующие отношения: объема комлевого бревна к объему ствола; объема бессучковой древесины к объему комлевого бревна; объема бессучковой древесины к объему ствола в соответствующем возрасте (табл. 3).

Как видно из данных табл. 3, объемы стволов и их частей на секции В выше, чем на секции А. Они находятся в прямой зависимости от размеров среднего дерева дре-



Таблица 1

Размеры стволов и параметры крон модельных деревьев

Но- мер мо- дель- ного дре- ва	Секция А				Секция В				Секция С						
	H, м	D, см	D <sub>1</sub> , м	Высота до сучьев, м	H, м	D, см	D <sub>1</sub> , м	Но- мер мо- дель- ного дре- ва	H, м	D, см	D <sub>1</sub> , м	Но- мер мо- дель- ного дре- ва			
													Пер- вого су- хого	Пер- вого жи- вого	Пос- лед- него су- хого
31	29,0	32,0	2,8	0,5	12,3	17,1	16,0	16	29,1	27,5	3,5	1	31,5	35,0	3,8
32	27,0	21,0	3,1	1,0	15,7	21,5	18,3	17	27,0	23,0	3,4	2	26,8	27,5	3,3
33	28,0	29,2	3,5	1,4	15,2	19,0	18,3	18	29,0	29,0	3,8	3	27,0	33,0	3,8
34	28,2	28,0	4,0	1,0	17,0	21,0	20,5	19	32,0	33,5	3,9	4	25,6	26,5	3,5
35	27,5	28,0	3,7	1,7	18,2	21,3	20,0	20	32,5	42,0	4,6	5	29,5	35,3	3,6
36	25,3	21,0	2,9	1,7	17,6	22,1	19,3	21	25,5	24,0	3,4	6	30,5	35,5	3,9
37	29,1	29,2	3,6	1,5	15,5	21,9	19,5	22	30,6	37,0	4,4	7	27,5	30,5	3,8
38	29,6	31,0	3,5	1,8	13,5	22,0	17,4	23	29,1	21,0	4,3	8	32,0	38,5	4,4
39	32,4	40,0	4,8	2,0	16,9	23,7	22,3	24	29,8	32,0	3,8	9	25,3	24,0	3,7
40	28,2	24,0	3,1	2,1	17,5	24,0	20,0	25	24,3	22,0	3,7	10	29,1	37,0	3,9
41	20,6	17,0	2,7	1,4	14,4	17,3	17,0	26	29,2	31,0	3,9	11	28,5	31,0	3,7
42	27,2	23,0	2,3	1,1	15,5	21,0	18,0	27	29,4	33,0	3,9	12	28,5	32,0	4,1
43	25,0	25,0	3,7	1,0	13,7	17,7	18,0	28	22,0	19,0	2,6	13	26,0	25,0	3,2
44	25,4	23,2	2,9	1,5	16,5	19,8	18,8	29	25,0	21,0	3,2	14	29,2	32,0	3,9
45	29,3	37,0	5,0	1,0	16,3	19,5	21,0	30	31,2	27,5	5,2	15	24,0	22,4	3,1

Примечание. H — высота дерева; D — диаметр дерева на высоте груди; D<sub>1</sub> — диаметр кроны.

Таблица 2

Средние значения показателей сучковатости модельных деревьев по секциям

Сек- ция	Древостой		Модельные деревья				
	H, м	D, см	D <sub>1</sub> , м	Высота до сучьев, м			
				Первого сухого	Первого живого	Послед- него сухого	Самого толстого
А	27,2	25,4	3,4	1,4	15,7	20,6	19,0
В	29,0	29,3	3,8	2,0	14,8	20,8	20,1
С	28,2	30,8	3,7	2,1	14,1	20,0	19,3

Таблица 3

Секция	Возраст, лет	Средний объем						Доля объема, %		
		ствола		комлевого бревна		бессучковой древесины		комлевого бревна в объеме ствола	бессучковой древесины в комл. бр	бессучковой древесины в V ствола
		м³	%	м³	%	м³	%			
А	20	0,0289	3,6	0,0286	9,5	—	—	97,0	—	—
	50	0,3653	46,0	0,1836	60,8	0,1550	56,7	50,3	84,4	42,4
	65	0,6038	76,1	0,2419	80,1	0,2131	77,9	40,1	88,1	36,3
	80	0,7935	100,0	0,3021	100,0	0,2735	100,0	38,1	90,5	34,5
В	20	0,0338	3,2	0,0334	8,5	—	—	98,8	—	—
	50	0,4668	44,6	0,2237	57,1	0,1903	53,1	47,9	85,1	40,8
	65	0,7578	72,5	0,3046	78,2	0,2706	75,5	40,2	88,8	35,7
	80	1,0460	100,0	0,3920	100,0	0,3586	100,0	37,5	91,5	34,3

Примечание. Аналогичные характеристики для секции С близки к характеристикам секции В и поэтому не приведены.

востоя. Средний диаметр на секции А равен 25,4 см, а на секции В — 29,3 см (табл. 2). Доли этих объемов на обеих секциях практически одинаковы, что имеет немаловажное значение. Так, в 50-летнем возрасте бессучковая древесина составляет 41...42 %, в 65-летнем — 35...36 %, в 80-летнем — 34 % объема среднего дерева древостоя.

Чтобы рассчитать количество бессучковой древесины, приходящееся на 1 га, надо иметь данные о числе деревьев в древостое с обрезанными ветвями. На пробных площадях, заложенных в 20-летних культурах сосны и 30-летних ели (класс бонитета I), ветви обрезали у деревьев, диаметр которых больше диаметра среднего дерева древостоя. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Число деревьев с обрезанными ветвями до высоты 6,5 м в культурах разной густоты

Пробная площадь		Порода	Густота, шт./га	Средние		Деревья с обрезанными ветвями		
№	га			H, м	D, см	шт.		%
						на пробной площади	на 1 га	
157	0,23	Е	2 643	11,1	12,8	305	1 362	50,1
158	0,17	Е	2 029	10,8	12,0	165	971	47,8
159	0,14	Е	1 429	11,7	13,4	116	829	57,0
52	0,38	С	3 560	9,3	9,6	549	1 233	44,6

Оказалось, что обрезкой охвачено около половины деревьев древостоя. В абсолютном выражении число деревьев с обрезанными ветвями колеблется от 800 до 1 300 шт./га. В таком же пределе колеблется числа и на других объектах с обрезкой ветвей. Опыт проведения обрезки ветвей показал, что в 20-летних культурах сосны и ели за норму удобнее всего принять обрезку ветвей у 1 000 самых толстых деревьев. В этом случае требуемый объем работ можно легко контролировать, т. е. площадь пробной площади (участка) умножить на 1 000. В результате получается то число деревьев, у которых целесообразно обрезать ветви. Поскольку эти деревья в древостое занимают лидирующее положение, то к возрасту рубки из них сохранится: в 50 лет — 80 %, в 65 лет — 75 % [6].

В последующий после обрезки ветвей период лесовыращивания в порядке промежуточного пользования рубке подлежат все деревья с необрезанными ветвями. Таким образом, к моменту главной рубки деревьев с бессучковой древесиной (в комлевых бревнах) будет насчитываться: в 50 лет — 800 шт./га, в 65 — 750 шт./га (с колебаниями  $\pm 5\%$ ). В этом случае запасы древостоев будут: в 50 лет — 290 м³/га, в 65 —

410 м<sup>3</sup>/га [3]; в том числе бессучковой древесины (табл. 3): в 50 лет — 119... 122 м<sup>3</sup>/га, в 65 — 144... 148 м<sup>3</sup>/га. Поскольку такая древесина оценивается в 4—10 раз выше, чем обычная, то обрезка ветвей при плантационном лесовыращивании должна стать обязательным мероприятием.

## ЛИТЕРАТУРА

[1]. Кузнецов А. Н., Величко Я. М., Старостин В. А. Особенности формирования крон сосны и ели // Лесн. хоз-во.— 1986.— № 12.— С. 30—31. [2]. Лесные плантации (ускоренное выращивание ели и сосны) / Шутов И. В., Маслаков Е. Л., Маркова И. А. и др.— М.: Лесн. пром-сть, 1984.— 246 с. [3]. Полубояринов О. И. Обрезка ветвей деревьев в зарубежных странах // Лесн. хоз-во.— 1970.— № 8.— С. 84—87. [4]. Старостин В. А. Оптимальные сроки обрезки ветвей у сосны // Лесн. хоз-во.— 1982.— № 1.— С. 76. [5]. Старостин В. А. Строение кроны сосны в связи с обрезкой ветвей // Лесн. хоз-во.— 1985.— № 4.— С. 20—25. [6] Эйтинген Г. Р. Избранные труды.— М.: Изд-во с.-х. лит., журн. и плакатов, 1962.— 500 с.

УДК 630\*6:630\*18(597)

## ПОТЕРИ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ ВЬЕТНАМА В РЕЗУЛЬТАТЕ ВОЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

ДАО ТЬЕН БАН

Львовский лесотехнический институт

Проблема защиты окружающей среды стала предметом не только научных исследований, но и активных общественных действий, классовых столкновений и важным вопросом государственной политики. В последние годы возрастающую роль играет такой ее аспект, как ограждение природы от военного воздействия, прекращение гонки вооружений.

Леса Вьетнама очень пострадали в результате американской агрессии. Были широко использованы различные средства: воздействие на осадки, распыление дефолиантов и гербицидов, бомбардировки, применение тяжелых бульдозеров и т. д. Во время войны (1960—1975 гг.) было сброшено более 21 млн бомб и выпущено 229 млн снарядов общей массой 15 млн т, что в 3 раза больше, чем на всех фронтах второй мировой войны [1, 2] и эквивалентно 750 таким атомным бомбам, какие были сброшены на Хиросиму и Нагасаки [2]. Кроме того, над Вьетнамом было рассеяно 80 млн л (свыше 100 тыс. т) различных химикатов, включая очень ядовитую оранжевую смесь [1]. Пришло время дать объективную, научно обоснованную оценку последствиям такого уничтожения природы.

В течение 1984—1987 гг. нами под руководством проф. Ю. Ю. Туныци проводились специальные исследования по этой актуальной проблеме. Была изучена литература о состоянии лесов Вьетнама, пострадавших в результате военных действий. Разработана методика эколого-экономической оценки последствий уничтожения лесов. Собран фактический материал непосредственно в СРВ.

В качестве исходного при оценке потерь лесных ресурсов мы приняли подход, изложенный в советской литературе [3]. Согласно ему, лес надо оценивать как эколого-экономическую систему взаимосвязанных компонентов: древесины (Д), недревесных растительных ресурсов (М), ресурсов животного происхождения (Ф) и многосторонних полезных функций лесов (Р). Ущерб необходимо оценивать не только по древесине, но и по всем компонентам системы ДМФР.

Последствия уничтожения лесного фонда (У) определяли суммированием ущерба от уничтожения лесов (У<sub>л</sub>) и необходимых затрат на их воспроизводство до полного восстановления положительных функций (З<sub>л</sub>):

$$У = У_{л} + З_{л} \quad (1)$$

Слагаемые ущерба находили по формулам (2)—(4).

Ущерб от полного уничтожения лесов или различной степени их повреждения

$$У_{л} = У_{д} + У_{м} + У_{ф} + У_{р} \quad (2)$$

Ущерб по древесине в уничтоженных лесах

$$У_{д} = МПЦ_{т} \quad (3)$$

где М — средний запас древесины на 1 га, м<sup>3</sup>;

П — площадь уничтоженных лесов, га;

Ц<sub>т</sub> — средняя таксовая цена 1 м<sup>3</sup> растущего леса, донгов/м<sup>3</sup>.

Ущерб по недревесным растительным ресурсам

$$У_m = ЧП \sum_{i=1}^n Z_i U_{zi} \quad (4)$$

где  $Z_i$  — среднегодовые эксплуатационные запасы недревесного  $i$ -го продукта, кг/тыс. га;

$U_{zi}$  — заготовительная цена  $i$ -го продукта, донгов/кг;

$Ч$  — число лет за период до полного восстановления уничтоженных лесов.

Ущерб от уничтожения фауны лесов ( $У_ф$ ) определяли по формуле (4) для оценки ущерба по недревесным растительным ресурсам. Для оценки полного ущерба от уничтожения многосторонних полезных функций лесов был принят метод замещающих затрат.

По данным Министерства лесного хозяйства СРВ, площадь пострадавших от американской агрессии лесов составила 4,6 млн га. На этой площади, по результатам наших исследований, площадь полностью уничтоженных лесов составила 520 тыс. га, на 75...98 % (сильное повреждение) — 910 тыс. га, на 40...75 % (среднее повреждение) — 1 220 тыс. га, на 20...40 % (слабое повреждение) — 1 950 тыс. га. В результате расчетов выявлено, что убытки по древесине в уничтоженных лесах составляют 29 127 млн донгов (2 648 млн р., или 3 399 млн долларов).

Из-за отсутствия данных мы не можем оценить полный ущерб по недревесным растительным ресурсам. В послевоенный период среднегодовой валовой продукт недревесных растительных ресурсов составляет 5,7 % валового продукта древесины. Наши расчеты показали, что ориентировочные потери по недревесным ресурсам составляют 1 660 млн донгов (151 млн р., или 191 млн долларов). Кроме этого, имеются потери недревесных ресурсов, которые не фигурируют в официальной статистике министерства лесного хозяйства СРВ. Ущерб по этим продуктам оценить сейчас невозможно.

В результате применения ядохимикатов и бомбардировок в пораженных лесах погибло огромное количество животных, а оставшиеся покинули не пригодные для жизни места. Многие виды животных и птиц находятся сейчас на грани вымирания.

Для конкретной оценки экономических потерь вследствие уничтожения фауны в лесах Вьетнама обратимся к данным Национального центра научных исследований Вьетнама (НЦНИ). Среднегодовой валовой продукт фауны за послевоенный период равен 17,7 % валового продукта древесины. Следовательно, ущерб по фауне в уничтоженных лесах составляет 5 156 млн донгов (469 млн р., или 602 млн долларов).

Эти убытки включают ущерб только по мясу животных. Фауна же дает народному хозяйству мех, шкуру, лекарственное сырье, рога, бивни, копыта и др. Кроме того, фауна Вьетнама — это ценный генофонд Юго-Восточной Азии и всего мира. Она имеет большое научное значение, которое невозможно оценить в денежном выражении.

Поэтому рассмотрим ущерб только по санитарно-гигиенической функции лесов, определенный методом замещающих затрат. Полезности лесов оценивают по затратам на создание утраченных компонентов лесной среды искусственным путем. Ущерб находит по функциям лесов: выделение кислорода, фитонцидов, поглощение углекислоты и ионизация воздуха.

Расчеты показали, что общий ущерб по санитарно-гигиенической роли в уничтоженных лесах составил 56 385 млн донгов (5 125 млн р., или 6 504 млн долларов), в том числе по выделению кислорода — 4 813 млн донгов (437,5 млн р., или 555,2 млн долларов), по поглощению углекислоты — 25 742 млн донгов (2 340 млн р., или 2 970 млн долларов), по выделению фитонцидов — 13 179 млн донгов (1 198 млн р., или 1 520 млн долларов), по ионизации воздуха — 12 651 млн донгов (1 150 млн р., или 1 459 млн долларов). На основании изложенного можно оценить суммарный ущерб по компонентам леса (см. таблицу).

#### Ущерб от уничтожения лесов Вьетнама в результате американской агрессии

Показатели	Компоненты лесной экосистемы				Всего
	Д	М	Ф	Р	
Абсолютный ущерб в денежном исчислении					
млн донгов	29 127	1 660	5 156	56 385	92 328
млн р.	2 648	151	469	5 125	8 393
млн долларов	3 399	199	602	6 504	10 696
Доля ущерба по компонентам, %	31,5	1,8	5,6	61,1	100

В соответствии с принятой методикой, при определении последствий уничтожения лесов и лесных земель нужно подсчитать затраты на воспроизводство всех компонентов леса до полного восстановления положительных функций ( $Z_n$ ). Затраты на воспроизводство древесных ресурсов ( $D$ ) находят как прямые затраты на лесовыращивание; на воспроизводство недревесных ресурсов ( $M$ ) — как затраты на создание дикорастущих растений плантационным способом (метод замещающих затрат); на воспроизводство фауны ( $F$ ) — как затраты на разведение фауны; на воспроизводство многообразных полезных функций лесов ( $P$ ) — на основании потерь полезных свойств в течение всего периода воспроизводства компонентов ДМФ.

Из-за отсутствия исходных данных мы можем с достаточной точностью подсчитать только затраты на воспроизводство древесных ресурсов (посадка лесных культур). Они оказались чрезмерно высокими. Только на создание лесных культур требуется 61 248 млн донгов (5 567 млн р., или 7 065 млн долларов).

В нормальных условиях на 1 га лесных культур приходится только 4 256 донгов (387 р., или 490 долларов), в слабоуничтоженных лесах — 5 225 донгов (475 р., или 601 доллар), в среднеуничтоженных — 10 360 донгов (942 р., или 1 192 доллара), в сильноуничтоженных — 18 984 донга (1 726 р., или 2 184 доллара), а на площади полного уничтожения лесов — 40 662 донга (3 696 р., или 4 679 долларов). Из этих данных видим, что затраты на создание лесонасаждений резко возрастают в зависимости от уровня уничтожения лесов, связанного с количеством ядохимикатов, распыленных на 1 га лесов. В результате расчетов на ЭВМ выявлено, что эта зависимость имеет вид:

$$y = 34,236x^2 - 214,24x + 607,099, \quad (5)$$

где  $y$  — затраты на создание лесонасаждений в условиях различного уровня их уничтожения;

$x$  — уровень уничтожения лесов, зависящий от количества ядохимикатов на 1 га леса (от 13 до 37 кг).

Окончательные последствия уничтожения лесов Вьетнама в результате военных действий гораздо более серьезны, чем подсчитанные здесь. Они усугубляются нарастанием экологических и экономических потерь в будущем и возможным ухудшением условий окружающей среды, которое может оказывать продолжительное отрицательное воздействие на человека, растительный и животный мир.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Вавилов А. М. Экологические последствия гонки вооружений.— М.: Международн. отношения, 1984.— 176 с. [2]. Материалы международного симпозиума, посвященного изучению последствий применения армией США отравляющих веществ против вьетнамского народа.— СРВ, Хошимин, 1983.— (На вьетнам. языке). [3]. Туныця Ю. Ю. Экономические проблемы комплексного использования и охраны лесных ресурсов.— Львов: Вища школа, 1976.— 215 с.

## ИСТОРИЯ НАУКИ

**ОРГАНИЗАТОР ПОДГОТОВКИ  
СОВЕТСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ  
ДЛЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

(К 110-летию со дня рождения С. А. Фотиева)

26 июня 1988 г. исполнилось 110 лет со дня рождения доктора технических наук, профессора Сергея Александровича Фотиева — выдающегося ученого и педагога, одного из первых организаторов подготовки советских инженерных кадров для целлюлозно-бумажной промышленности. После окончания Тульской гимназии он поступил на математический факультет Московского университета, где проучился в течение трех лет. Затем перешел на химическое отделение Киевского политехнического института. За участие в студенческих демонстрациях и активную помощь в революционной борьбе своей сестре, впоследствии работавшей секретарем Совнаркома и личным секретарем В. И. Ленина, он неоднократно подвергался тюремному заключению.

После окончания института С. А. Фотиев работал на Окуловской бумажной фабрике. Одновременно занимался научными исследованиями, изучал передовой опыт развития бумажной промышленности в России и ряде европейских государств. В 1911—1916 гг. в отечественных и зарубежных журналах появляются его многочисленные статьи в области теории и технологии целлюлозно-бумажного производства. Великую Октябрьскую социалистическую революцию он встретил в должности заведующего объединенными Кондровской и Троицкой бумажными фабриками в Калужской губернии. Завоевания рабочих и крестьян принял всем сердцем и весь отдался административным работам по организации бумажного производства в первые дни, месяцы и годы Советской власти. Особенно плодотворно работал он в течение ряда лет в созданном в 1918 г. заводууправлении. В фондах Центрального государственного архива народного хозяйства СССР сохранилась характеристика на С. А. Фотиева: «...Очень знающий и добросовестный работник с большой и разнообразной практикой в писчебумажной промышленности. Человек энергичный».

В 1921 г. С. А. Фотиева направляют в профессуру (так тогда называлась аспирантура) на кафедру бумажного и целлюлозного производства химического факультета Петроградского технологического института. А через год он уже начал проводить занятия со студентами не только технологического, но и лесного института в Петрограде. В феврале 1922 г. он участвует в Техническом съезде Главного управления государственными предприятиями бумажной промышленности (Главбума), на котором выступил со специальным докладом о постановке преподавания бумажного дела в высшей школе. С этого времени начинается его многолетняя борьба за создание в стране специального высшего учебного заведения по подготовке инженеров-бумажников.

Наряду с педагогической деятельностью продолжается его работа и на производстве: в 1925—1926 гг.— в Ленинградском тресте предприятий бумажной промышленности, в комиссии ВСНХ СССР по размещению за границей заказов на оборудование для бумажной промышленности, в 1927 г.— в заводууправлении Сясьского ЦБК. В 1930 г. он входил в специально созданную на основе постановления Всесоюзного совещания бумажной промышленности ячейку для разрешения всех вопросов, связанных с подготовкой кадров бумажников в высшей школе.

Многие годы С. А. Фотиев посвятил обучению и воспитанию студенческой молодежи. Более десяти лет он был профессором Ленинградского технологического института им. Ленсовета, заведующим кафедрой бумаги и целлюлозы, затем профессором и деканом химико-технологического факультета Ленинградской лесотехнической академии. В последние годы жизни исполнял обязанности заместителя директора по учебной и научной части ЛТИ ЦБП. Среди его научных трудов особое место занимает четырехтомное издание «Технология бумаги», вышедшее в 1933—1937 гг. Умер С. А. Фотиев в 1947 г.

А. А. Какурин, Ю. Г. Бутко

Ленинградский технологический институт ЦБП

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 581.1(049.3)

НУЖНОЕ УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
ПО ФИЗИОЛОГИИ РАСТЕНИЙ\*

Вышло в свет новое учебное пособие по физиологии растений с основами биохимии для студентов лесохозяйственных факультетов. Его появление весьма актуально. С момента издания последнего учебника по данному курсу (Раскатов П. Б. Физиология растений с основами микробиологии.— М.: Сов. наука, 1958.— 365 с.) прошло 30 лет, и обобщение в учебной литературе современных достижений бурно развивающихся дендрофизиологических исследований стало насущной необходимостью.

Подробное знакомство с содержанием пособия показывает, что оно во многом оправдало ожидания. Огромный труд автора, его большой опыт проведения дендрофизиологических исследований и преподавания в вузе, глубокое знание предмета и эрудированность не только в области физиологии, но и в понимании природы леса и происходящих в нем диалектически взаимосвязанных процессов позволили ему создать оригинальное учебное пособие, освещающее новейшие представления о жизнедеятельности древесных растений.

Пособие написано в соответствии с новой, ныне действующей учебной программой Минвуза СССР и включает предисловие, введение, 9 глав и заключение. В нем логично и доходчиво изложены все традиционно сложившиеся разделы курса. Во введении отражены вопросы, касающиеся предмета и задач физиологии растений, истории ее развития и современных методов познания жизненных процессов. Весьма удачно и целесообразно рассмотрена специфика дерева как объекта отправления и исследования физиологических функций.

В главе 1 представлена структурно-функциональная организация растительной клетки. С учетом новых данных освещены биохимический состав клетки, ее субмикроскопическое строение и осмотические свойства. На основании характеристики структуры и функций белков, углеводов, нуклеиновых кислот, липидов, витаминов, свойств воды, химической природы и роли ферментов, а также рассмотрения ультраструктуры и функциональных особенностей цитоплазмы и клеточных органелл автор формирует цельное представление о клетке как сложной коллоидно-коацерватной полупроницаемой системе компарментного типа, осуществляющей непрерывный, закономерный внутренний и внешний (с окружающей средой) обмен веществом и энергией.

В пособии содержательно, в логичной последовательности раскрыты вопросы водного режима растений: биологическая роль воды, отношение растений к ней как экологическому фактору, механизмы поглощения и передвижения воды в растении, транспирация и ее физиологическая роль (глава 2). Значительное внимание уделено зависимости водообмена от внутренних и внешних факторов, особенностям его осуществления в тканях хвойных и лиственных пород. Оригинальным по содержанию является раздел «Регулирование водного режима растений».

В главах 3 и 4 освещены процессы газообмена растений. Особое внимание обращено на структуру и функции хлоропластов и пигментов, химизм и энергетику фотосинтеза в  $C_3$ ,  $C_4$ - и САМ-растениях. Глубоко раскрыты механизмы дыхания как обязательного условия и наиболее характерного свойства жизнедеятельности растительного организма, обеспечивающего все жизненные отправления энергией и промежуточными продуктами распада органических соединений. Уместным представляется изложение видовой специфики фотосинтеза и дыхания у древесных растений, особенностей этих процессов у различных органов и в онтогенезе. Кратко, но содержательно описано фотодыхание, которое открыто сравнительно недавно и представляет большой интерес при разработке путей повышения продуктивности растений. Логичным завершением данных глав выступает характеристика экологической обусловленности фотосинтеза и дыхания.

Правильно поступил автор, включив в пособие главу «Основы почвенной микробиологии». Без этих сведений невозможно современное научное понимание процессов питания растений из почвы, рассмотрение круговорота веществ и энергии в биоценозе, а также эффективное регулирование физиологических процессов у деревьев различными лесохозяйственными мероприятиями.

\* Веретенников А. В. Физиология растений с основами биохимии: Учеб. пособие.— Воронеж: ВГУ, 1987.— 256 с.

Обстоятельно рассмотрены в пособии вопросы минерального питания растений и его роль в повышении биологической продуктивности насаждений (глава 6). Отдельная глава посвящена изложению превращений органических веществ в семенах и вегетативных органах.

В главе 8 рассмотрены различные аспекты таких сложных интегральных явлений, как рост и развитие растений. В частности, здесь освещены фазы роста клеток, фитогормоны и ингибиторы, покой почек и семян, корреляции и полярность, ростовые движения, этапы онтогенеза, физиологические основы опыления и оплодотворения растений, влияние экологических факторов на рост и развитие.

Особое внимание в пособии уделено характеристике устойчивости растений к неблагоприятным внешним воздействиям, что вполне оправдано в связи с острой необходимостью эффективного решения вопросов охраны природы и общей экологии (глава 9).

По смысловому и обобщающему значению особо выделяется в пособии заключение. В нем автор сделал попытку, и на наш взгляд удачную, сформулировать проблемы, стоящие перед физиологией древесных растений в настоящее время. По существу, здесь представлена программа действий дендрофизиологов на ближайшие десятилетия, направленная на дальнейшее развитие теоретических основ физиологии древесных растений и решение конкретных практических задач по обеспечению научно обоснованного ведения лесного хозяйства.

Пособие формирует понимание дерева как сложной, многофункциональной открытой биологической системы, в которой все взаимосвязано и взаимообусловлено, которая активно взаимодействует с внешней средой и которой можно управлять в интересах получения наибольшего лесоводственного эффекта. Отличительной особенностью пособия является то, что автор не только призывает сделать физиологию растений теоретической основой рационального ведения лесного хозяйства, но и показывает, как это нужно делать (разделы 2.7; 3.9; 3.10; 5.8; 6.8; 8.10). Благодаря широкому экологическому подходу к освещению жизненных отправлений, в пособии хорошо показана связь физиологии растений со специальными лесохозяйственными дисциплинами и необходимость учета характера прохождения физиологических процессов при проведении всех лесохозяйственных мероприятий.

При написании учебного пособия, в котором практически все разделы пришлось формировать заново, неизбежны недоработки и недочеты. Конспективно, по нашему мнению, дано описание клеточной оболочки, ядра, каротиноидов, движений растений. Практически ничего не сказано о биоэлектрических явлениях в клетках и тканях, хотя в изучении этой стороны жизнедеятельности древесных растений накоплен значительный экспериментальный материал. Приведенные в пособии иллюстрации хорошо дополняют текстовую часть, однако их недостаточно, особенно в главах 1 и 8. Изредка в тексте встречаются опечатки, неточности.

В целом рассматриваемое учебное пособие — несомненный успех автора, проделавшего огромную работу по обобщению современных достижений физиологии и биохимии древесных растений.

Г. Т. Криницкий

Львовский лесотехнический институт



## НЕКРОЛОГ

## ПРОФЕССОР

**ИВАН ВАСИЛЬЕВИЧ ВОРОНИН**

16 мая 1988 г. на 84-м году жизни скончался крупный специалист в области лесной экономики Иван Васильевич Воронин, профессор Воронежского лесотехнического института, заслуженный лесовод РСФСР.

Иван Васильевич родился 29 августа 1904 г. в г. Моршанске бывш. Тамбовской губернии. Трудовую деятельность начал с 16 лет, в 1923 г. поступил учиться на лесной факультет Воронежского сельскохозяйственного института, который успешно окончил в 1927 г.

Иван Васильевич прошел большой путь практической работы от помощника лесничего до главного лесничего Воронежского областного управления лесного хозяйства. Производственную деятельность совмещал с научными исследованиями, результатом которых явилась успешная защита им в 1944 г. диссертации на степень кандидата сельскохозяйственных наук. Затем ему было присвоено звание доцента.

С 1946 г. началась научно-педагогическая деятельность Ивана Васильевича в качестве заведующего кафедрой экономики и организации лесного хозяйства Воронежского лесотехнического института. Прекрасное знание производства, большой вклад в подготовку инженеров, плодотворная учебно-методическая и научно-исследовательская работа послужили основанием для присвоения ему званий профессора и заслуженного лесовода РСФСР. Руководя одной из авторитетных в нашей стране кафедр лесной экономики более 40 лет (до 1987 г.), И. В. Воронин возглавлял вместе с крупными учеными-экономистами П. В. Васильевым, Г. И. Воробьевым и др. важное научное направление по организации комплексного и рационального использования лесных ресурсов. В своих научных трудах он теоретически обосновал вопросы многоотраслевого ведения лесного хозяйства в малолесных районах, методы определения экономической эффективности лесовыращивания и повышения продуктивности лесов. Его работы, отличающиеся оригинальным методическим подходом и практическими рекомендациями, хорошо известны советским специалистам и в ЧССР, ПНР, ГДР.

Иван Васильевич был прекрасным методистом и педагогом. Его лекции, глубокие по содержанию, доходчивые по изложению, иллюстрируемые яркими примерами из богатого производственного опыта, были популярны в студенческой аудитории. Выпущенные им в соавторстве учебники для лесных вузов и техникумов по экономике и организации лесного хозяйства широко использовались в учебных заведениях страны.

Его издательская деятельность была плодотворной: им опубликовано более 220 статей, монографий и книг, среди них — более десяти учебников и учебных пособий. Под руководством И. В. Воронина подготовлено 19 кандидатов и 2 доктора наук.

Для И. В. Воронина были характерны большая эрудиция, широта научных интересов, партийная принципиальность (он член КПСС с 1945 г.). Его яркие выступления в защиту русского леса находили живой отклик у лесоводов страны.

Большую научно-педагогическую работу Иван Васильевич сочетал с активной общественной деятельностью. На протяжении 7 лет (1961—1968 гг.) он был проректором по научной работе ВЛТИ. Выполнял ряд партийных и общественных поручений. Был членом НТС Гослесхоза СССР и Минлесхоза РСФСР, активным членом редакционной коллегии «Лесного журнала».

Многолетний труд И. В. Воронина получил высокую оценку. Он награжден орденами Октябрьской Революции, Трудового Красного Знамени, медалями.

Светлая память об Иване Васильевиче Воронине навсегда сохранится в наших сердцах.

В. К. Попов, В. А. Бугаев, П. Б. Раскатов

Воронежский лесотехнический институт

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

<i>Г. Л. Тышкевич.</i> Восстановление буковых лесов в Молдавии . . . . .	3
<i>М. Д. Мерзленко.</i> Теоретическая основа общей системы лесокультурного процесса . . . . .	7
<i>Б. В. Бабинов.</i> Изменение водопроницаемости торфяников после осушения . . . . .	11
<i>М. В. Рогозин.</i> Защита всходов сосны от полегания при испытаниях потомства деревьев . . . . .	15
<i>Л. Ю. Ключников.</i> Системный подход к применению гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве . . . . .	17
<i>А. И. Барабин, Н. М. Пластинин.</i> Объем заготовки и качество семян хвойных пород в Кировской области . . . . .	23

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

<i>Г. М. Анисимов, Д. В. Памфилов, В. Д. Валяжонков, В. П. Сергеев, А. М. Кочнев.</i> Обоснование эксплуатационных режимов колесной трелевочной системы по критерию поперечной динамической устойчивости . . . . .	26
<i>А. В. Жуков, А. И. Кирильчик.</i> Оценка параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда с учетом деформации тросов . . . . .	29
<i>И. И. Сленко, И. Н. Береговой.</i> Напряжения изгиба в несущем канате в зоне опорного башмака . . . . .	34
<i>А. С. Федоренчик, И. В. Турлай.</i> Исследование лесоскладских систем со специализацией потоков по видам перерабатываемого сырья . . . . .	38
<i>А. С. Торопов.</i> К определенным параметрам процесса раскряжевки цепной пилой с вращательным движением подачи . . . . .	43
<i>С. П. Дорохов.</i> Оптимизация по быстродействию траектории переноса груза манипулятором в раскряжевочной установке . . . . .	48

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

<i>Р. Е. Калитевский.</i> Технологические основы автоматизации процессов подготовки сырья к распиловке . . . . .	54
<i>В. М. Хрулев, С. М. Кондрашов, Ж. Б. Бекболотов, В. В. Горетый.</i> Технология склеивания древесины, пропитанной серой . . . . .	57
<i>В. И. Веселков, Б. А. Веселкова, А. Ф. Селезнев.</i> Влияние разворота верхнего пильного шкива ленточнопильного станка на работоспособность пил . . . . .	61
<i>А. Н. Обливин, С. Э. Сагаль, В. В. Короткий, А. И. Пожиток.</i> Гидродинамическое сопротивление композиционных материалов из древесно-клеевой прессмассы . . . . .	67
<i>В. С. Шалаев.</i> Определение интегрального показателя объемного выхода обрезных пиломатериалов . . . . .	74

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

<i>Т. А. Туманова, В. А. Часовенная.</i> Идентификация оксикислот, выделенных из отработанного отбеленного раствора . . . . .	78
<i>Т. В. Сухая.</i> Применение надуксусной кислоты в производстве древесноволокнистых плит . . . . .	81
<i>Г. И. Чижов, Е. П. Елкина, С. С. Пузырев, Е. В. Запорожец, В. И. Комаров.</i> Изменение свойств древесных волокон в процессе производства термомеханической массы . . . . .	84
<i>В. И. Соболев, М. С. Кебич, Е. Ф. Морозов, О. И. Федорова.</i> Сравнительный анализ зависимостей для определения критической скорости пара в процессе получения фурфурола . . . . .	89
<i>Ю. П. Клюев, А. И. Ламоткин, И. В. Петрашень.</i> Каталитические превращения терпеновых углеводородов в присутствии апротонных кислот . . . . .	93

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

О. Н. Анцукевич. Хозрасчет и лесовыращивание . . . . .	97
Т. С. Лобовиков. Лесному хозяйству — реальный хозрасчет . . . . .	100
А. П. Петров. Формирование экономических отношений в лесном хозяйстве в условиях радикальной реформы . . . . .	106
П. Жуковски. Разработка оптимальной стратегии управления запасами древесных материалов на основе стохастической модели в производстве мебели . . . . .	113

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

В. Ф. Ковязин, В. М. Коноваленко, А. С. Аникин. Рост еловых древостоев после механизированных рубок ухода . . . . .	119
С. Н. Свалов. Метод определения дополнительного прироста насаждений . . . . .	121
Ю. М. Дебринок, И. И. Мякуш. Особенности пространственной структуры корневых систем деревьев . . . . .	123
А. Н. Громцев. Регрессивный анализ антропогенной динамики лесов ландшафтов южной Карелии за 1840—1980 гг. . . . .	125
А. Н. Кузнецов, В. А. Старостин. О выходе бессучковой древесины в связи с обрезкой ветвей в культурах . . . . .	128
Дао Тьен Бан. Потери в лесном хозяйстве Вьетнама в результате военных действий . . . . .	131

## ИСТОРИЯ НАУКИ

А. А. Какурин, Ю. Г. Бутко. Организатор подготовки советских инженерных кадров для целлюлозно-бумажной промышленности (К 110-летию со дня рождения С. А. Фотиева) . . . . .	134
---	-----

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

Г. Т. Криницкий. Нужное учебное пособие по физиологии растений . . . . .	135
--	-----

## НЕКРОЛОГ

В. К. Попов, В. А. Бугаев, П. Б. Раскатов. Профессор <u>Иван Васильевич Воронин</u> . . . . .	137
---	-----

Рефераты . . . . .	142
--------------------	-----

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>G. L. Tyshkevich</i> . Regeneration of Beech Stands in Moldavia . . . . .	3
<i>M. D. Merzlenko</i> . Theoretical Basis for General System of Silvicultural Process . . . . .	7
<i>B. V. Babtkov</i> . Variation of Drained-Peatbog Water Permeability . . . . .	11
<i>M. V. Rogozin</i> . Protection of Pine Seed Shoots from <i>Fusarium</i> in Tests of Plus Trees Posterity . . . . .	15
<i>L. Yu. Klyuchnikov</i> . Systematized Approach to Application of Herbicides and Arboricides in Forestry . . . . .	17
<i>A. I. Barabin, N. M. Plastinin</i> . Harvested Volume and Quality of Conifers Seeds in Kirov Region . . . . .	23

### FOREST EXPLOITATION

<i>G. M. Anisimov, D. V. Pamfilov, V. D. Valyazhonkov, V. P. Sergeev, A. M. Kochnev</i> . Substantiation of Wheeled Skidder System Schedules on Cross Dynamic Stability Test . . . . .	26
<i>A. V. Zhukov, A. I. Kirilchik</i> . Parameter Evaluation of Logging Truck Train Cruciform Coupler Subject to Rope Strain . . . . .	29
<i>I. I. Slepko, I. N. Beregovoy</i> . Bending Stresses in Carrying Rope in Zone of Bearing Shoe . . . . .	34
<i>A. S. Fedorenchik, I. V. Turloy</i> . Investigation of Specialized Flow Woodyard Systems in Connection with Processing Timber Characteristics . . . . .	38
<i>A. S. Toropov</i> . On Schedule Determination of Revolving-Feed-Motion—Chain-Saw Bucking . . . . .	43
<i>S. P. Dorokhov</i> . Optimization Minimum Time Space Trajectory in Handling Load by Rotatable Manipulator in Bucking Unit . . . . .	48

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>R. E. Kaliteevsky</i> . Processing Basis for Automatical Preparation of Rawwood for Sawing . . . . .	54
<i>V. M. Khrulev, S. M. Kondrashov, Zh. B. Bekbolotov, V. V. Goretuy</i> . Technology of Gluing Wood Impregnated with Sulphur . . . . .	57
<i>V. I. Veselkov, B. A. Veselkova, A. F. Seleznev</i> . Influence of Band Saw Upper Pulley's U-Turn on Normal Operation of Saws . . . . .	61
<i>A. N. Oblivin, S. Z. Sagal, V. V. Korotky, A. I. Pozhitok</i> . Hydrodynamic Strength of Composite Wood-glued Molding Materials . . . . .	67
<i>V. S. Shalaev</i> . Determination of Integral Index of Volume Edged Lumber Yield . . . . .	74

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>T. A. Tumanova, V. A. Chasovennaya</i> . Identification of Acidic Oxide Isolated from Spent Bleaching Liquor . . . . .	78
<i>T. V. Sukhaya</i> . Usage of Acetic Hydroperoxide in Fiberboard Production . . . . .	81
<i>G. I. Chizhov, E. P. Elkina, S. S. Puzyrev, E. V. Zaporozhets, V. I. Komarov</i> . Variation in Wood Fibre Properties in Manufacturing Process of Thermo-mechanical Pulp . . . . .	84
<i>V. I. Sobolev, M. S. Kebich, E. F. Morozov, O. I. Fedorova</i> . Comparative Analysis of Dependences for Determination of Critical Vapour Rate in Producing Furfurol . . . . .	89
<i>Yu. P. Klyuev, A. I. Lamotkin, I. V. Petrashen</i> . Catalytic Transformations of Terpene Hydrocarbons by Aprotic Acids . . . . .	93

---

 ECONOMIC AND MANAGEMENT

<i>O. N. Antsukevich.</i> Self-Financing and Forestry . . . . .	97
<i>T. S. Lobovikov.</i> Real Self-Financing for Forestry . . . . .	100
<i>A. P. Petrov.</i> Formation of Economic Relations in Forestry under Radical Reform . . . . .	106
<i>P. Zhukovskiy.</i> Development of Optimal Management Strategy of Wood Supplies on Basis of Stochastic Model . . . . .	113

## SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>V. F. Kovyazin, V. M. Konovalenko, A. S. Anikin.</i> Growth of Spruce Stocks on Mechanized Cleaning Cutting . . . . .	119
<i>S. N. Svalov.</i> Method of Measurement of Additional Stand Growth . . . . .	121
<i>Yu. M. Debrinyuk, I. I. Myakush.</i> Features of Spatial Structure of Tree Root Systems . . . . .	123
<i>A. N. Gromtsev.</i> Retrospective Analysis of Antropogenic Dynamics in Southern Karelia's Landscape Forests in 1840—1980 . . . . .	125
<i>A. N. Kuznetsov, V. A. Starostin.</i> On Branchless Wood Yield in Connection with Pruning in Cultures . . . . .	128
<i>Dao Tien Ban.</i> Losses in Forestry of Vietnam Due to Hostilities . . . . .	131

## HISTORY OF SCIENCE

<i>A. A. Kakurin, Yu. G. Butko.</i> Organizer of Training Soviet Engineering Staff for Pulp and Paper Industry (Towards 110 <sup>th</sup> Anniversary of S. A. Fotiev's Birthday) . . . . .	134
---	-----

## CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>G. T. Krinitsky.</i> Indispensable Text-Book on Plant Physiology . . . . .	135
---	-----

## OBITUARY

<i>V. K. Popov, V. A. Bugaev, P. B. Raskatov.</i> Prof. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I. V. Voronin</span> . . . . .	137
---	-----

Precis . . . . .	142
------------------	-----

---

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*232:674.031.632.224.2(478.9)

**Восстановление буковых лесов в Молдавии.** ТЫШКЕВИЧ Г. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 3—7.

Изложены результаты изучения роста, биологической продуктивности и водного режима 19-летних культур бука, созданных в условиях свежей буковой дубравы в Кодрах Молдавии. Приведены данные о влиянии молодых культур на физические свойства почвы. Сделано заключение о целесообразности введения в состав культур 25...30% бука. Табл. 4. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*232

**Теоретическая основа общей системы лесокультурного процесса.** МЕРЗЛЕНКО М. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 7—11.

Лесокультурный процесс рассмотрен как единая система всей совокупности лесокультурных циклов. Критерии-ограничения направлены на соблюдение соответствия осуществляемых технологических приемов экологическим требованиям и свойствам культивируемых пород. Ил. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*114.123:630\*114.444:631.62

**Изменение водопроницаемости торфяников после осушения.** БАБИКОВ Б. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 11—14.

На основе многолетних экспериментальных исследований показано изменение водопроницаемости осушенных болот, используемых для лесовыращивания. Ил. 1. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*443.2:630\*165.6

**Защита всходов сосны от полегания при испытаниях потомства деревьев.** РОГОЗИН М. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 15—17.

Установлено, что для внедрения патогена наиболее уязвима корневая шейка семян. Необходима дезинфекция спедодесжды и тары, контактирующей с шишками и семенами. При наличии патогена в почве посев следует проводить на слой песка толщиной 1...2 см, взятого с глубины не менее 50 см. Табл. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 632.954

**Системный подход к применению гербицидов и арборицидов в лесном хозяйстве.** КЛЮЧНИКОВ Л. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 17—22.

Последовательность обработки гербицидами и арборицидами связана с этапами формирования леса и основана на динамической типологии. Сформулированы системы для разработки технологических схем и составления программ управления применением химических средств ухода при выращивании леса. Ил. 4. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*232.311+630\*232.318

**Объем заготовки и качество семян хвойных пород в Кировской области.** БАРАБИН А. И., ПЛАСТИНИН Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 23—25.

Показано, что плановые задания по заготовке семян устанавливаются необоснованно. Качество семян ели выше, чем сосны, и возрастает в годы обильного семенения. При хранении семян ели их качество снижается. Табл. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 630\*377.14.01.4/5

**Обоснование эксплуатационных режимов колесной трелевочной системы по критерию поперечной динамической устойчивости.** АНИСИМОВ Г. М., ПАМФИЛОВ Д. В., ВАЛЯЖОНКОВ В. Д., СЕРГЕЕВ В. П., КОЧНЕВ А. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 26—29.

Разработана математическая модель для исследования поперечной устойчивости колесной трелевочной системы при возмущающем воздействии микропрофиля склона волока случайного характера. Ил. 3. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 629.1.013.5

**Оценка параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда с учетом деформации тросов.** ЖУКОВ А. В., КИРИЛЬЧИК А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 29—33.

Приведена методика определения кинематических параметров крестообразной сцепки. Дан вывод аналитических зависимостей передаточного отношения сцепки и зоны неуправляемости, а также интегрального уравнения длины троса управления сцепки с учетом деформации тросов управления. Ил. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 625.576

**Напряжения изгиба в несущем канате в зоне опорного башмака.** СЛЕПКО И. И., БЕРЕГОВОЙ И. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 34—38.

Получены формулы для определения изгибающих моментов в зоне башмака, а также для определения координаты перегиба каната в предположении, что канат — конечная жесткая нить и собственный вес ее не вызывает напряжений изгиба. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*848

**Исследование лесоскладских систем со специализацией потоков по видам перерабатываемого сырья.** ФЕДОРЕНЧИК А. С., ТУРЛАЙ И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 38—43.

Разработана вероятностная математическая модель функционирования многопоточной лесозаготовительной системы, допускающей специализацию потоков по видам перерабатываемого сырья. Указана область применения модели и приведены результаты исследования пропускной способности нижних складов. Ил. 3. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*323.4

**К определению параметров процесса раскряжевки цепной пилой с вращательным движением подачи.** ТОРОПОВ А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 43—48.

Приведены зависимости для определения параметров, характеризующих поштучную, групповую и пачковую раскряжевку лесоматериалов цепной пилой с вращательным движением подачи. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 621.85:62-505

**Оптимизация по быстрдействию траектории переноса груза манипулятором в раскряжевочной установке.** ДОРОХОВ С. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 48—53.

Задача об ОБТ переноса хлыста манипулятором сводится к отысканию среди кривых, соединяющих начальную и конечную точки, кривой, для которой минимален функционал.

выражающий время перемещения центра сечения хлыста. С помощью уравнений Лагранжа — Эйлера обоснована кусочно-гладкая ОБТ переноса хлыста. Ил. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 65.011.56:674.093.2

Технологические основы автоматизации процессов подготовки сырья к распиловке. КАЛИТЕЕВСКИЙ Р. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 54—57.

Рассмотрены требования к автоматизированному оборудованию и производственным процессам сортировки, окорки и накопления пиловочника перед распиловкой. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*824.86

Технология склеивания древесины, пропитанной серой. ХРУЛЕВ В. М., КОНДРАШОВ С. М., БЕКБОЛОВ Ж. Б., ГОРЕТЫЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 57—61.

Отражены результаты исследования влияния технологических параметров на прочность склеивания древесины, пропитанной серой. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 674.053:621.935

Влияние разворота верхнего пильного шкива ленточнопильного станка на работоспособность пил. ВЕСЕЛКОВ В. И., ВЕСЕЛКОВА Б. А., СЕЛЕЗНЕВ А. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 61—67.

Анализ результатов исследований позволил установить, что механизм разворота верхнего пильного шкива необходим в конструкциях современных ленточнопильных станков как эффективное средство повышения устойчивости ленточных пил. Ил. 6. Табл. 1. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 674.815-41

Гидродинамическое сопротивление композиционных материалов из древесно-клеевой прессмассы. ОБЛИВИН А. Н., САГАЛЬ С. З., КОРОТКИЙ В. В., ПОЖИТОК А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 67—74.

В работе представлены зависимости для аналитического определения гидродинамических характеристик композиционных пористых материалов из древесно-клеевой композиции и других капилярно-пористых тел при различных режимах фильтрации. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 674.093.2

Определение интегрального показателя объемного выхода обрезных пиломатериалов. ШАЛАЕВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 74—77.

Приведены уточненные формулы для определения выхода обрезных пиломатериалов, учитывающие условия одновременной распиловки по поставу бревен различных диаметров и их различную встречаемость, расхождение оптимальных размеров боковых досок по длине и ширине. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 676.1.023.1

Идентификация оксикислот, выделенных из отработанного отбелного раствора. ГУМАНОВА Т. А., ЧАСОВЕННАЯ В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 78—81.

В отработанных отбелных растворах соединений хлора обнаружены лимонная, гликолевая, глюконовая кислоты; в растворах  $H_2O_2$  — гликолевая и лимонная. В производственных отбелных растворах (после ступени  $ClO_2$ ) найдена гликолевая кислота (50 % от общей фракции оксикислот). Ил. 3. Табл. 4. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.817-41

Применение надуксусной кислоты в производстве древесноволокнистых плит. СУХАЯ Т. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 81—84.

Приведены результаты исследований по положительному воздействию надуксусной кислоты на древесноволокнистую массу при производстве древесноволокнистых плит. Табл. 3. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 676.222:576.223

Изменение свойств древесных волокон в процессе производства термомеханической массы. ЧИЖОВ Г. И., ЕЛКИНА Е. П., ПУЗЫРЕВ С. С., ЗАПОРОЖЕЦ Е. В., КОМАРОВ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 84—89.

Исследованы бумагообразующие и деформационные свойства волокон отдельных фракций ТММ в технологическом потоке Сыктывкарского ЛПК. Табл. 4. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*863:547.724.1:66.02

Сравнительный анализ зависимостей для определения критической скорости пара в процессе получения фурфурола. СОБОЛЕВ В. И., КЕБИЧ М. С., МОРОЗОВ Е. Ф., ФЕДОРОВА О. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 89—92.

Проведено сравнение наиболее распространенных расчетных зависимостей для определения скорости начала ожигения слоя с данными эксперимента по установлению критической скорости пара в слое растительного сырья при получении фурфурола. Ил. 1. Библиогр. список: 15 назв.

УДК 66.062.224

Каталитические превращения терпеновых углеводородов в присутствии апротонных кислот. КЛЮЕВ Ю. П., ЛАМОТКИН А. И., ПЕТРАЩЕНЬ И. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 93—96.

Установлено, что характер продуктов, получающихся под действием протонных и апротонных кислот, и протекание процесса различны. Показано, что присутствие влаги или ряда растворителей изменяет характер действия апротонных кислот. Библиогр. список: 18 назв.

УДК 630\*6

Хозрасчет и лесовыращивание. АНЦУКЕВИЧ О. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 97—100.

Изложена концепция хозрасчета в производстве лесовыращивания на основе готовых к передаче в лесопокрытую площадь молодых и выращенной за год спелой древесины. Конечные виды продукции реализуются по экономически обоснованным ценам либо специализированным подразделениям комплексных предприятий, либо специализированным предприятиям-потребителям. Реализация этой продукции обеспечивает в основном самоокупаемость и самофинансирование предприятий по лесовыращиванию. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*6

Лесному хозяйству — реальный хозрасчет. ЛЮБОВИКОВ Т. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 100—106.

Аргументирована необходимость хозрасчетной организации лесохозяйственного производства в комплексных лесных предприятиях, изложены ее рациональные основы. Критируются некоторые ошибочные, по мнению автора, подходы к решению проблемы. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*6

Формирование экономических отношений в лесном хозяйстве в условиях радикальной реформы. ПЕТРОВ А. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 106—113.

Предложен механизм хозяйственной организации лесохозяйственной деятельности на уровне отрасли, объединения и предприятия, обеспечивающий отрасли Лесное хозяйство равноправное экономическое развитие в системе производств лесного комплекса. Табл. 1.

УДК 658.012.011.56:684

Разработка оптимальной стратегии управления запасами древесных материалов на основе стохастической модели в производстве мебели. ЖУКОВСКИ П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 113—118.

Предложена модель управления запасами материалов в условиях неопределенности. На ее основе сформулирована оптимальная стратегия управления запасами основных древесных материалов по критерию затрат. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*231

Рост еловых древостоев после механизированных рубок ухода. КОВЯЗИН В. Ф., КОНОВАЛЕНКО В. М., АНИКИН А. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 119—120.

Рассмотрены результаты влияния механизированных рубок ухода с применением пазок различной ширины. Установлена более высокая лесоводственная эффективность в связи с применением более широких пазок. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*561

Метод определения дополнительного прироста насаждений, СВАЛОВ С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 121—123.

Описан метод определения дополнительного прироста насаждений по какому-либо таксационному признаку на основе расчета двух множественных взвешенных регрессий с фиктивной переменной. Библиогр. список: 1 назв.

УДК 630\*181.36

Особенности пространственной структуры корневых систем деревьев. ДЕБРИНЮК Ю. М., МЯКУШ И. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 123—125.

Установлено, что в 30-летних лесных культурах у пихты белой, образующей мощные стержневые корни, объем почвенного питания в 3—6 раз больше, чем у ели, которая имеет слабо развитые корни вертикальной ориен-

тации. Деревья различных пород и групп роста используют разные площади питания. Табл. 2. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*182.2(470.22)

Ретроспективный анализ антропогенной динамики лесов ландшафтов южной Карелии за 1840—1980 гг. ГРОМЦЕВ А. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 125—127.

Показана антропогенная динамика средне-таежных лесов Карелии за 140-летний период по данным лесоустройства в связи с ландшафтными особенностями территории. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*245.13+630\*524

О выходе бессучковой древесины в связи с обрезкой ветвей в культурах. КУЗНЕЦОВ А. Н., СТАРОСТИН В. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 128—131.

Установлено, что обрезка ветвей в 20-летних лесных культурах позволяет получить к 50 годам 125 м<sup>3</sup>/га, а к 65—145 м<sup>3</sup>/га бессучковой древесины. Поскольку такая древесина оценивается в 4—10 раз дороже, чем обычная, то проведение обрезки ветвей — желательное мероприятие. Табл. 4. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*6:630\*18(597)

Потери в лесном хозяйстве Вьетнама в результате военных действий. ДАО ТЬЕН БАН. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 131—133.

Приведена количественная оценка компонентов лесных биогеоценозов Вьетнама, пострадавших в результате американской агрессии, и их экологических функций с расчетом будущих затрат на лесовосстановление. Библиогр. список: 3 назв.

Организатор подготовки советских инженерных кадров для целлюлозно-бумажной промышленности. (К 110-летию С. А. Фотиева). КАКУРИН А. А., БУТКО Ю. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 134.

УДК 581.1(049.3)

Нужное учебное пособие по физиологии растений. КРИНИЦКИЙ Г. Т. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1988, № 4, с. 135—136.