

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ

ИЗВЕСТИЯ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ  
ЗАВЕДЕНИЙ

---

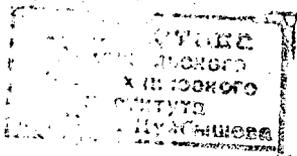
*Лесной журнал*

Издается с февраля 1958 г.

Выходит 6 раз в год

1

1991



АРХАНГЕЛЬСК

---

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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Акад. ВАСХНИЛ **И. С. Мелехов** (гл. редактор), проф. **О. М. Соколов** (зам. гл. редактора), проф. **Е. С. Романов** (зам. гл. редактора), проф. **С. И. Морозов** (зам. гл. редактора), канд. техн. наук **Н. Г. Багаев**, проф. **С. П. Бойков**, проф. **Ю. Г. Бутко**, проф. **А. В. Веретенников**, доц. **Е. Д. Гельфанд**, проф. **И. И. Гусев**, проф. **Р. Е. Калитесевский**, проф. **А. Н. Кириллов**, проф. **Н. П. Коваленко**, проф. **Э. Д. Левин**, проф. **Е. Г. Мозолевская**, доц. **О. А. Неволин**, проф. **А. Н. Обливин**, проф. **А. Р. Родин**, д-р биол. наук **Л. П. Рысин**, проф. **В. П. Рябчук**, проф. **Е. Д. Сабо**, проф. **В. И. Санев**, канд. с.-х. наук **С. Г. Сеницын**, проф. **Н. И. Федоров**, проф. **В. Я. Харитонов**, канд. с.-х. наук **Г. А. Чибисов**, проф. **Г. М. Шутов**, проф. **В. В. Щелкунов**, проф. **А. А. Эльберт**.

Ответственный секретарь **Р. В. Белякова**.

«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, рекламные материалы и объявления. Предназначается для научных работников, аспирантов, инженеров лесного хозяйства и лесной промышленности, преподавателей вузов и техникумов, студентов старших курсов лесотехнических институтов.

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ  
«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ» № 1

Ст. редактор **Н. П. Бойкова**. Редактор **Л. С. Окулова**. Корректор **Л. Л. Аксенова**.

Сдан в набор 14.11.90. Подписан в печать 09.04.91 г.  
Форм. бум. 70 X 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая.  
Усл. печ. л. 12,775. Усл. кр.-отт. 12,775. Уч.-изд. л. 15,51. Тираж 1300 экз. Заказ 6198. Цена 1 р. 40 к.  
Архангельский ордена Трудового Красного Знамени лесотехнический институт  
им. В. В. Куйбышева

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

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

## ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

УДК 630\*5

### ВЗАИМОСВЯЗИ ПРИРОСТА ЕЛОВОГО ПОДРОСТА ПО ВЫСОТЕ С ОСНОВНЫМИ ЕГО ТАКСАЦИОННЫМИ ПОКАЗАТЕЛЯМИ

И. В. НИКИФОРЧИН, Л. Н. ЯНОВСКИЙ, В. С. МОИСЕЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Прирост древостоев исследован довольно хорошо [1—4], прирост подроста изучен недостаточно.

Один из наиболее значимых и достоверно определяемых показателей подроста — прирост по высоте (текущий и средний периодический). Для целенаправленного формирования насаждений важно выявить его закономерные связи с другими таксационными показателями. Эти сведения необходимы для решения задач лесовосстановления, проведения рубок ухода за подростом и изучения их влияния на формирование будущих насаждений. По интенсивности прироста подроста можно прогнозировать ранговое положение деревьев в пологе после вырубki материнского древостоя.

Наши исследования предусматривали выявление и моделирование взаимосвязей среднего периодического прироста по высоте елового подроста с основными его таксационными показателями: возрастом, высотой, диаметром корневой шейки и диаметром кроны. Для этого в малонарушенных сосняках черничных с полной материнского полога 0,7...0,8 и наличием елового подроста, расположенных в лесопарковой зоне Ленинграда, было заложено 11 пробных площадей. Таксационная характеристика пробных площадей № 1 и 10 (граничные участки) приведена в табл. 1.

На пробах произведена таксация подроста. Для этого закладывали учетные площадки размером  $2 \times 2$  м в количестве 100 шт. на 1 га. Таксационные показатели (возраст, высота, диаметр корневой шейки, диаметр кроны, прирост по высоте за последние 5 лет) определяли при рубке и обмере учетных экземпляров изучаемого елового подроста. Для этой цели на каждой пробной площади срубали от 175 до 200 экземпляров подроста ели. Исследовали насаждения, в которых возраст подроста ели составлял 6...25 лет, высота 0,3...3,2 м, диаметр корневой шейки 0,5...8,4 см, диаметр крон 25...175 см (табл. 2). Математико-статистическая обработка материалов полевых наблюдений и моделирование таксационных показателей елового подроста выполнены на ЭВМ «Искра-1256» [5]. Взаимосвязи и зависимости между средним периодическим приростом и другими таксационными показателями подроста (факторами) устанавливали методом множественного регрессионного анализа. Для этого на пробных площадях отбирали каждый четвертый или пятый экземпляр детально обмеренного елового подроста (в зависимости от его густоты).

В результате анализа экспериментальных данных установлено, что теснота связи среднего периодического прироста по высоте с указанными таксационными показателями снижается с увеличением густоты подроста. Однако общий характер связи в целом сохраняется независимо от густоты подроста. В табл. 3 приведены коэффициенты корреляции и статистики F (F — распределение Фишера) по двум граничным участкам (пробные площади № 1 и 10) с густотой елового подроста соответственно 5,5 и 25,4 тыс. шт./га.

Анализ связей четырех наиболее важных таксационных показателей подроста (возраст  $A$ , высота  $h$ , диаметр корневой шейки  $d_{к.ш}$ , диа-

Древостой

Номер пробной площади	Квартал	Площадь, га	Стадия дигрессии	Преобладающая порода	Класс возраста	Класс бонитета	Тип леса	Ярус	Состав и возраст по элементам леса	Средняя высота, м
1	230	0,60	2	С	IV	III	С <sub>чер. вл.</sub>	I	5,1С <sub>70</sub> 4,9Б <sub>70</sub>	16,8
								II	10Е <sub>30</sub>	6,9
10	229	0,16	2	С	IV	III	С <sub>чер.</sub>	I	5,3С <sub>65</sub> 4,7Б <sub>50</sub>	18,6

метр кроны  $D_k$ ) и их комбинаций со средним периодическим приростом по высоте за последние 5 лет показал, что для парных связей

наиболее тесная корреляция наблюдается между приростом высоты елового подроста и его высотой ( $Z_h^{c.n} = f(h)$ ). При густоте подроста 5,5 тыс. шт./га коэффициент корреляции равен 0,957, критерий Фишера — 179,6; при густоте 25,4 тыс. шт./га — соответственно 0,746 и 23,27.

Влияние возраста, диаметра корневой шейки и диаметра кроны на средний периодический прирост елового подроста менее существенно. На пробной площади № 1 связь  $Z_h^{c.n} = f(A)$  характеризуется коэффициентом корреляции 0,822, критерием Фишера 34,48;  $Z_h^{c.n} = f(d_{к.ш})$  — соответственно 0,827 и 35,97;  $Z_h^{c.n} = f(D_k)$  — 0,892 и 64,57.

Очень тесная связь и высокий критерий Фишера отмечены при рассмотрении множественных связей среднего периодического прироста елового подроста по высоте с его таксационными показателями, одним из которых является высота:  $Z_h^{c.n} = f(h, A)$ ;  $Z_h^{c.n} = f(h, d_{к.ш})$ ;  $Z_h^{c.n} = f(h, D_k)$ . При густоте подроста 5,5 тыс. шт./га коэффициент множественной корреляции составил 0,957... 0,961, критерий Фишера — 116,1... 131,3, при густоте 25,4 тыс. шт./га соответственно 0,750... 0,830 и 15,44... 26,76.

Увеличение числа факторов не вызывает существенного повышения коэффициентов множественной корреляции. Так, при исследовании совместного влияния всех четырех

Таблица 2

Номер пробной площади	Густота подроста, тыс. шт./га	Количество обмеренного подроста, шт.	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр корневой шейки, см	Диаметр кроны, см	Средний периодический прирост по высоте, см
1	5,5	175	13,25 6...23	1,18 0,30...3,23	2,09 0,6...7,0	90,02 28,0...178,5	9,73 2,8...25,8
10	25,4	195	10,94 6...25	1,08 0,32...2,50	2,29 0,5...8,4	82,32 25,0...175,5	11,62 3,4...22,4

Примечание. В числителе — среднее значение таксационных показателей; в знаменателе — их диапазон.

Таблица 1

в целом						Элементы леса					
Полнота	Сомкнутость	Сумма площадей сечений на 1 га, м <sup>2</sup>	Запас леса на 1 га, м <sup>3</sup>		Масса древесной зелени, т	Порода	Высота, м	Диаметр, см	Сумма площадей сечений на 1 га, м <sup>2</sup>	Запас леса на 1 га, м <sup>3</sup>	
			растущего	мертвого						растущего	мертвого
0,77	0,80	26,9	235	42	6,15	С	17,9	18,2	13,6	121	26
0,02	—	0,4	2	—	1,59	Б	15,8	13,1	13,6	114	16
0,70	0,80	25,1	232	16	4,66	Е	6,9	11,3	0,4	2	—
						С	19,4	21,3	13,2	123	15
						Б	17,6	12,5	11,9	109	1

факторов на средний периодический прирост по высоте (модель № 11) коэффициент множественной корреляции при густоте 5,5 тыс. шт./га составил 0,963, при густоте 25,4 тыс. шт./га — 0,841, а критерий Фишера соответственно 78,55 и 16,55.

Нами рассмотрено также влияние сочетаний таксационных показателей на прирост елового подроста по высоте ( $Z_h^{c,n} = f(A \times h, A \times d_{к.ш}, A \times D_k)$ ;  $Z_h^{c,n} = f(h \times d_{к.ш}, h \times D_k)$ ;  $Z_h^{c,n} = f(d_{к.ш} \times D_k)$ ). В этих случаях коэффициенты корреляции и значения критерия Фишера значительно снижаются и для пробной площади № 1 составляют соответственно 0,533... 0,730 и 6,551... 12,19. Следовательно, усложнение регрессионной модели по такому типу комбинаций факторов не повышает достоверности аппроксимации прироста, а лишь затрудняет расчеты.

Для проверки нулевой гипотезы о достоверности и степени влияния различных факторов на прирост подроста ели по высоте при анализе рассмотренных закономерностей сравнивали полученные нами значения критериев Фишера с табличными при разном числе степеней свободы и 5 %-м уровне значимости. Во всех случаях опытные значения  $F$  оказались больше табличных. Следовательно, нулевая гипотеза отвергается, т. е. влияние рассмотренных факторов на прирост подроста по высоте не случайно.

Во всех рассмотренных опытах первое место по силе влияния на средний периодический прирост подроста в высоту занимает высота, затем диаметр кроны и диаметр корневой шейки, последнее — возраст.

Следовательно, для черничных типов леса при прогнозировании таксационной характеристики подроста ели с учетом его густоты  $\Gamma$  средний периодический прирост по высоте можно моделировать уравнением

$$Z_h^{c,n} = f(h, A, \Gamma) = 4,72 - 0,413A + 8,867h + 0,0467\Gamma.$$

При мониторинге и формировании насаждений из подроста в качестве нормативов можно использовать таблицы, составленные по следующим моделям:

$$Z_h^{c,n} = f(h, \Gamma) = 1,70 + 6,638h + 0,0857\Gamma;$$

$$Z_h^{c,n} = f(h, D_k, \Gamma) = 1,90 + 7,331h - 0,0113D_k + 0,0847\Gamma;$$

$$Z_h^{c,n} = f(h, d_{к.ш}, \Gamma) = 1,21 + 9,27h - 1,316d_{к.ш} + 0,114\Gamma.$$

Анализируя полученные по этим моделям данные, можно отметить, что в 60—70-летних сосново-березовых насаждениях с полнотой 0,7... 0,8 при увеличении густоты елового подроста прирост его по высоте увеличивается. У экземпляров одинаковой высоты больший прирост наблюдается при меньших диаметрах кроны и корневой шейки. Это

Таблица 3

Но- мер моде- ли	Характер связи	Пробная площадь № 1				Пробная площадь № 10			
		Коэффи- циент корре- ляции	Критерий Фишера		Число степеней свободы	Коэффи- циент корре- ляции	Критерий Фишера		Число степеней свободы
			вычис- ленный	таблич- ный			вычис- ленный	таблич- ный	
1	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h)$	0,957	179,60	3,29	2,33	0,746	23,27	3,26	2,37
2	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(D_K)$	0,892	64,57	3,29	2,33	0,645	13,24	3,26	2,37
3	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(d_{k, \Pi})$	0,827	35,97	3,29	2,33	0,601	10,50	3,26	2,37
4	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(A)$	0,822	34,48	3,29	2,33	0,347	2,541	3,26	2,37
5	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h, d_{k, \Pi})$	0,961	131,30	2,90	3,32	0,785	19,32	2,87	3,36
6	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h, A)$	0,958	119,30	2,90	3,32	0,830	26,76	2,87	3,36
7	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h, D_K)$	0,957	116,10	2,90	3,32	0,750	15,44	2,87	3,36
8	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h, d_{k, \Pi}, D_K)$	0,961	95,55	2,68	4,31	0,785	14,11	2,65	4,35
9	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(A, h, d_{k, \Pi})$	0,962	98,86	2,68	4,31	0,837	20,57	2,65	4,35
10	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(A, h, D_K)$	0,958	87,94	2,68	4,31	0,838	20,73	2,65	4,35
11	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(A, h, d_{k, \Pi}, D_K)$	0,963	78,55	2,53	5,30	0,841	16,55	2,53	5,34
12	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(d_{k, \Pi} \times D_K)$	0,533	6,551	3,29	2,33	0,599	10,39	3,26	2,37
13	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(h \times d_{k, \Pi}, h \times D_K)$	0,730	12,19	2,90	3,32	0,650	8,796	2,87	3,36
14	$Z_{h, \Pi}^{\Sigma} = f(A \times h, A \times d_{k, \Pi}, A \times D_K)$	0,682	6,747	2,68	4,31	0,622	5,523	2,65	4,35

следует учитывать при рубках формирования лесопарковых ландшафтов, не уничтожая весь подрост для улучшения просматриваемости и проходимости участков. В рубку необходимо назначать лишь еловый подрост, имеющий очень широкую крону и диаметр корневой шейки, в 2,0—2,5 раза превышающий средний, существенно не снижая при этом его густоты. Эти рекомендации можно применять в насаждениях, близких по таксационной характеристике к рассмотренным в данной работе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Антанайтис В. В., Загребев В. В. Прирост леса.— 2-е изд., перераб.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 200 с. [2]. Верхунов П. М. Многофакторные корреляционные связи прироста в разновозрастных сосновых древостоях // Экономические основы организации лесохозяйственного производства.— Красноярск, 1976.— С. 161—179. [3]. Высоцкий К. К. Как прогнозировать рост и развитие древостоев // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов.— Свердловск, 1983.— С. 108—116. [4]. Патацкас А. Определение текущего прироста отдельного дерева и древостоя методом корреляционного анализа: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук.— Киев, 1968.— 20 с. [5]. Лесная таксация. Обработка материалов на ЭВМ: Методич. указания для студентов / Л. Н. Яновский, В. С. Моисеев, А. Г. Мошкалева и др.— Л.: ЛТА, 1986.— 56 с.

Поступила 9 февраля 1990 г.

УДК 630\*531

### РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ВЕТВЕЙ ПО ИХ ТОЛЩИНАМ В СОСНЯКАХ СРЕДНЕГО УРАЛА

В. А. УСОЛЬЦЕВ, З. Я. НАГИМОВ, В. В. ДЕМЕНЕВ,  
Р. Р. ШАРАФУТДИНОВ

Уральский лесотехнический институт

Исследования структуры фитомассы полого древостоев обычно имеют либо ресурсоведческую ориентацию (с точки зрения утилизации), либо биогеоценологическую (познание круговорота веществ в лесном фитоценозе). Однако необходимо оценить и адаптивную геометрию ветвящихся структур деревьев. Установлено, например, что коэффициент бифуркации, как отношение числа ветвей данного порядка к числу ветвей последующего, постоянен для данной породы и относительно независим от внешних факторов [13]. Оценка ветвящихся структур деревьев актуальна и с точки зрения их горимости. Математическое моделирование лесных верховых пожаров на основе теории тепломассопереноса требует детальной информации о количественных и качественных характеристиках крон. При этом надо знать не только их общую массу, но и распределение ветвей по размерам и удельной поверхности, представляющей отношение поверхности к объему [2, 10, 12].

Наши исследования выполнены в 15—120-летних сосняках учебно-опытного лесхоза УЛТИ. Класс бонитета древостоев — II, полнота — 0,9 и выше, тип леса — сосняк ягодниковый. Заложено 6 пробных площадей, на которых взято 56 модельных деревьев по ступеням толщины. Охвоенные побеги (древесную зелень) отделяли секатором и взвешивали, а побеги без хвои относили затем к массе ветвей. Ветви последовательно отделяли друг от друга: первого порядка — от ствола, второго порядка — от первого, третьего — от второго и т. д. Ветви расчленяли на отрезки по толщине зависящей от общего размера дерева и взвешивали. Число градаций колебалось от 4 до 14.

Первые данные о фитомассе крон, хвои и корней деревьев встречаются уже в начале XX столетия в работах М. К. Турского и М. М.

Орлова. Потребительная стоимость ветвей разной толщины различна, и неслучайно первые таблицы включают массу ветвей не тоньше 3 см и предельно просты: масса ветвей выражена в процентах к массе стволовой древесины по ступеням толщины деревьев [8]. По мере развития техники и технологии деревоперерабатывающих производств появилась необходимость в дифференцированном подходе к оценке массы крон деревьев.

Одна из первых попыток разделить массу ветвей деревьев на фракции различной толщины, по-видимому, принадлежит И. К. Иевиню и Э. О. Дикельсону [3]. Они расчленили массу крон ели, березы и осины на древесную зелень и ветви. Последние подразделили по группам толщин (см): 0,6...3,0; 3,1...6,0; 6,1...8,0; 8,1 и более и разнесли по ступеням толщины деревьев. Позднее А. Ф. Ильюшенко [4] распределил массу крон березы на листья и ветви. Расчленение последних по толщине было уже иным (см): 0...1, 1...3, 3 и более, что делало эти данные несравнимыми с предыдущими. По мере развертывания исследований несравнимость данных все более усугублялась. И. В. Каменецкая [5] разделила ветви на побеги текущего года и ветви прочих лет, В. В. Смирнов [7] и В. Н. Габеев [1] — тоже на две градации, но уже с иными придержками: тонкие (менее 1 см) и толстые (более 1 см), А. А. Молчанов [6] — на три градации: мелкие, средние и крупные, без указания предельных толщин каждой.

С. Бойс [9] ввел понятие биологического потенциала древесной продукции, определяемого совокупностью накопленных фракций первичной нетто-продукции насаждения. Названный потенциал он предложил выразить в виде матрицы первичных единиц измерения, или первичной матрицы, представляющей набор значений объемов, поверхностей и длин, которые соответствуют верхним диаметрам отрезков ветвей и стволов. Каждый из трех показателей С. Бойс последовательно суммировал по ступеням диаметров, кратным, например, 5 см. При этом фракции систематизированы для насаждения в целом и только по признаку толщины, так что в ячейке матрицы с интервалом толщин, например от 5 до 10 см, могут оказаться отрезки и ветвей, и стволов из всех ярусов насаждения, включая подрост и подлесок. Для каждой градации толщин путем натуральных измерений определено суммарное значение каждого из трех показателей.

Мы сочли более предпочтительным показатель массы как легко определяемый и связанный функционально через базисную плотность с объемом, а последний при заданной толщине фракции — с поверхностью и длиной отрезка ветви или ствола. Нами установлено, что распределение массы ветвей по толщинам характеризуется в значительной степени числом градаций: при его сокращении абсолютные значения массы каждой фракции ветвей возрастают. Видимо, с учетом этого Р. Кинерсон и К. Хиггинботэм [11] показали распределение ветвей по профилю кроны в виде кумуляты, имеющей форму S-образной кривой и представляющей интеграл фактического распределения массы ветвей в кроне. Кумулята была нормализована с интервалом от нуля до единицы. Поскольку при нормировке интегрального распределения фитомассы затруднен перевод полученных закономерностей с уровня дерева на уровень древостоя, мы предпочли анализ и математическое описание кумулят в абсолютных величинах. Графический анализ показал, что интегральная кривая распределения массы ветвей по толщинам в обычных координатах имеет форму S-образной кривой и в логарифмических (рис. 1) — форму параболы второго порядка. Кривые тесно связаны с диаметром ствола, а при одном и том же диаметре — с возрастом дерева. На основе многомерного регрессионного анализа получено уравнение

$$\ln P = 2,1659 + 0,2026 \ln D \ln^2 d - 0,1580 \ln D \ln A \ln d + 0,5952 \ln A \ln D + 3,7522 \ln d - 0,7901 \ln^2 d - 0,8655 \ln A; \quad (1)$$

$$R^2 = 0,976.$$

Масса охвоенных побегов описана уравнением

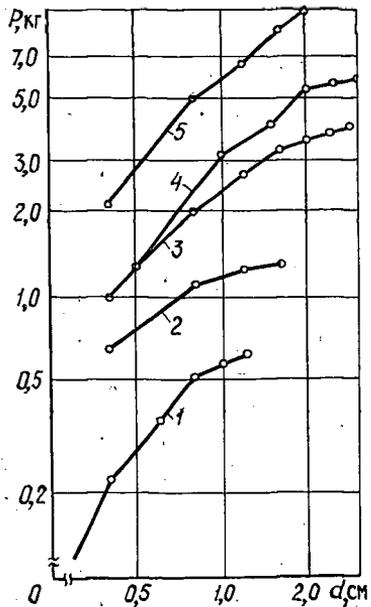
$$\ln P = 6,8594 + 2,8100 \ln D - 1,3714 \ln A; \quad (2)$$

$$R^2 = 0,920.$$

В уравнениях (1) и (2)  $D$  — диаметр ствола на высоте груди, см;  
 $A$  — возраст дерева, лет;  
 $d$  — диаметр нижнего среза ветвей, см;  
 $P$  — масса хвои или ветвей в свежесрубленном состоянии, кг.

Все константы уравнений здесь и далее достоверны на уровне значимости  $t_{05}$  и выше.

Рис. 1. Интегральные кривые распределения экспериментальных данных о массе ветвей  $P$  по их толщинам  $d$  для деревьев различного диаметра  $D$ :  
 1 —  $D = 3,0$  см; 2 —  $D = 7,3$  см; 3 —  $D = 11,4$  см; 4 —  $D = 12,3$  см; 5 —  $D = 20,5$  см



Отказавшись от нормировки интегрального распределения, мы несколько усложнили процедуру табулирования уравнения (1). Если у нормализованного ряда предельное значение всегда равно единице, то в нашем случае максимальная толщина ветвей дерева ( $d_{max}$ ) варьирует. Мы нанесли экспериментальные данные  $d_{max}$  на график зависимости его от диаметра ствола. Полученное поле распределения (рис. 2) свидетельствует о довольно тесной связи рассматриваемых величин. Нанеся значения возраста деревьев возле экспериментальных точек графика, мы обнаружили, что это поле можно разбить на несколько более узких полей точек, близких по возрасту. Включив в структуру регрессионной модели оба фактора  $D$  и  $A$ , получили

$$\ln d_{max} = 3,6973 + 0,2102 \ln A \ln D - 0,6834 \ln A; \quad (3)$$

$$R^2 = 0,900.$$

Уравнения (1) и (3) образуют рекуррентную систему

$$\left. \begin{aligned} P &= f(A, D, d); \\ d_{max} &= f(A, D); \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

в которой зависимая переменная второго уравнения входит в первое в качестве независимой. Последовательным табулированием второго уравнения по заданным значениям  $A$  и  $D$ , а затем первого по  $A$ ,  $D$  и  $d$

получена таблица с тремя входами. Последовательный ряд значений  $d$  с заданным интервалом завершается значением  $d_{max}$ , полученным та-

Распределение массы ветвей сосны в свежесрубленном состоянии по определяющим факторам

D, см	d, см	Масса охвоенных побегов, кг	Масса кроны за вычетом хвои, кг, по градациям толщины, см															Итого
			0,5	0,5...1,0	1,0...1,5	1,5...2,0	2,0...2,5	2,5...3,0	3,0...3,5	3,5...4,0	4,0...4,5	4,5...5,0	5,0...5,5	5,5...6,0	6,0...6,5	6,5...7,0	7,0...7,5	
<b>A = 30 лет</b>																		
8	1,7	3	0,8	1,1	0,7	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,8
16	2,9	22	2,7	4,2	3,9	3,4	2,9	2,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	19,2
24	3,9	68	5,3	9,3	10,2	10,3	10,1	9,8	9,5	7,3	—	—	—	—	—	—	—	71,8
<b>A = 70 лет</b>																		
8	1,4	1	0,7	0,6	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,6
16	2,6	7	2,8	2,8	2,0	1,4	1,0	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10,2
24	3,8	21	6,3	6,7	5,6	4,7	4,0	3,5	3,0	1,6	—	—	—	—	—	—	—	35,4
32	4,9	48	11,1	12,5	11,6	10,7	10,0	9,3	8,7	8,2	7,8	5,9	—	—	—	—	—	95,8
<b>A = 110 лет</b>																		
16	2,5	4	2,9	2,2	1,3	0,8	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7,7
24	3,8	11	7,0	5,3	3,8	2,8	2,1	1,7	1,4	0,7	—	—	—	—	—	—	—	24,8
32	5,0	26	12,9	10,1	8,0	6,6	5,7	5,0	4,4	3,9	3,6	3,2	—	—	—	—	—	63,4
40	6,2	48	20,7	16,5	14,2	12,7	11,6	10,8	10,1	9,5	9,0	8,6	8,2	7,9	3,1	—	—	142,9
48	7,5	80	30,5	24,6	22,6	21,4	20,5	19,7	19,2	18,7	18,3	17,9	17,6	17,3	17,0	16,8	16,6	298,7

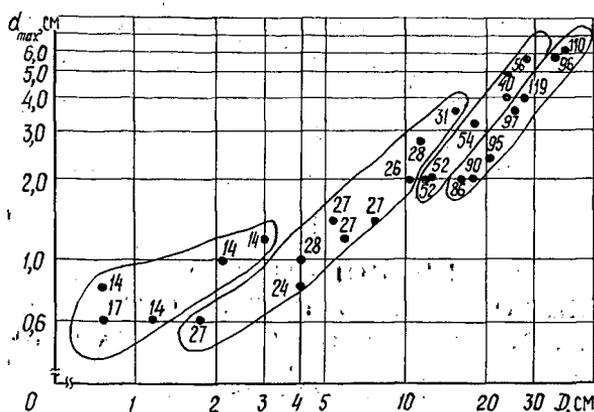


Рис. 2. Зависимость максимальной толщины ветвей в кроне  $d_{max}$  от диаметра ствола  $D$ . Цифры у экспериментальных точек обозначают возраст деревьев

булированием второго уравнения системы в пределах каждой градации  $A$  и  $D$ . Последовательным вычитанием значений массы ветвей в ряду градаций толщин получена окончательная, приводимая нами таблица. Каждая ее ячейка характеризуется своим значением фитомассы, а соответствующая ей фракция обладает специфическими свойствами: интенсивностью деструкции и вовлечения в круговорот веществ, химическим составом, горимостью, потребительной стоимостью лесоматериала и т. д. Анализ таблицы показывает, что характер распределения меняется с возрастом деревьев (колоколообразная кривая для молодняков переходит в монотонно убывающую). У деревьев одного диаметра масса наиболее тонких ветвей в диапазоне  $0 \dots 0,5$  см с возрастом увеличивается, более толстых — снижается. В пределах совокупности деревьев одного возраста масса ветвей любой градации толщин закономерно возрастает с толщиной ствола.

Аналитические выражения (4) могут быть состыкованы с динамическими моделями (хода роста древостоев, круговорота веществ и энергии, лесных пожаров, рекреационных и защитных функций лесов) и дают возможность сравнивать биопродукционные потенциалы лесных фитоценозов в разных лесорастительных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Габеев В. Н. Биологическая продуктивность лесов Приобья. — Новосибирск: Наука, 1976. — 171 с. [2]. Гришин А. М. Математические модели лесных пожаров. — Томск: Томск. ун-т, 1981. — 277 с. [3]. Иевинь И. К., Дикельсон Э. О. Масса крон осины, березы и ели в кисличниках Латвии // Лесн. хоз-во. — 1962. — № 4. — С. 20—23. [4]. Ильющенко А. Ф. Распределение фитомассы во вторичных березовых древостоях // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. — М.: Наука, 1970. — С. 50—61. [5]. Каменецкая И. В. Фитомасса и годичный прирост сосны (*Pinus silvestris* L.) в тридцатилетних сосняках южной тайги // Формирование годичного кольца и накопление органической массы у деревьев. — М.: Наука, 1970. — С. 62—83. [6]. Молчанов А. А. Продуктивность органической массы в сосняках-брусничниках // Продуктивность органической и биологической массы леса. — М.: Наука, 1974. — С. 16—23. [7]. Смирнов В. В. Органическая масса в некоторых лесных фитоценозах европейской части СССР. — М.: Наука, 1971. — 362 с. [8]. Тюрин А. В., Науменко И. М., Воропанов П. В. Лесная вспомогательная книжка. — М.: Гослестехиздат, 1945. — 408 с. [9]. Boyce S. G. The use of bole surface in the estimation of woodland production // Phil. Trans. Roy. Soc. London. — 1975. — В. 271, N 911. — P. 139—148. [10]. Brown J. K. Estimating shrub biomass from basal stem diameters // Can. J. For. Res. — 1976. — Vol. 6, N 2. — P. 153—158. [11]. Kinerson R. S., Higginbotham K. O. A quantitative description

and simulation of branch wood production relationships in the forest canopy // IUFRO biomass studies / H. E. Young (ed.).—Orono: Univ of Maine.—1973.—P. 65—76. [12]. Rothermel R. C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels // U. S. Dep. Agric. For. Serv. Res.: Pap. INT-115.—1972. [13]. Whitney G. G. The bifurcation ratio as an indicator of adaptive strategy in woody plant species // Bull. Tor. Bot. Club.—1976.—Vol. 103, N 2.—P. 67—72.

Поступила 30 октября 1989 г.

УДК 630\*23

## ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА РОСТ ПОДРОСТА И КУЛЬТУР ЕЛИ ПРИ ПОСТЕПЕННЫХ И СПЛОШНЫХ РУБКАХ

Н. М. НАБАТОВ

Московский лесотехнический институт

В Центральном экономическом районе европейской части РСФСР распространены лиственно-еловые насаждения, под пологом которых успешно возобновляются и растут самосев и подрост ели. Наши исследования показали, что из молодняка предварительного происхождения постепенными рубками можно сформировать еловые и елово-лиственные древостой, т. е. восстановить преобладание ели, имеющей огромное значение в качестве сырья целлюлозно-бумажной промышленности [6].

Изучению прироста самосева и подрост хвойных пород при постепенных рубках до последнего времени не придавалось особого значения. Главное внимание обращалось на появление всходов, их защиту от неблагоприятных явлений природы, проведение очередного и окончательного приемов рубки таким образом, чтобы самосев и подрост меньше повреждались при лесосечных работах. Значительное увеличение прироста молодняка считалось даже неблагоприятным фактором, сильно усложняющим его сохранение. Защитную, особенно окончательную рубку рекомендовали проводить зимой, когда самосев и мелкий подрост находятся под покровом снега.

Анализ особенностей прироста подрост хвойных пород, прежде всего ели, показал, что в одном и том же типе леса он наиболее тесно связан с интенсивностью рубки, составом древостоя, лесоводственными свойствами и размерами категорий естественного возобновления леса, а также рядом других факторов. Нами установлено, что прирост самосева и подрост ели, сохраненного как при сплошных, так и при постепенных рубках, зависит от погодных условий. В литературе мало данных, отражающих связь прироста в высоту с метеофакторами. Например, Х. Лир, Г. Польстер, Г.-И. Фидлер [5] отметили, что в бореальных условиях рост в высоту связан в основном с температурой.

Мы проанализировали уравнения связи и коэффициенты корреляции приростов ели в высоту в зависимости от температуры воздуха и атмосферных осадков. Исследования выполнены в северной части Среднерусской и южной — Смоленско-Московской возвышенности (Калужская область) южной полосы хвойно-широколиственных лесов [4], где после сплошных рубок ельников произошла смена пород и сформировались лиственно-еловые насаждения. В березово-еловом древостое (6БЗЕ1Ос+С) I класса бонитета в типе леса березняк-кисличник на дерново-подзолистой легкосуглинистой свежей почве были проведены трехприемные постепенные рубки с интенсивностью начального приема 23 % (умеренная) и 42 % (сильная). Под пологом древостоя после начального приема рубки на 1 га сохранено 5,4 тыс. экземпляров мелкого (высотой до 50 см), среднего (51 ... 150 см) и крупного (от 151 см до 1/3 высоты материнских деревьев) подрост, почти равномерно размещенного на площади. Участок разработан по технологии ВНИИЛМ [2].

Цель отбора деревьев в рубку — перевод лиственного хозяйства в хвойное с учетом повышения продуктивности насаждения, своевременного использования спелых

экземпляров, улучшения санитарного состояния и сохранения достаточно устойчивого древостоя. Поэтому в рубку назначали все деревья I и IV классов роста, примерно половину березы и ели III класса (в основном отставшие в росте экземпляры), наиболее крупные деревья с пониженным приростом из I класса, а также незначительное количество всех пород из II класса. Вырубали сухостойные и пораженные гнилями деревья, а также осину. При таком принципе отбора деревьев достигалась сильная интенсивность рубки. В тех случаях, когда убирали все деревья I и IV классов роста, около четверти березы и ели III класса и наиболее крупные деревья I класса, а также сухостойные и поврежденные гнилями, интенсивность рубки была умеренной.

В сопоставимых условиях проводили сплошные рубки и закладывали культуры ели. Почву обрабатывали плугом ПКЛ-70 с расстоянием между центрами борозд 3,3 м; 2-летние сеянцы ели сажали через 0,6...0,7 м в ряду. Часть вырубки с сохраненным подростом (для сравнения) оставляли под естественное зарастание.

Для математического выражения связи между приростом подроста ели в высоту и температурой воздуха мы использовали линейное уравнение  $y = a + vx$ . Наиболее определенная зависимость обнаружена от сумм температур за май — июль, т. е. в начальном периоде вегетации. Аналогичный анализ проведен и по суммам атмосферных осадков.

Исследования показали, что на среднюю величину годовичного прироста подроста ели в высоту  $Z_H^r$  температура воздуха  $T$  влияет сильнее, чем атмосферные осадки  $X$  (табл. 1)

Таблица 1

Группа подроста	Интенсивность рубки	Уравнение регрессии	Ошибка уравнения, ±см	Коэффициент корреляции	Ошибка коэффициента корреляции	Достоверность коэффициента корреляции ( $t_{0,01} = 2,58$ )
Мелкий	Умеренная	$Z_H^r = 3,805 + 0,250T$	0,72	0,788	0,144	5,49
		$Z_H^r = 5,314 - 0,0098X$	1,07	-0,648	0,299	-1,53
	Сильная	$Z_H^r = 4,196 + 0,233T$	1,25	0,648	0,219	2,96
		$Z_H^r = 5,874 - 0,0073X$	1,56	-0,254	0,354	-0,72
Средний	Умеренная	$Z_H^r = 8,598 + 0,476T$	1,98	0,680	0,203	3,34
		$Z_H^r = 10,545 - 0,0198X$	2,48	-0,401	0,317	-1,26
	Сильная	$Z_H^r = 8,276 + 0,247T$	2,54	0,365	0,328	1,14
		$Z_H^r = 9,138 - 0,0008X$	2,61	-0,223	0,359	-0,62
Крупный	Умеренная	$Z_H^r = 9,037 + 0,458T$	3,03	0,504	0,282	1,79
		$Z_H^r = 14,893 - 0,0172X$	3,92	-0,274	0,350	-0,78
	Сильная	$Z_H^r = 16,461 + 0,727T$	3,36	0,641	0,223	2,87
		$Z_H^r = 22,691 - 0,0342X$	4,32	-0,436	0,306	-1,43

Примечание. Здесь и далее в числителе — данные для температуры, в знаменателе — для атмосферных осадков.

Во всех случаях ошибка уравнения связи прироста с температурой воздуха меньше, чем с атмосферными осадками в мае — июле текущего года. Коэффициент корреляции  $r$  по температуре свидетельствует о прямой связи, а по атмосферным осадкам — об обратной. Повышение температуры воздуха в начальный период вегетации способствует увеличению прироста подроста ели в высоту в том же году. Наши данные в основном согласуются с выводами Л. А. Кайрюкштиса [3] и Е. И. Успенского [8] о том, что прирост по высоте ели в мае и июне зависит преимущественно от температуры воздуха, а в июле и августе — от количества выпадающих атмосферных осадков.

Наиболее тесная связь прироста ели с температурой воздуха в начальном периоде вегетации (май—июль) получена для мелкого подроста (по М. Л. Дворецкому [1]) при умеренной интенсивности рубки ( $t = 5,5 > t_{st} = 4$ ). Значительная связь ( $r = 0,51 \dots 0,70$ ) установлена у мелкого подроста при сильной интенсивности, у среднего — при умеренной. В остальных случаях связь умеренная ( $0,31 \dots 0,50$ ) и влияние температуры на прирост ели в высоту нельзя считать доказанным. Тем не менее можно утверждать, что мелкий подрост, частично средний и крупный имеют довольно тесную связь прироста в высоту с температурой начального периода вегетации текущего года.

Обратная связь прироста и атмосферных осадков у мелкого и среднего подроста ели не выше умеренной ( $0,31 \dots 0,50$ ) при снижении сомкнутости материнского древостоя с 0,9 до 0,6. В остальных случаях теснота связи слабая (до 0,30).

Прирост подроста и культур ели в высоту на сплошной вырубке также зависит от температуры и атмосферных осадков. Влияние этих метеофакторов почти одинаково, о чем свидетельствуют близкие ошибки уравнений регрессии (табл. 2). Коэффициент корреляции, как правило, выражает слабую связь, а его достоверность незначительна.

Из приведенных данных видно, что незначительные изменения температуры (до  $6^\circ$ ) и атмосферных осадков (до 120 мм) в начале вегетации не оказывают большого влияния на прирост культур ели в высоту. Решающее значение имеет материнский древостой (при ведении постепенных рубок), который при колебаниях погодных условий оказывает более определенное влияние на рост подроста под пологом. В связи с этим заключение Х. Лира, Г. Польстера, Г.-И. Фидлера справедливо для роста подроста ели под пологом древостоя в неморальных условиях, но скрадывается в еловых молодняках, находящихся в начальном этапе становления. Нам представляется, что и древесные породы по-разному относятся к колебаниям погодных условий. Вот почему по данным В. П. Прохорова, Н. А. Бабица и П. А. Феклистова [7] прирост культур сосны в высоту в таежной зоне наиболее тесно связан с температурой начального периода вегетации предыдущего года. К такому же заключению ранее пришел G. Wenk [9], обобщивший ряд работ в этом направлении, преимущественно по отношению к горным лесам.

Таблица 2

Категория молодняка ели	Уравнение регрессии	Ошиб- ка урав- нения, ± см	Коэф- фици- ент корре- ляции	Основ- ная ошиб- ка коэф- фици- ента корре- ляции	Досто- верность коэф- фици- ента корре- ляции ( $t_{0,01} =$ $= 2,58$ )
Подрост на вырубке: мелкий	$Z_H^r = 2,0702 + 0,0092T$	1,93	0,179	0,366	0,49
	$Z_H^r = 4,9874 + 0,0072X$	1,92	0,224	0,359	0,62
средний	$Z_H^r = 13,7598 + 0,0665T$	5,88	0,044	0,377	0,12
	$Z_H^r = 13,4535 + 0,0192X$	5,78	0,183	0,365	0,50
крупный	$Z_H^r = 32,8215 - 0,7932T$	11,76	-0,252	0,354	-0,71
	$Z_H^r = 20,9608 + 0,897X$	11,78	0,413	0,314	1,32
Культуры ели	$Z_H^r = 13,17215 - 0,05318T$	4,99	-0,041	0,377	-0,11
	$Z_H^r = 4,84491 + 0,03378X$	4,62	0,379	0,324	1,17

Таким образом, при помощи постепенных рубок можно регулировать прирост подроста ели в высоту. При умеренной интенсивности рубки (16...25 %) влияние метеорологических факторов на рост молодого поколения этой породы наибольшее. При сильной интенсивности рубки (36 % и выше) метеофакторы несколько утрачивают свое значение, а прирост по высоте приближается к приросту подроста на вырубке и в культурах. Сильная интенсивность начального приема рубки (до известных пределов, т. е. не выше 45...50 %) в лиственно-еловых древостоях создает наиболее благоприятные условия для роста самосева и подроста ели.

Анализ прироста подроста ели по высоте в зависимости от погодных условий позволяет рекомендовать время проведения рубок. По этому показателю очередной прием постепенной рубки после начального в лиственно-еловых насаждениях должен назначаться через 6-7 лет. На сплошных вырубках, где сохранилось не менее 3 тыс. экземпляров благонадежного подроста ели на 1 га, а также в культурах осветление необходимо начинать через 7-8 лет после рубки материнского древостоя и закладки молодняков искусственного происхождения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 104 с. [2]. Дерябин Д. И. Технология работ при постепенных рубках на основе комплексной механизации.— Пушкино: ВНИИЛМ, 1962.— 24 с. [3]. Кайрюкшис Л. А. Научные основы формирования высокопродуктивных елово-лиственных насаждений.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 208 с. [4]. Курнаев С. Ф. Дробное лесорастительное районирование Нечерноземного центра.— М.: Наука, 1982.— 120 с. [5]. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.-И. Физиология древесных растений.— М., 1974.— 422 с. [6]. Набатов Н. М. Постепенные рубки в равнинных лесах.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 104 с. [7]. Прохоров В. П., Бабич Н. А., Феклистов П. А. Влияние температуры воздуха и осадков на прирост культур сосны по высоте в условиях средней подзоны тайги Европейского Севера // Лесн. журн.— 1984.— № 2.— С. 120—122.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Успенский Е. И. Моделирование структуры взаимосвязей темнохвойного подроста с экологическими факторами // Материалы моделирования в биоэкологии.— Петрозаводск, 1985.— С. 88—90. [9]. Wenk G. Der jahreszeitliche Ablauf des Dicken-Nachses von Fichten und Kiefern und seine Abhängigkeit von meteorologischen Faktoren // Wiss. Z. Techn. Univers.— Dresden, 22, 1973, 3.— S. 531—535.

Поступила 12 июня 1990 г.

УДК 630\*24 : 630\*232

## К ТЕХНОЛОГИИ ЛЕСОВОДСТВЕННОГО УХОДА В СОСНЯКАХ

П. П. ИЗЮМСКИЙ, В. В. ДУДА

УкрНИИЛХА

При переходе лесного хозяйства на хозрасчет большое значение придать созданию устойчивых высокопродуктивных сосновых насаждений на основе широкого применения природоохранных технологий, механизации производственных процессов на базе новых, многооперационных машин и агрегатов.

Опыт лесовыращивания на юге лесной зоны и в лесостепи показывает, что на площадях, подлежащих искусственному облесению, нужно создавать смешанные культуры сосны с березой, на богатых субборевого почвах — с дубом. Участие сосны в составе — не менее 8...9 единиц. И только на крайне сухих и бедных почвах (типы А<sub>0</sub>, В<sub>0</sub>) могут создаваться чистые сосновые культуры, но с обязательным введением почвозащитных кустарников. Здесь мы рассмотрим способы выращивания уже существующих, преимущественно чистых насаждений.

Лесоводственный уход в молодняках: При обеспеченности хозяйства рабочей силой, малогабаритной техникой и тяглом осветления и прочистки проводят обычным, равномерно-выборочным способом.

При отсутствии указанных условий, а также в перегущенных культурах сосны с узкими (1,5...2,0 м) междурядьями приходится удалять некоторые ряды для проезда тракторных агрегатов, т. е. применять линейную технологию рубок ухода [4]. Хотя в лесоводственном отношении данная технология уступает обычной (из-за необходимости сплошной вырубке рядов при проложении технологических коридоров), однако она не оказывает отрицательного влияния на культуры, поскольку остающихся деревьев вполне достаточно для формирования высокоценного древостоя. В технологическом отношении она имеет ряд преимуществ: облегчает использование средств механизации, сокращает затраты ручного труда и в 1,5—2,0 раза повышает его производительность, способствует более полному, безотходному использованию тонкомерной древесины и хвойной зелени [3]. Если в первые два-три приема ухода удаляют третьи ряды деревьев, то в оставшихся спаренных рядах обеспечивается подъезд тракторных лесохозяйственных агрегатов к каждому дереву, в результате максимально облегчается дальнейший уход и формирование древостоя. В смешанных сосново-березовых и сосново-дубовых культурах технологические коридоры выполняют роль буферных рядов из кустарника. В остающихся рядах проводят равномерно-выборочное изреживание.

В культурах с широкими междурядьями (2,5...3,0 м) предварительно спиливают высокие пни, низко нависшие ветви и сучья, мешающие продвижению агрегатов. При сильном зарастании культур второстепенными породами и кустарниками с обеих сторон освобождаемых рядов прорубают коридоры шириной 1,0...1,5 м. В междурядьях культур, сильно заросших травянистой или моховой растительностью, рыхлят почву и подсевают многолетний люпин. В культурах сосны с недостаточным увлажнением рыхление почвы в междурядьях (сухой полив) может продолжаться до 10 лет и более.

В естественных, обычно загущенных молодняках уход проводят полосо-выборочным способом. Участок делят трелевочными волоками на полосы шириной примерно 30 м. К волокам подтаскивают и укладывают срубленную древесину. При освобождении главных и ценных сопутствующих пород от угнетения второстепенными или чрезмерно разросшимся кустарником допускается снижение сомкнутости молодняка до 0,4...0,5, хотя при регулярных уходах не возникает потребности в столь сильном изреживании.

Оптимальный состав комплексной бригады на рубках ухода в молодняках 5...7 человек. Моторист бензопилой срезает деревья и кустарник, два его помощника подтаскивают их к волоку и укладывают в пакеты, которые малогабаритным трактором или гужом трелюют к месту переработки на разделочно-погрузочную площадку. Здесь работают трое рабочих. Двое из них раскряжевывают стволы на сортименты и складывают их, а третий заготавливает хвойную лапку.

Для переработки отходов древесины на технологическую щепу на разделочной площадке устанавливают передвижную рубильную машину РПУ-1. В этом случае состав бригады увеличивается на два человека, включая оператора машины. Бригадно-подрядная форма организации труда хорошо зарекомендовала себя на рубках ухода как в молодняках, так и в насаждениях старшего возраста.

Лесоводственный уход в насаждениях старшего возраста. Начиная с возраста прореживаний, проводят равномерно-выборочное изреживание древостоя, устраняя вклинивание,

переплетение и зажатость крон у оставляемых деревьев. При этом не допускается снижение сомкнутости ниже 0,7...0,8 и образование больших окон и прогалин. Сильно изреженный жердняк страдает от навала снега и ветролома. С появлением признаков загушенности уход повторяют. При наличии в биогруппах деревьев с равной интенсивностью роста желательнее групповое их размещение, особенно в насаждениях естественного происхождения.

Проходные рубки должны иметь слабую интенсивность. При доведении сомкнутости крон до их легкого касания, что соответствует полноте 0,9, обеспечивается максимальный прирост. В насаждениях с меньшей сомкнутостью (полнотой) следует ограничиваться санитарной рубкой.

Как показывает практика, развитие в лесхозах промышленных цехов и производств по переработке древесины при строго ограниченном главном пользовании лесом может привести к чрезмерному изреживанию насаждений задолго до наступления возраста спелости, что снижает конечную продуктивность и общие результаты лесовыращивания. Во избежание этого уход за лесом, начиная с проходных рубок, должен быть направлен на отбор и сохранение лучших деревьев для повышения качества и накопления возможно большего запаса древесины к возрасту главной рубки. С этой целью в биогруппах древостоя (состоящих из 4-5 деревьев с явно выраженным влиянием друг на друга) отбирают наиболее перспективные целевые деревья будущего или дерева главной рубки и отмечают краской. Данные заносят в специальную перечетную ведомость с указанием породы, диаметра и желательного класса роста. На эту работу затрачивают в среднем два рабочих дня на 1 га. Число деревьев, подлежащих главной рубке, устанавливают по породам первого яруса. Оно должно соответствовать программе рубок ухода, а при ее отсутствии — местным таблицам хода роста, уточняемым при лесоустройстве. Сохранность их проверяют при последующих уходах. Рубки промежуточного пользования лесом без особого разрешения объединения или министерства запрещаются.

Сохранение деревьев будущего до главной рубки, не требующее значительных затрат, способствует ускоренному достижению технической спелости древесины за счет выращивание деревьев с быстрым ростом (I и II классы Крафта). Оно также позволяет получить больше крупномерной древесины, имеющей высокую таксовую стоимость. Указанные преимущества дают основание рекомендовать это мероприятие и для древостоев с иным составом пород.

Организация и финансирование работ по уходу за лесом. Места проведения рубок ухода концентрируют по возможности в пределах квартала или технического участка (блока). Это позволяет улучшить обслуживание рабочих, руководство работами и контроль за их выполнением. При подборе участков под рубки ухода и назначении времени их проведения нужно учитывать интересы охраны природы, охотничьего хозяйства и побочных лесных пользований.

Эффективность механизированных рубок ухода зависит от вида применяемых агрегатов и технологической подготовки (обустройства) участка. Экономия на лесных культурах, заключающаяся в пропуске пней, нарушении прямолинейности рядов и ширины междурядий, впоследствии приводит к удорожанию ухода, выполняемого ручным способом, или резкому ухудшению его качества. В перечень технических средств, необходимых для рубок ухода [1], к сожалению, не вошли машины для снижения (дробления) пней в культурах, создаваемых на нераскорчеванных лесосеках. Не включен в него и агрегат ЭЛХА, который можно использовать на гужевой тяге на участках, не доступных для тракторов. Следует шире заимствовать зарубежный опыт исполь-

зования многооперационных и узкозахватных валочных машин, успешно применяемых на рубках ухода. Необходим серийный выпуск современного ручного инструмента (лесные ножницы, ножовки, секачи, мотосучкорезки на длинной штанге, вилки-резачи и др.).

Создание насаждений и уход за лесом относятся к лесоводственным мероприятиям с длительным сроком окупаемости затрат, не укладываемым в обычные планово-отчетные периоды оборота средств. Поэтому их финансирование пока должно идти из госбюджета или специального централизованного ведомственного фонда. В будущем, по мере восстановления и повышения качества и продуктивности лесов, расширения базы развития побочных лесных пользований и промыслов [2] потребность лесного хозяйства в государственной дотации уменьшится. С ростом доходности лесовыращивания ускорится переход предприятий (объединений) на хозрасчет и самоокупаемость.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Госагропром СССР. Система машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства на 1986—1995 годы. Ч. 4. Лесное хозяйство и защитное лесоразведение.— М., 1988.— 208 с. [2]. Дуда В. В. Оценка возможностей и результатов хозяйственной деятельности в лесу в области лесовыращивания // Лесоводство и агролесомелиорация.— К.: Урожай, 1981.— Вып. 61.— С. 62—68. [3]. Изюмский П. П. Выращивание высокопродуктивных лесных насаждений с применением новой технологии.— М.: Лесн. пром-сть, 1978.— 168 с. [4]. Изюмский П. П. Методичні рекомендації по застосуванню лінійної технології рубок догляду у перегущених культурах хвойних молодяків.— Харків: Мінлісгосп. УРСР, 1980.— 10 с.

Поступила 10 апреля 1989 г.

УДК 630\*453

### ЖИВИЧНАЯ ИНДИКАЦИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕРЕВЬЕВ ЕЛИ К КОРРОДУ-ТИПОГРАФУ

А. В. ЛЕБЕДЕВ

Архангельский лесотехнический институт

Углубленное изучение механизмов устойчивости хвойных деревьев к насекомым-ксилофагам — одна из актуальных и перспективных задач лесной энтомологии и защиты леса [4].

Живица ели оказывает репеллентное и токсическое воздействие на короедов, но наиболее очевидным фактором активной резистентности деревьев признаются ее физические свойства [1, 3, 6, 7, 11]. В связи с этим важно установить степень выделения живицы, при которой дерево становится доступным для ксилофагов. Целесообразность региональной направленности исследований обусловлена функциональными наследственными особенностями различных климатипов ели, обладающих неодинаковой энтомоустойчивостью в связи с различными физическими и химическими свойствами живицы. Это вызвало необходимость постановки специального эксперимента, который заключался в искусственной подсадке жуков короеда-типографа в зону толстой коры деревьев ели с различной интенсивностью смолы выделения. Выбор этого вредителя в качестве объекта изучения обусловлен его способностью заселять деревья без внешних признаков ослабления, возможностью резко увеличивать численность и ускорять массовое отмирание лесов, ослабленных различными причинами [2, 5, 9]. В лесах Европейского Севера короед-типограф широко распространен, одним из первых поселяется на дере-

вях ели, в большом количестве концентрируется на локальной площади и причиняет определенный хозяйственный ущерб [10].

Исследования проводили в 1979 г. в период массового лета кородея-типографа на территории Учинского леспаркхоза Московской области, в спелом высокобонитетном среднеполнотном ельнике разнотравном, частично ослабленном рекреационным воздействием. Для эксперимента было выбрано 40 деревьев ели диаметром 24 см. У каждого дерева через сутки после ранения определяли интенсивность живицы по пятибалльной шкале [11]: 0 — не выделялась, место ранения сухое; 1 — разрозненные точки или пленка; 2 — крупные капли; 3 — выделилась обильно, но не вытекает; 4 — вытекает или капает. В секторе живичной индикации подсаживали жуков под полушаровидные ситечки диаметром 4 см, по 10 самцов на дерево. Ситечки закрепляли на коре пластилином и для защиты от дождя прикрывали сверху хлорвиниловой пленкой. Опыт продолжительностью 10 дн. закладывали в восьми повторностях. После снятия ситечек фиксировали результаты взаимодействия дерева и ксилофагов.

Аналогичные исследования были проведены в 1986 г. в зеленой зоне Архангельска в спелом низкобонитетном среднеполнотном ельнике разнотравном, частично ослабленном рекреационным воздействием. Кроме того, на территории Учинского леспаркхоза, в условиях, близких к предыдущим, в древостое, подвергшемся интенсивной рекреации, летом 1978 г. было подобрано и помечено 20 сильно травмированных деревьев ели диаметром 20...28 см. В мае — июне 1979 г., в период естественного их заселения кородем-типографом, методом живичного индикатора оценивали интенсивность смоловыделения. Одновременно вели ежедневные наблюдения за характером заселения деревьев кородеями, устанавливали тип их отмирания по начальным выборкам буровой муки, методом биопсии, следам деятельности дятлов и другим признакам. В целом наблюдения, учеты и эксперименты в зеленой зоне Москвы охватывают период с 1978 г. по 1981 г., в зеленой зоне Архангельска — с 1985 г. по 1988 г.

Результаты опыта, проведенного в Московской области (см. таблицу), свидетельствуют о том, что жуки типографа наиболее энергично внедряются под кору на участках ствола с баллом смоловыделения 1.

Число жуков, внедрившихся под кору деревьев при различной интенсивности смоловыделения

Балл смоловыделения	Число жуков (по повторностям опыта)								Среднее число жуков
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Зеленая зона Москвы									
0	5	0	7	0	6	2	4	2	3,25
1	6	9	5	6	6	8	7	7	6,75
2	5	6	5	3	5	4	4	3	4,38
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Зеленая зона Архангельска									
0	5	8	4	0	6	9	6	7	5,63
1	6	4	6	4	3	7	8	6	5,50
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Здесь короеды образуют нормальные поселения и выводят наиболее жизнеспособное потомство. При балле 0 наблюдаются как нормальные поселения жуков, так и их гибель, вызванная невозможностью внедриться в сухие ткани луба. Насекомые, подсаженные в зону ствола ели с баллом 2, проникают под кору, однако образованию нормальных поселений препятствует заполнение начатых ходов живицей. В этом случае механическое действие живицы усиливается ее химическими свойствами, так как проявляется максимальный репеллентный и токсический эффект смоловыделительной системы. При интенсивности смоловыделения, определяемой баллами 3 и 4, подопытная зона надежно защищена от нападения короедов; они гибнут при попытках внедрения под кору.

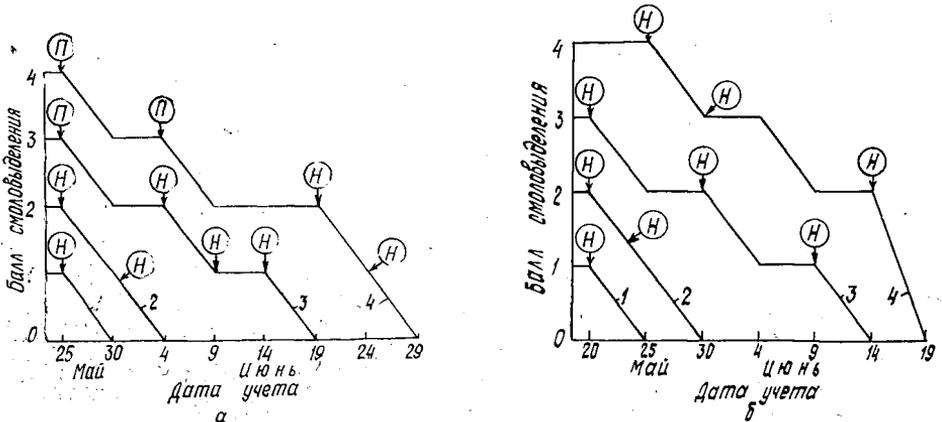
Результаты аналогичного опыта, проведенного в зеленой зоне Архангельска, свидетельствуют о том, что жуки типографа активно посе-

ляются на участках ствола с баллами 0 и 1. При интенсивном смоловыделении, оцениваемом баллами 2—4; попытки внедрения короедов под кору заканчиваются неудачей, что характеризует рассматриваемые зоны ствола как резистентные.

Таким образом, энтомологическая обоснованность баллов смоловыделения у деревьев ели не вызывает сомнений, несмотря на неоднократную критику метода живичного индикатора. В связи с возражениями практического порядка, касающимися оценки резистентной способности дерева в целом [3, 8], потребовались дополнительные исследования в Подмоскowie с использованием травмированных деревьев ели. Анализ результатов этих исследований показывает, что при естественном освоении комлевой части ствола с фактически утраченной резистентностью (балл 1) жуки типографа образуют нормальные поселения (рис. а). В случае относительно низкой резистентности (балл 2) при массовой и одновременной атаке нами также отмечены нормальные поселения жуков типографа с выведением в дальнейшем жизнеспособного потомства. При средней и высокой резистентности (баллы 3 и 4), несмотря на массовость и одновременность нападения, насекомые не смогли подавить смоловыделительную реакцию и погибли в живице.

Анализ естественного освоения кормовых объектов короедом-типографом в зеленой зоне Архангельска показывает, что в северных условиях жуки поселяются только на участках ствола с фактически утраченной резистентностью (баллы смоловыделения 0 и 1). Полученные нами экспериментальные данные подтверждают справедливость высказывания о том, что в северных лесах короеды проявляют себя как типичные сапрофаги и успешно заселяют только обреченные деревья [12].

Результаты изучения интенсивности смоловыделения в комлевой части ствола при одновременном типе отмирания деревьев ели в Подмоскowie (рис. б) совпадают с итогами предыдущего опыта. Данные,



Динамика интенсивности смоловыделения в зоне толстой коры деревьев ели, заселяемых типографом: а — начальная резистентность (1 — утраченная, 2 — низкая, 3 — средняя, 4 — высокая); б — типы отмирания деревьев (1 — комлевой, 2 — одновременный, 3 — стволовой, 4 — вершинный); Н — нормальные поселения короеда; П — попытки поселения вредителя

полученные при иных типах отмирания, требуют дополнительного анализа. Так, при стволовом типе отмирания, в момент заселения жуками типографа зоны переходной коры, энергия смоловыделения в комлевой части дерева нередко достигает 3 баллов, а у экземпляров высокого ранга — даже 4 баллов. В случае вершинного типа отмирания, при освоении жуками типографа тонкой коры, выявляется аналогичная картина. Однако между показателями скорости смоляного потока в зоне

толстой коры и пороговыми значениями интенсивности выделения живицы различия еще больше. Кроме того, нами установлено, что у травмированных деревьев разница в сроках заселения верхинной и комлевой частей взрослой ели может составлять 2 недели, а у экземпляров, ослабленных в результате уплотнения почвы, растягиваться до 3 лет. Полученные данные являются экспериментальным доказательством того, что использование патофизиологических индикаторов без учета типа ослабления деревьев значительно затрудняет диагностику, а в ряде случаев делает ее невозможной.

В рамках рассматриваемой проблемы целесообразно было выявить различия в интенсивности смоловыделения у внешне здоровых деревьев ели в разных частях ствола. Исследования, проведенные в Подмоскovie, показали, что у деревьев, расположенных в глубине насаждений, при отсутствии повреждений нет существенных различий в средних баллах смоловыделения по сторонам света (южная сторона ствола —  $2,44 \pm 0,04$ ; западная —  $2,41 \pm 0,05$ ; восточная —  $2,43 \pm 0,04$ ; северная —  $2,40 \pm 0,03$ ). Однако разность величин живичного индикатора как на диаметрально противоположных, так и на смежных сторонах ствола колеблется в широких пределах — от 0 до 4 баллов. Установлены четыре основных варианта интенсивности смоловыделения у внешне здоровых деревьев ели в секторе по высоте ствола, в соответствии с участками коры (толстая, переходная, тонкая): I — баллы 3, 2, 1; II — баллы 3, 3, 1; III — баллы 3, 2, 2; IV — баллы 3, 1, 2 [6]. При определении интенсивности смоловыделения у внешне здоровых деревьев ели по сторонам света и по высоте ствола в лесах Севера нами получены результаты, аналогичные предыдущим.

Приведенные факты позволяют сделать вывод о том, что поскольку каждый вид короеда поселяется и развивается на определенном участке ствола, а отмирание дерева может начинаться в самых различных его частях, необходимо выделить зоны резистентности. Доказано, что интенсивность смоловыделения у ели — наиболее очевидный фактор и достаточно объективный критерий, отражающий количественный эффект сопротивления вредителю зачастую не дерева в целом, а лишь зоны возможного или произошедшего контакта [6, 7]. Это позволяет трактовать понятие «зона» как участок ствола с корой определенной толщины, обладающий однородной резистентностью, что свидетельствует о возможности существенного усовершенствования метода живичного индикатора. Полученные данные могут использоваться при организации и реализации биологического мониторинга в лесах особого назначения и при проведении санитарно-оздоровительных мероприятий в них.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Васечко Г. И. Взаимодействие короедов с кормовыми деревьями // Итоги науки и техники. Сер. Энтомология. — М., 1981. — Т. 5. — С. 3—139. — (ВИНИТИ). [2]. Воронцов А. И. Патология леса. — М.: Лесн. пром-сть, 1978. — 178 с. [3]. Ильинский А. И. Вторичные вредители сосны и ели и меры борьбы с ними: Сб. работ по лесному хозяйству / ВНИИЛМ. — М.; Л.: Гослесбумиздат, 1958. — Вып. 36. — С. 178—228. [4]. Исаев А. С., Гирс Г. И. Взаимодействие дерева и насекомых-ксилофагов. — Новосибирск: Наука, 1975. — 346 с. [5]. Катаев О. А. Короеды и усыхание еловых лесов // Сб. докл. на 29-м чтении памяти Н. А. Холодковского. — Л.: Наука, 1977. — С. 22—43. [6]. Лебедев А. В. Энтомоустойчивость ели европейской в рекреационных лесах Московской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — Воронеж, 1983. — 22 с. [7]. Лебедев А. В. Пороги устойчивости деревьев ели к насекомым-ксилофагам // Достижения науки и передового опыта защиты леса от вредителей и болезней. — М.: ВНИИЛМ, 1987. — С. 90—91. [8]. Маслов А. Д. Оценка физиологического состояния деревьев при надзоре за стволовыми вредителями леса // Защита леса от вредителей и болезней. — М.: Лесн. пром-сть, 1968. — С. 103—112. [9]. Мозолевская Е. Г. Влияние состояния насаждений на динамику численности короедов // Сб. докл. на 34-м чтении памяти Н. А. Холодковского. — Л.: Наука, 1982. — С. 3—24. [10]. Огибин Б. Н. Насекомые-ксилофаги северной тайги // Материалы отчетной сессии АИЛиЛХ за 1986 г. — Архангельск: АИЛиЛХ, 1987. —

С. 19—20. [11]. Положенцев П. А. Живница ели и ее энтомотоксичность // Науч. тр. / Башкир. СХИ.—Уфа, 1947.—Т. 5, вып. 2.—С. 169—184. [12]. Стадницкий Г. В., Бортник А. М. Экологические проблемы защиты таежных лесов // Лесн. журн.—1979.—№ 3.—С. 5—13.—(Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 17 мая 1990 г.

УДК 676.11.082.1 : 631.811.98

## ОПЫТ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЯНЦЕВ ЕЛИ И СОСНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТИМУЛЯТОРА РОСТА НА ОСНОВЕ ЧЕРНОГО СУЛЬФАТНОГО ЩЕЛОКА

Л. Г. ПОПОВА, А. А. ЮРИНОВА, М. В. КУЗЬМИНА,  
А. И. КИПРИАНОВ, А. Е. ЕГОРОВ

Ленинградская лесотехническая академия  
ТПО Ленлес

Повышение эффективности лесовосстановления — важнейшая задача лесного хозяйства. Ее решение связано с интенсификацией производства лесопосадочного материала на основе совершенствования агротехники выращивания, в том числе с помощью стимуляторов роста.

Природные и синтетические стимуляторы роста, широко используемые в сельском хозяйстве и садоводстве, имеют ограниченное применение в лесном хозяйстве в силу дороговизны. В лесоводстве более экономично и перспективно использовать эффективные рострегулирующие препараты, полученные на основе промышленных отходов или побочных продуктов производства.

Как показали наши исследования, на основе отработанных щелоков сульфатно-целлюлозного производства можно получать препараты, стимулирующие рост хвойных древесных пород [1]. Полевые деляночные опыты по выращиванию сеянцев ели и сосны в теплицах и питомниках открытого грунта свидетельствуют о том, что указанные продукты активизируют прорастание семян и рост основных органов сеянцев [3, 5]. Установлено также, что на стадии выращивания сеянцев наиболее эффективна предпосевная обработка семян водным раствором полуупаренного черного щелока от варки лиственной древесины, стимулирующая активность которого проявляется при содержании в нем 25...36 % сухих веществ (из них 14...19 % органических и 11...17 % минеральных).

Для испытания предлагаемой технологии в производственных условиях в 1986 и 1987 гг. в теплицах Тихвинского и Лодейнопольского КЛПХ ТПО Ленлес организовано опытное производство сеянцев ели и сосны с использованием указанного щелока в качестве стимулятора роста. Щелок, отобранный с листового потока Котласского ЦБК в 1986 и 1987 гг., имел следующую характеристику: плотность соответственно 1162 и 1198 кг/м<sup>3</sup>, рН — 13 и 12, содержание сухих веществ — 27 и 32 %, в том числе органических — 14 и 18 %, минеральных — 13 и 14 %.

В Тихвинском КЛПХ в 1986 г. в стационарной арочной теплице высевали семена ели на площади 480 м<sup>2</sup> (на 360 м<sup>2</sup> — опытные, обработанные щелоком, на 120 м<sup>2</sup> — контрольные). Обработка опытных семян заключалась в намачивании их в водном растворе щелока концентрацией 10<sup>-4</sup> % (в пересчете на содержание органических веществ) в течение 24 ч, затем в растворе перманганата калия по технологии леспромхоза и последующей подсушке на воздухе до сыпучего состояния. Контрольные семена замачивали в растворе перманганата калия и также подсушивали на воздухе. После подсушки опытные и контрольные семена протравливали сухим ТМТД.

В 1987 г. опытное производство сеянцев ели закладывали в двух арочных теплицах с полезной площадью 560 м<sup>2</sup> каждая. Одну половину площади каждой теплицы засеивали семенами обработанными щелоком, вторую — контрольными. В Лодейнопольском КЛПХ испытания проводили в 1987 г., выращивая сеянцы ели и сосны в стационарной теплице блочного типа на площади 400 м<sup>2</sup>. В опытах 1987 г. в Тихвинском

и Лодейнопольском КЛПХ опытные и контрольные семена протравливали сухим ТМТД без предварительной обработки их перманганатом калия.

В конце вегетационных периодов 1986 и 1987 гг. отбирали опытные и контрольные однолетние сеянцы, в конце вегетации 1988 г. — двухлетние сеянцы (по 350... 400 шт.) для определения их размеров и биомассы (абс. сухой — для однолетних, сырой — для двухлетних). Данные измерений линейных размеров и биомассы сеянцев обработаны методом вариационной статистики [2].

Анализ показал, что щелок существенно влияет на рост сеянцев (существенность различия значительно больше трех). При этом средние значения биометрических показателей достоверны, принятый размер выборки сеянцев обеспечивает достаточную точность опыта: для линейных размеров точность опыта не превышала 3 %, для биомассы — 5 %.

Влияние препаратов черного сульфатного щелока на рост однолетних сеянцев ели и сосны

Таблица 1

Биометрические показатели сеянцев	Тихвинский КЛПХ, ель			Лодейнопольский КЛПХ	
	1986 г.	1987 г.		Ель	Сосна
		Теплица 1	Теплица 2		
Длина главного корня: см	$8,1 \pm 0,2$	$10,4 \pm 0,2$	$9,4 \pm 0,1$	$11,0 \pm 0,2$	$13,3 \pm 0,2$
	$8,8 \pm 0,2$	$9,8 \pm 0,1$	$8,8 \pm 0,1$	$9,8 \pm 0,2$	$11,7 \pm 0,2$
	$\frac{92,0}{100,0}$	$\frac{106,1}{100,0}$	$\frac{106,8}{100,0}$	$\frac{112,2}{100,0}$	$\frac{113,7}{100,0}$
Высота сеянца: см	$9,9 \pm 0,1$	$10,7 \pm 0,1$	$11,1 \pm 0,1$	$8,7 \pm 0,1$	$8,4 \pm 0,1$
	$8,7 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,1$	$9,5 \pm 0,1$	$7,5 \pm 0,1$	$7,6 \pm 0,1$
	$\frac{113,8}{100,0}$	$\frac{116,3}{100,0}$	$\frac{116,8}{100,0}$	$\frac{116,0}{100,0}$	$\frac{110,5}{100,0}$
Число побегов: шт.	$5,1 \pm 0,1$	$5,6 \pm 0,1$	$6,0 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,1$
	$4,1 \pm 0,1$	$4,9 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,1$	$2,2 \pm 0,1$
	$\frac{124,4}{100,0}$	$\frac{114,3}{100,0}$	$\frac{127,7}{100,0}$	$\frac{135,3}{100,0}$	$\frac{122,7}{100,0}$
Биомасса корней (на 100 растений): г	$2,2 \pm 0,1$	$3,6 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,1$	$3,1 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,2$
	$2,0 \pm 0,1$	$2,8 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,1$	$4,7 \pm 0,3$
	$\frac{110,0}{100,0}$	$\frac{122,9}{100,0}$	$\frac{131,4}{100,0}$	$\frac{128,4}{100,0}$	$\frac{100,0}{100,0}$
Биомасса стволика: г	$3,9 \pm 0,1$	$7,1 \pm 0,1$	$8,3 \pm 0,1$	$4,5 \pm 0,1$	$6,9 \pm 0,3$
	$2,4 \pm 0,1$	$6,1 \pm 0,1$	$5,9 \pm 0,1$	$3,8 \pm 0,1$	$6,8 \pm 0,4$
	$\frac{162,5}{100,0}$	$\frac{117,7}{100,0}$	$\frac{139,2}{100,0}$	$\frac{118,3}{100,0}$	$\frac{102,0}{100,0}$
Биомасса хвоя: г	$10,8 \pm 0,04$	$14,6 \pm 0,2$	$16,0 \pm 0,4$	$11,4 \pm 0,2$	$17,7 \pm 0,8$
	$8,6 \pm 0,04$	$12,3 \pm 0,3$	$11,8 \pm 0,2$	$7,7 \pm 0,2$	$15,6 \pm 0,3$
	$\frac{125,6}{100,0}$	$\frac{118,2}{100,0}$	$\frac{135,5}{100,0}$	$\frac{147,6}{100,0}$	$\frac{113,4}{100,0}$
Биомасса 100 сеянцев: г	$16,9$	$25,3$	$28,3$	$19,0$	$29,3$
	$13,0$	$21,2$	$20,7$	$13,9$	$27,1$
	$\frac{130,0}{100,0}$	$\frac{118,7}{100,0}$	$\frac{135,3}{100,0}$	$\frac{136,3}{100,0}$	$\frac{108,4}{100,0}$
Отношение надземной биомассы к подземной	$\frac{6,7}{5,1}$	$\frac{6,0}{6,6}$	$\frac{6,1}{5,9}$	$\frac{5,1}{4,8}$	$\frac{5,2}{4,8}$

Примечание. Здесь и далее в числителе данные для опытных сеянцев, в знаменателе — для контрольных.

В 1986 г. высота опытных сеянцев ели Тихвинского КЛПХ была больше контроля на 14 %, число побегов — на 24 % (табл. 1). Щелок не оказал стимулирующего действия на рост главного корня в длину, но активизировал процесс образования боковых корней: у опытных сеянцев их число возросло на 73 %. Абс. сухая биомасса стволика опытных сеянцев была больше на 62 %, хвои — на 26 %, корней — на 10 %, всего сеянцев — на 30 %, чем у контрольных.

В 1987 г. в обеих теплицах Тихвинского лесопитомника опытные растения опережали контроль по всем биометрическим показателям: по длине главного корня — в среднем на 6 %, по высоте сеянца — на 17 %, по числу побегов — на 20 %; по биомассе корневой системы — на 23 и 31 %, стволика — на 18 и 39 %, хвои — на 18 и 35 %, всего сеянца — на 19 и 36 % для первой и второй теплиц соответственно.

При испытании препарата в Лодейнопольском КЛПХ также получены положительные результаты (табл. 1). К концу первого вегетационного периода различие с контролем для сеянцев ели составило: по длине главного корня — 12 %, по высоте — 16 %, числу побегов — 36 %. Активный рост сеянцев в высоту, их корневой системы и побегов привел к более интенсивному накоплению биомассы. Сухая биомасса корней, стволика, хвои и всего сеянца превышала контроль на 28, 18, 48 и 36 % соответственно. Сеянцы сосны проявили меньшую отзывчивость на обработку щелоком. По биомассе основных органов они находились на уровне контроля, по длине главного корня превысили контроль на 14 %, по высоте — на 10 %, по числу побегов — на 23 %. К концу второго вегетационного периода тенденция опережающего роста опытных растений сохранилась. Двухлетние сеянцы ели превышали контроль по высоте, диаметру стволика и сырой биомассе на 8, 18 и 44 %, двухлетние сеянцы сосны — на 8 и 31 % соответственно по высоте и биомассе (табл. 2).

Таблица 2

**Влияние препаратов черного сульфатного щелока  
на рост двухлетних сеянцев ели и сосны  
в Лодейнопольском КЛПХ**

Биометрические показатели сеянцев	Ель	Сосна
Высота сеянца: см	$22,2 \pm 0,3$	$17,4 \pm 0,3$
	$20,5 \pm 0,3$	$16,1 \pm 0,3$
%	$\frac{108,3}{100,0}$	$\frac{108,1}{100,0}$
Диаметр стволика: мм	$2,0 \pm 0,04$	$2,0 \pm 0,04$
	$1,7 \pm 0,04$	$2,0 \pm 0,04$
%	$\frac{117,6}{100,0}$	$\frac{100,0}{100,0}$
Биомасса сеянцев: г	$3,6 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,23$
	$2,5 \pm 0,03$	$7,0 \pm 0,2$
%	$\frac{144,0}{100,0}$	$\frac{131,4}{100,0}$

Одним из показателей качества посадочного материала является отношение надземной биомассы к подземной. Для сеянцев хвойных пород считают оптимальным отношение 2...3 [4]. Однако для сеянцев, выращенных в закрытом грунте, этот показатель нередко выше, что наблюдается и в наших опытах (см. табл. 1). Так, для однолетних контрольных сеянцев он равен 4,8...6,6, для опытных сеянцев 1987 г.

остаётся практически на уровне контроля (5,1...6,0). Это свидетельствует о том, что под влиянием стимулятора происходит достаточно равномерное накопление биомассы всеми частями растения. В опыте 1986 г. наблюдалось опережающее нарастание надземной массы опытных семян по сравнению с корневой, что вызвано, по-видимому, усилением стимулирующего воздействия щелока перманганатом калия на рост стволика и хвои.

Таким образом, результаты испытаний, проведенных в производственных условиях, позволяют утверждать, что предпосевная обработка семян раствором полуупаренного черного щелока от варки лиственной древесины интенсифицирует рост семян ели и сосны в теплицах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. А. с. 676252 СССР, МКИ<sup>2</sup> А 01 N 5/00. Способ стимулирования роста растений хвойных пород / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Т. В. Соколова, Э. И. Слепян (СССР).— № 2556709/30—15; Заявлено 14.12.77 // Открытия. Изобретения.— 1979.— № 28.— С. 3. [2]. Дворецкий М. Л. Пособие по вариационной статистике.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 101 с. [3]. Продолжительность действия стимуляторов на рост семян ели и сосны в условиях теплиц / А. И. Киприанов, Т. И. Прохорчук, Л. Г. Попова и др. // Лесн. журн.— 1985.— № 2.— С. 89—96.— (Изв. высш. учеб. заведений). [4]. Родин А. Р. Лесные культуры и лесомелиорация.— М.: Лесн. пром-сть, 1973.— 327 с. [5]. Т. В. Соколова, Т. И. Прохорчук, Е. Н. Кибасова и др. Стимулирование роста семян ели и сосны в условиях открытого грунта // Лесн. журн. 1982.— № 6.— С. 38—42.— (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 19 октября 1989 г.

УДК 630\*232.21

## ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА ВИДОВОЙ СОСТАВ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

С. С. НИПА

Московский лесотехнический институт

Эффективность искусственного лесовозобновления в значительной степени проявляется на этапе приживания и индивидуального роста культур. При создании культур на свежих вырубках одновременно протекают процессы формирования типов вырубков, естественного и искусственного лесовозобновления, поэтому следует учитывать динамику этих взаимосвязанных процессов и лесорастительных условий [6].

Важнейшим индикатором и эдификатором лесорастительных условий на вырубках является живой напочвенный покров [2, 3]. Особенности его развития, флористический состав и количественные характеристики существенно влияют на лесовозобновление [4].

Взаимодействие травянистой растительности и культивируемых древесных пород многосторонне. К числу растений, отрицательно влияющих на возобновление леса, относят вейник, луговик, полевицу, таволгу, бодяк, осоку, папоротник и др. [1]. Для подавления нежелательной растительности на лесокультурной площади используют различные агротехнические приемы, выбор и результативность которых тесно связаны с эдафическими факторами и состоянием живого напочвенного покрова.

Особенности развития живого напочвенного покрова в зависимости от обработки почвы и химического ухода изучены нами в условиях свежей вырубки в Приенисейской лесорастительной провинции равнинных темнохвойных лесов. Лесосека разработана валочно-трелевочной машиной ЛП-49. Бывший тип леса — пихтарник папоротниково-разнотравный, состав древостоя — 6П2Е2Б+Ос. Почвы — серые лесные тяже-

лосуглинистые с длительным периодом переувлажнения. Для производства лесных культур почва обработана на второй год после рубки леса. Культуры кедра сибирского и ели сибирской заложены двухлетними сеянцами на полосах, расчищенных корчевателем Д-513А, и на микроповышениях-грядах, созданных плугом ПЛМ-1,3.

Исследования проведены с использованием методических разработок И. С. Мелхова [2] и Т. А. Фрея [7]. Для характеристики живого напочвенного покрова применен метод максимального укоса травостоя с учетных площадок размером 1 м<sup>2</sup> 25-кратной повторности. Определены минимальная и максимальная высота, масса массовое обилие, проективное покрытие и встречаемость видов трав.

Фитоценоз обследуемых вырубок включает различные виды травянистой растительности. Широко представлены злаковые (вейники Лангсдорфа и лесной, полевица обыкновенная, тимофеевка луговая и др.) и бодяк полевой. Высока встречаемость лютика ползучего и круглолистного, горошка мышиного, медуницы мягчайшей, но их массовое обилие (за исключением горошка) невелико (табл. 1).

Таблица 1

Вид, группа растений	Встречаемость, %			Проективное покрытие, %			Массовое обилие, %		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Злаковые	86	94	88	20	15	50	28,7	22,8	26,2
Бодяк полевой	71	67	80	25	20	25	31,6	42,2	55,4
Медуница мягчайшая	57	22	8	15	8	3	2,2	2,0	1,3
Лютик ползучий, круглолистный	43	67	68	8	15	5	1,5	2,5	1,5
Купальница азиатская	29	11	—	8	20	—	0,8	1,5	—
Чина луговая, горошек мышиный	52	61	48	25	20	8	10,7	2,5	0,9
Незабудка болотная	38	22	20	15	15	5	0,8	0,9	0,2
Кипрей узколистный	33	39	36	15	5	8	5,3	1,9	4,0
» болотный	28	22	24	10	15	30	4,4	1,5	2,5
Синюха голубая	33	17	28	5	3	3	0,5	0,7	0,4
Пикульник жабрей	33	—	16	8	—	5	0,4	—	0,4
Крапива двудомная	33	6	—	8	2	—	2,4	3,8	—
Подмаренник северный	24	28	32	10	10	2	1,5	2,8	0,5
Василистник вонючий	19	44	36	15	10	2	0,1	0,5	0,2
Звездчатка болотная, Бунге	19	50	68	10	25	20	0,7	0,7	0,8
Лабазник вязолистный	14	33	12	30	10	5	4,0	6,7	0,2
Подорожник большой	6	28	48	20	5	10	0,3	0,6	1,7
Ромашка ободранная	20	17	40	15	1	10	1,5	0,1	0,6
Нивяник обыкновенный	—	11	24	—	2	8	—	1,0	0,9
Другие виды	—	—	—	—	—	—	2,6	5,3	2,3

Примечание. 1 — показатели развития растений на целине, 2 — на микроповышениях, 3 — на полосах; общая масса растений на 1 м<sup>2</sup> — соответственно 670, 680 и 522 г.

Микроповышения, сформированные из двух слоев гумуса, заросли травянистой растительностью сравнительно быстро. Уже на второй год после обработки почвы масса надземной части травостоя была значительно меньше, чем на необработанных участках, а его проективное покрытие составляло 46 %. Еще через год масса живого напочвенного покрова стала несколько больше контрольного значения, проективное покрытие достигло 84 %. Доминировали также злаковые и бодяк полевой. Большее распространение по сравнению с целиной здесь получили лютики, василистник вонючий, лабазник вязолистный, звездчатка, которые являются индикаторами более благоприятных эдафических условий.

На полосах, расчищенных корчевателем Д-513А, отмечена неравномерность развития травостоя в зависимости от степени минерализации почвы. На участках с мало нарушенной дерниной и в междурядьях состав и проективное покрытие травянистого яруса различались незначи-

тельно. Сильно минерализованные промежутки полос в первые годы зарастали медленно. В среднем через два года после обработки почвы масса живого напочвенного покрова была в 1,3 раза ниже, по сравнению с контролем. Широкое распространение на полосах таких видов, как подорожник большой, ромашка ободранная, нивяник обыкновенный, манжетка обыкновенная, свидетельствует об уплотнении и обеднении почвы после расчистки.

Сильная минерализация почвы препятствует развитию нежелательной растительности, но при этом создаются неблагоприятные условия и для роста культивируемых древесных пород. Обработка почвы с образованием микроповышений способствует улучшению водно-воздушного режима слабодренированных почв, но вследствие концентрации большого количества органов вегетативного размножения на них развивается травяной покров еще более мощный, чем на необработанных участках [5]. Поэтому для успешного роста культур на вырубках вейниковых, крупнотравных, вейниково-хвощовых типов в условиях переувлажнения необходимы дополнительные мероприятия по устранению нежелательной растительности в посадочных местах уже на второй год после обработки почвы. На лесокультурных площадях с плодородными, достаточно и избыточно увлажненными почвами, с преобладанием в живом напочвенном покрове корневищных и корнеотпрысковых растений предпочтителен химический уход [6, 8].

Чтобы выявить возможности использования химических средств борьбы с нежелательной растительностью при искусственном возобновлении леса на вейниково-крупнотравных вырубках, почву микроповышений обрабатывали гербицидами на второй год после посадки культур кедра и ели. Наблюдения за состоянием живого напочвенного покрова на опытных участках на следующий год после химухода показали, что фитотоксическое действие гербицидов проявилось по-разному в зависимости от вида и дозы препарата (табл. 2).

Наиболее результативным по действию на травянистую растительность в год обработки оказался питезин в дозе 20 кг/га по действующему веществу. Масса живого напочвенного покрова уменьшилась в 25,3 раза в сравнении с контролем, но на второй год различие было несущественным. Питезин в дозе 10 кг/га в первый год значительно по-

Таблица 2

Показатели по видам и группам растений	Конт-роль	Симазин, кг/га		Питезин, кг/га		Нитро-сорг, 4 кг/га
		20	15	20	10	
Массовое обилие, %:						
Злаковые	22,8	13,8	12,7	9,4	7,1	14,0
Бодяк полевой	42,2	69,3	19,5	78,3	66,3	6,5
Лютик ползучий, круглолист- ный	2,5	6,5	19,2	2,8	0,4	5,9
Чина луговая, горошек мы- шинный	2,5	3,8	9,9	—	3,0	0,9
Лабазник вязолистный	6,7	1,2	6,2	0,5	11,8	4,4
Кипрей узколистный	1,9	—	—	—	—	1,9
Кипрей болотный	1,5	0,1	—	—	0,3	19,6
Медуница мягчайшая	2,0	—	3,4	0,2	0,3	—
Подмаренник северный	2,8	—	1,5	—	—	0,1
Крапива двудомная	3,8	0,1	—	—	3,7	0,6
Василистник вонючий	0,5	0,7	1,2	0,7	0,6	—
Звездчатка болотная, Бунге	0,7	—	—	—	—	1,2
Незабудка болотная	0,9	—	—	—	—	3,7
Синюха голубая	0,7	—	—	—	—	8,4
Другие виды	8,5	4,5	26,4	8,1	6,5	32,8
Общая масса, г/м <sup>2</sup>	680	397	322	566	701	321

влият на снижение надземной массы травостоя, но на следующий год она была даже несколько выше контрольного значения. Симазин обладал меньшей фитотоксичностью в год внесения по сравнению с питезином, но его последствие было более продолжительным. Симазин и питезин в первую очередь подействовали на злаки, что вызвало интенсивное развитие бодяка полевого, максимальная высота которого достигала 150...180 см.

На участках, обработанных нитосоргом, формировался сравнительно разнообразный по видовому составу травянистый ярус. Обильное развитие получили кипрей болотный, злаки, бодяк, лютики, но они находились в угнетенном состоянии. Максимальная высота травостоя составляла 0,5...0,7 м. Этим объясняется сравнительно небольшая масса надземной части живого напочвенного покрова при высоком проективном покрытии.

Как показали исследования, на вейниково-крупнотравной вырубке с избыточным увлажнением почвы в подзоне южной тайги Сибири интенсивно развивается травянистая растительность с преобладанием корневищных и корнеотпрысковых видов. Обработка почвы с образованием микроповышений ограничивает распространение сорняков только на непродолжительное время, поэтому особое внимание необходимо уделять мерам борьбы с ними. Химические средства нужно применять дифференцированно с учетом видового состава живого напочвенного покрова и их действия на состояние и рост культивируемых древесных пород.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бельков В. П., Мартынов А. Н., Омеляненко А. Я. Регулирование травяного покрова в лесу.—М.: Лесн. пром-сть, 1974.—112 с. [2]. Мелехов И. С. О теоретических основах типологии вырубок // Лесн. журн.—1958.—№ 1.—С. 27—38.—(Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Мелехов И. С., Чертовской В. Г., Корконосова Л. И. Руководство по изучению типов концентрированных вырубок.—М.: Наука, 1965.—180 с. [4]. Обыденников В. И., Кожухов Н. И. Типы вырубок и возобновление леса.—М.: Лесн. пром-сть, 1977.—174 с. [5]. Огневский В. В., Медведева А. А. Основы агротехники лесных культур в лесах Западной Сибири.—Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1969.—172 с. [6]. Родин А. Р. Теоретические и практические аспекты повышения эффективности и качества искусственного лесовозобновления // Лесн. хоз-во.—1986.—№ 2.—С. 32—37. [7]. Фрей Т. А. Некоторые аспекты фитоценоотической значимости вида в растительном сообществе // Ботан. журн.—1966.—Т. 51, № 8.—С. 1973—1983. [8]. Чижев Б. Е. Перспективность современных гербицидов для обработки почвы под лесные культуры // Лесн. хоз-во.—1988. № 7.—С. 35—37.

Поступила 12 июня 1990 г.

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 625.143.5

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ,  
ВЛИЯЮЩИХ НА УГОН РЕЛЬСОВ ЛЕСОВОЗНЫХ УЖД

С. И. МОРОЗОВ, Л. Г. НЕВЗОРОВА

Архангельский лесотехнический институт

В работе [2] изложена методика определения мощности противоугонной системы в результате изгиба рельсов и действия на путь продольных сил при разгоне и торможении поездов. В настоящей статье проанализирован более подробно первый случай.

При изгибе рельсов под действием вертикальной нагрузки подошва рельсов проскальзывает по верхней постели шпал. Этот процесс подробно рассмотрен в работе [1]. Противоугонные устройства предотвращают такое проскальзывание. Для определения усилия  $\Delta P$ , воспринимаемого в этом случае противоугонами, необходимо решить нелинейную систему уравнений [2]

$$\begin{cases} Q_{ш} = kl \Sigma Q_i \eta_i; \\ P_{ш} = Q_{ш} f; \\ \delta = \frac{k^2 z_n}{2U} \Sigma Q_i \lambda_i; \\ R = (A + BQ_{ш}^m) \delta^{\alpha_1}; \\ \Delta P = R - P_{ш}, \end{cases} \quad (1)$$

- где  $Q_{ш}$ ,  $P_{ш}$  — давление на шпалу и возникающая на ней сила трения;  
 $f$  — коэффициент трения подошвы рельса о шпалу;  
 $\delta$  — смещение шпалы, обусловленное поворотом сечения рельса при изгибе;  
 $R$  — сила сопротивления балласта сдвигу шпал вдоль пути;  
 $A, B, m, \alpha_1$  — эмпирические коэффициенты зависимости  $R(\delta)$ , определяемые экспериментально;  
 $Q_i$  — давление от колеса тепловоза или платформы (сцепы) на рельс (принимается, что давление на все колеса одинаково:  $Q_i = Q$ );  
 $l$  — расстояние между осями шпал;  
 $k$  — коэффициент относительной жесткости основания и рельса;  
 $U$  — модуль упругости пути;  
 $z_n$  — расстояние от центра тяжести поперечного сечения рельса до низа подошвы;  
 $\eta_i = e^{-k(x+z_i)} [\sin k(x+z_i) + \cos k(x+z_i)]$ ;  
 $\lambda_i = e^{-k(x+z_i)} \sin k(x+z_i)$ ;  
 $x$  — координата сечения, отсчитываемая от первого правого (по ходу движения) колеса;  
 $z_i$  — координаты колес, размещенных на рельсе.

Расчетные схемы нагрузки на путь приведены на рис. 1.

Если  $P_{ш} \geq R$ , то подошва рельса не проскальзывает по шпале и они перемещаются совместно. В этом случае  $\Delta P \leq 0$ . Если  $\Delta P > 0$ , то сила трения  $P_{ш}$  не может компенсировать действие силы  $R$  и требуется устанавливать противоугоны. В зоне положительных прогибов рельсошпальной решетки существует сечение  $x = x_m$ , для которого усилие  $\Delta P$  достигает максимума ( $\Delta P_{\max}$ ). При движении колеса это сечение перемещается вдоль рельса. Значения  $x$  и  $\Delta P_{\max}$  для отдельных частных случаев приведены в работе [2].

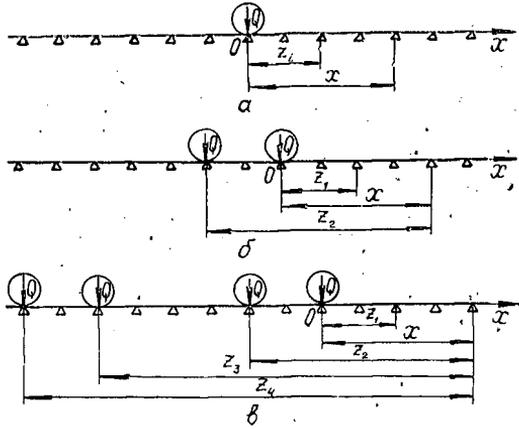


Рис. 1. Схема воздействия колесной нагрузки на путь: а — одиночное колесо; б — система из двух колес (тележка), в — система из четырех колес (полусцеп, тепловоз)

Очевидно, что  $\Delta P_{\max}$  существенно зависит от давления  $Q$ , типа балласта, типа рельса, коэффициента трения  $f$ . Косвенными факторами являются скорость движения поезда и погодноклиматические условия местности.

Для анализа влияния отдельных факторов на угон пути (усилие  $\Delta P_{\max}$ ) система уравнений (1) была решена на ЭВМ при варьировании входящих в нее параметров. Блок-схема программы представлена на рис. 2. Анализ результатов решения приведен ниже.

Давление колеса на рельс  $Q$ , при прочих равных условиях, зависит от скорости движения поездов. Согласно [3], значение  $Q$ ,  $H$ , вычисляются по формуле

$$Q = (1,1P_{ст} + 4,2Ж_p) [1 - e^{-ka_1} (\cos ka_1 - \sin ka_1)] + 2,5 \sqrt{1,416Ж_p^2 + 106q_k v^2 / kU}, \quad (2)$$

где  $P_{ст}$  — статическая нагрузка на колесо, Н;  
 $Ж$  — жесткость комплекта рессор, отнесенная к одному колесу, Н/мм;  
 $a_1$  — расстояние между осями тележки, см;  
 $q_k$  — неподрессоренная масса, отнесенная к одному колесу, кг;  
 $v$  — скорость движения поезда, км/ч.

Зависимости  $\Delta P_{\max}$  от скорости движения поезда приведены на рис. 3, а. Они хорошо аппроксимируются уравнениями прямой линии вида

$$\Delta P_{\max} = A + Bv. \quad (3)$$

Значения коэффициентов  $A$  и  $B$  при  $P_{ст} = 25$  кН,  $N = 1625$  шп. на 1 км для нескольких типов балласта приведены в табл. 1. Во всех

Рис. 2. Блок-схема программы для определения сил, действующих на противоугоны

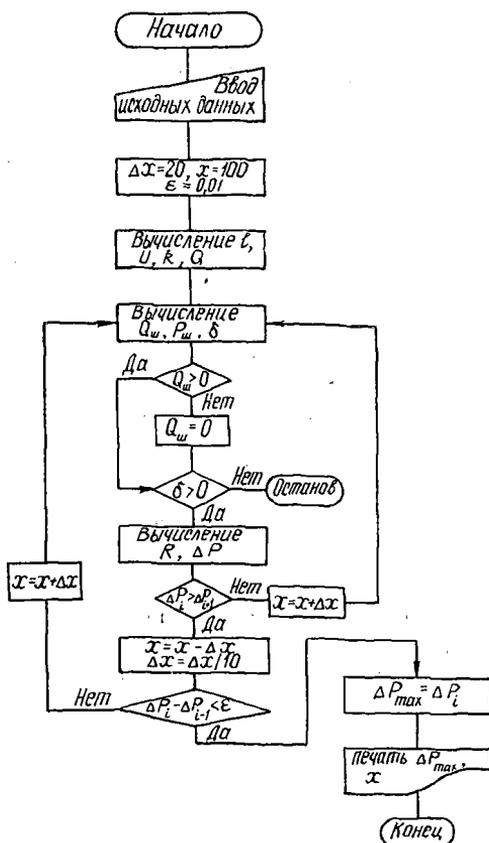


Таблица 1

Тип балласта	C, Н/см <sup>3</sup>	Значения коэффициентов A (числитель) и B (знаменатель)			
		Одно колесо	Два колеса	Тепловоз	Сцеп
Песок:	15	48,088	58,389	58,200	66,904
		1,6183	2,0909	1,8840	2,0220
среднезернистый	20	42,076	51,686	52,719	53,396
		1,2366	1,5176	1,4854	1,6591
крупнозернистый	26	37,273	—	45,890	48,782
		0,9673		1,1505	1,2660
Гравий:	30	34,969	44,238	43,260	45,955
		0,8449	0,8528	0,9840	1,0851
II сорта	40	30,953	38,304	38,312	40,767
		0,6268	0,7184	0,7155	0,7923
Щебень	60	25,818	32,552	32,147	34,362
		0,4318	0,4261	0,4587	0,5042

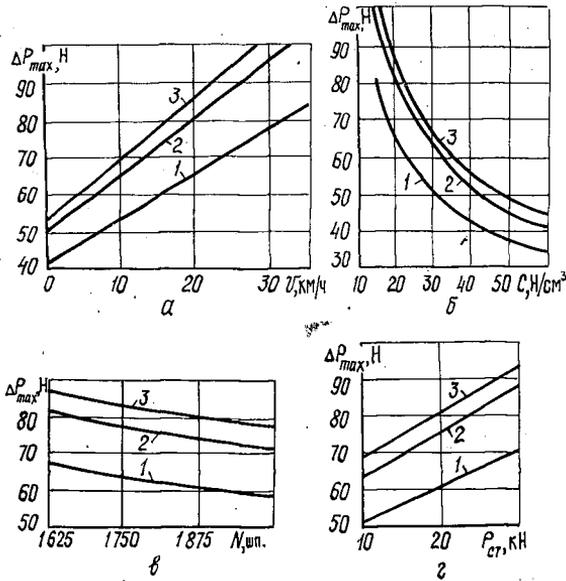


Рис. 3. Зависимости удерживающей силы от ряда факторов: 1 — одиночное колесо; 2 — система из двух и четырех колес; 3 — платформа-сцеп

случаях коэффициент корреляции не меньше 0,9999, что указывает на достоверность уравнения (3):

Как видно из рис. 3, а, с увеличением скорости усилие  $\Delta P_{\max}$  возрастает довольно существенно. Однако во всех случаях оно сравнительно мало и может быть воспринято простейшими противоугонными средствами.

Зависимость  $\Delta P_{\max}$  от коэффициента постели  $C$  представлена на рис. 3, б. Ее можно аппроксимировать (с высокой точностью) степенным уравнением

$$\Delta P_{\max} = aC^n. \quad (4)$$

Коэффициенты  $A$  и  $B$  уравнения (3) зависят от  $C$  аналогичным образом. Используя метод наименьших квадратов, получаем следующие выражения для определения  $\Delta P_{\max}$ :

при прокатывании одного колеса

$$\Delta P_{\max} = 160,66C^{-0,447} + 21,83vC^{-0,959}; \quad (5)$$

двух колес (тележки)

$$\Delta P_{\max} = 184,03C^{-0,423} + 44,93vC^{-1,138}; \quad (6)$$

четырех колес:

для тепловоза ТУ-7

$$\Delta P_{\max} = 190,44C^{-0,435} + 32,03vC^{-1,031}; \quad (7)$$

для сцепа ЦНИИМЭ-ДВЗ

$$\Delta P_{\max} = 220,60C^{-0,458} + 34,06vC^{-1,021}. \quad (8)$$

Уравнения (5)—(8) позволяют сравнительно просто определить силу, действующую на противоугоны, для разных типов балласта, характеризующихся коэффициентом постели  $C$ , и при различной скорости

движения  $v$ . Чем выше качество балласта (больше значение  $C$ ), тем меньше  $\Delta P_{\max}$  (рис. 3, б). Эту закономерность неоднократно отмечали работники, занятые на ремонте и содержании верхнего строения пути железных дорог широкой и узкой колеи.

С увеличением числа шпал  $N$  на 1 км усилие  $\Delta P_{\max}$  также уменьшается (рис. 3, в). При вычислении  $\Delta P_{\max}$  по уравнениям (5) — (8) влияние  $N$  можно учесть введением расчетного коэффициента, постели  $C_p$ :

$$C_p = CN/1625. \quad (9)$$

Значение  $\Delta P_{\max}$  линейно зависит от статической нагрузки на колесо  $P_{\text{ст}}$  (рис. 3, г,  $v = 20$  м/с,  $C = 20$  Н/см<sup>3</sup>):

$$\Delta P_{\max} = \frac{[\Delta P_{\max}]_{25} - D}{25} P_{\text{ст}} + D, \quad (10)$$

где  $[\Delta P_{\max}]_{25}$  — усилие, вычисляемое по формулам (5) — (8), кН;  
 $D$  — коэффициент, значение которого находят по уравнениям:

при перекатывании одного колеса

$$D = 12,228 + 1,096v^{0,925}; \quad (11)$$

системы из двух колес (тележки)

$$D = 17,173 + 1,969v^{0,969}; \quad (12)$$

системы из четырех колес:

для тепловоза ТУ-7

$$D = 17,025 + 2,592v^{0,885}; \quad (13)$$

для сцепа ЦНИИМЭ-ДВЗ

$$D = 15,316 + 2,529v^{0,926}. \quad (14)$$

Таким образом, усилие  $\Delta P_{\max}$  вычисляют в следующем порядке:  
 а) задают основные расчетные характеристики для верхнего строения пути и для тягового состава;

б) определяют  $\Delta P_{\max} = [\Delta P_{\max}]_{25}$  по формулам (5) — (8);

в) находят  $D$  по формулам (11) — (14);

г) вычисляют  $\Delta P_{\max}$  по формуле (10).

Расчеты показывают, что значения  $\Delta P_{\max}$  для системы из двух и четырех колес различаются незначительно, что подтверждается данными табл. 2.

Таблица 2

Нагрузка на путь	Значения $\Delta P_{\max}$ , Н, при $v$ , км/ч			
	0	10	20	30
Одно колесо	42,106	54,448	66,789	79,131
Два колеса	51,826	66,684	81,542	96,401
Тепловоз ТУ-7	51,738	66,338	80,927	95,522
Полусцеп ЦНИИМЭ-ДВЗ	55,941	71,993	87,925	103,916

Примечание. Балласт — среднезернистый песок ( $C = 20$  Н/см<sup>3</sup>).

Это означает, что влияние второй тележки тепловоза на  $\Delta P_{\max}$  незначительно. Для платформы сцепа оно заключается в увеличении  $\Delta P_{\max}$ . В общем случае степень этого влияния зависит от расстояния между осями тележки и между тележками. Учитывая вероятност-

ный характер многих расчетных величин ( $C$ ,  $Q$  и др.), можно сделать вывод, что при определении усилия, воспринимаемого противоугоном в результате изгиба рельсов, достаточно учесть воздействие на путь колес только одной тележки.

Как отмечено выше, весной наблюдается повышенный угон рельсов из-за неравномерного оттаивания основания верхнего строения пути. Сопротивление балласта сдвигу шпал под поездом в этом случае значительно выше, чем в летних условиях, а сопротивление сдвигу рельсов по поверхности шпал такое же. Из-за отсутствия экспериментальных данных по определению силы  $R$  для мерзлого балласта этот процесс исследован только качественно. В табл. 3 приведены значения  $\Delta P_{\max}$  при увеличении  $R$  в 1,5—4 раза по сравнению с данными в летних условиях ( $C = 20 \text{ Н/см}^3$ ,  $P_{\text{ст}} = 25 \text{ кН}$ ,  $v = 20 \text{ км/ч}$ ,  $N = 1625 \text{ шп.}$ ).

Таблица 3

Число колес	Усилие $\Delta P_{\max}$ , Н, при увеличении $R$ в $m_1$ раз				
	1	1,5	2	2,5	4
1	41,164	68,200	95,230	122,270	203,380
2	51,133	86,419	121,705	156,999	262,851
4 (тепловоз)	59,355	86,335	112,872	139,410	210,910
4 (полусцеп)	44,507	72,881	101,160	129,448	214,299

Таким образом, увеличение сопротивления сдвигу шпал под поездом приводит к существенному увеличению сил, воспринимаемых противоугонами. Зависимость  $\Delta P_{\max}$  от  $m_1$  является практически линейной и имеет вид:

при прокатывании одного колеса

$$\Delta P_{\max} = -12,909 + 54,0732m_1;$$

двухосной тележки

$$\Delta P_{\max} = -19,440 + 70,5726m_1;$$

системы из четырех колес:

для тепловоза ТУ-7

$$\Delta P_{\max} = 6,721 + 53,0758m_1;$$

для полусцепы ЦНИИМЭ-ДВЗ

$$\Delta P_{\max} = -11,970 + 56,5671m_1.$$

Система уравнений (1) позволяет проанализировать влияние на  $\Delta P_{\max}$  и других факторов, не рассмотренных в настоящей работе, например типа рельса, типа балласта и т. д. Использование уравнений (5)—(10) упрощает расчеты и исключает необходимость применения ЭВМ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вериго М. Ф., Коган А. Я. Взаимодействие пути и подвижного состава.—М.: Транспорт, 1986.—559 с. [2]. Морозов С. И. О методике определения удерживающей силы противоугонных средств // Лесн. журн.—1988.—№ 2.—С. 28—33.—(Изв. высш. учеб. завед.). [3]. Правила производства расчетов узкоколейного пути (колея 750 мм) на прочность.—М.: Трансжелдориздат, 1963.—64 с.

УДК 630\*36

## БЕССТРУЖЕЧНОЕ СРЕЗАНИЕ КУСТАРНИКА И ПОРОСЛИ

П. М. МАЗУРКИН

Марийский политехнический институт

Анализ отечественного и зарубежного опыта свидетельствует о необходимости биотехнического проектирования способов и средств заготовки лесоматериалов. Из многообразия насаждений мы в данной статье выделяем требующие массивированной (сплошные, условно сплошные рубки, рубка плантаций в целях заготовки балансов) и экстренной (расчистка площадей под строительные объекты, свodka большого участка леса) обработки.

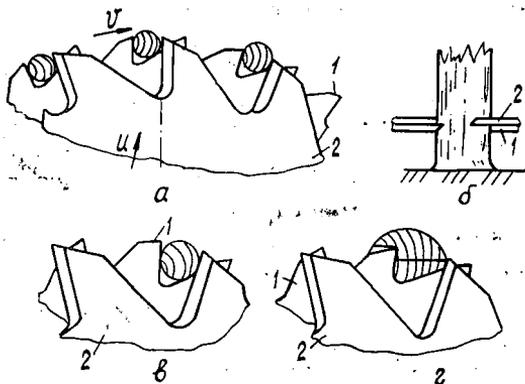
Технические решения одновременной обработки нескольких деревьев не получили пока практического распространения, хотя в лесах третьей группы без подроста лесосечные работы вполне можно выполнять машинами, срезающими деревья без захвата каждого из них. Эту концепцию разрабатывают канадские фирмы «Керинг», «Кейс», «Харрикана» и др.

В работе [5] отмечено, что исследуется применение дисковых пильных механизмов, по принципу действия аналогичных рабочему органу машины МТП-13А, выпускаемой ивановским заводом «Ивторфмаш» для сводки леса над торфяными полями. Для беззахватного срезания деревьев, кустарника и поросли за рубежом используют фрезы взамен пассивных ножевых головок.

В нашей стране ЦНИИМЭ разработал сменный рабочий орган к ЛП-19Б с цилиндрическими ножами. По этому же пути пошли в ГДР [6], создав модули для различных тракторов, в частности для экскаватора типа ЭО-2621А.

В МарПИ по заказу энергетиков была создана машина АСК-16 на базе ЛП-19 для срезания кустарника и поросли под линиями электропередачи. Описание и техническая характеристика конструкции приведены в работе [2], данные об эффективности применения нового кустореза — в работе [4].

Рис. 1. Расчетные схемы бесстружечного срезания кустарника и поросли агрегатом АСК-16: а — взаимодействие зубчатых ножей с кустарником; б — перерезание ствола зубьями ножей; в — перерезание ствола диаметром 8 см; г — перерезание ствола диаметром 16 см; 1 — подвижный зубчатый дисковый нож; 2 — зубчатый контрнож



Рабочий орган с приводом от полноповоротной платформы установлен на ЛП-19. На рис. 1 показаны схемы срезания древесной растительности. Зубчатый диск, вращаясь относительно неподвижного контрдиска, работает как множество срезающих ножевых головок. Такое исполнение позволяет повысить производительность срезания кустарника и поросли до 3 га в смену. Эта конструкция может составить конкуренцию дисковой фрезе.

При повороте платформы со стрелой агрегат АСК-16 перерезает стволы диаметром до 16 см и одиночные деревья диаметром до 25 см. Ножи бесстружечного резания в виде зубьев выполнены на дисках диаметром 2,1 м. На подвижном диске расположены 32 ножа, на неподвижном — 16. Каждая пара зубьев ножа и контрножа работает по принципу ножниц (рис. 1, а, б). Стволы диаметром до 8 см перерезаются за один раз (рис. 1, в), до 16 см — за два раза (рис. 1, г). Срезание более толстых деревьев происходит за счет расщепления волокон древесины в зоне среза.

Мощность гидромотора, приводящего во вращение подвижный диск, равна 39,6 кВт, частота вращения может изменяться в двух интервалах: от 0 до 6 и от 0 до 30 об/мин. Например, при срезании кустов с диаметром стволов менее 8 см ножи вращаются с частотой до 30 об/мин, более 8 см — с частотой до 6 об/мин. Максимальные окружные скорости инструмента  $v$  по вершинам зубьев составляют соответственно 3,30 и 0,66 м/с.

Рабочий орган навешивают на ЛП-19 вместо захватно-срезающего устройства. Время ремонта занимает не более 30 мин. Максимальный вылет по оси зубчатых дисков составляет 8 м. Платформа ЛП-19 вращается с частотой 0...6 об/мин.

Определим при заданной мощности привода допустимую скорость подачи  $u$  агрегата АСК-16 на кусты в зависимости от их крупности.

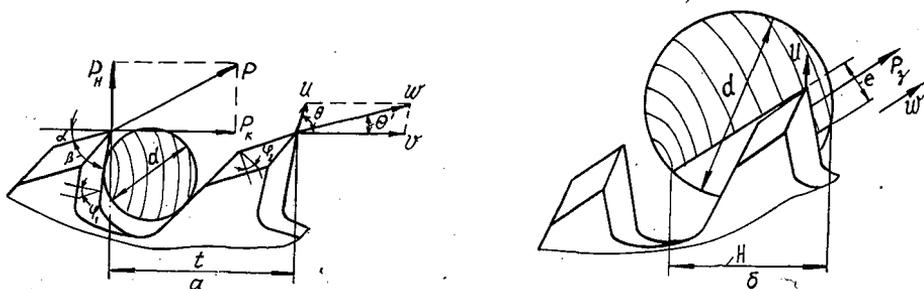


Рис. 2. Расчетные схемы для определения усилий бесстружечного срезания зубьями подвижного ножа деревьев диаметром 8 см (а) и 16 см (б):  $P$  — общая сила резания;  $w$  — скорость резания;  $t$  — шаг зубьев;  $d$  — диаметр срезаемых стволов;  $\alpha$  — задний угол;  $\beta$  — угол заострения;  $\varphi_1$  — передний угол заострения;  $\varphi_2$  — задний угол заострения

Рассмотрим схему на рис. 2, а. Все силы условно приложим к вершине зубьев неподвижного диска, а работу резания зубьев контрножа не будем учитывать. Силу  $P_3$ , действующую на один зуб вдоль вектора  $w$ , рассчитаем по формулам, приведенным в работах [1, 3]. Общую касательную силу  $P_k$  вычислим по всем зубьям  $Z_p$ , участвующим в резании:

$$P_k = Z_p P_3 \cos \theta', \quad (1)$$

где  $\theta'$  — угол движения, рад.

Площадь среза равна  $0,25\pi d^2$ , а площадь впадины зубьев —  $a_\phi t^2$ , где  $a_\phi$  — коэффициент формы зуба. Если сечение среза уместается в половине площади впадины между зубьями, то происходит срезание куста за один раз. Из условия

$$\pi d^2/4 \leq \pi a_\phi t^2/6 \quad (2)$$

получим, что при  $a_\phi \approx 0,5$  для одноразового срезания необходимо выполнить условие  $d \leq 0,6 t$ . Тогда имеем, что при  $d \leq 0,6 t$   $Z_p = 1$ , а при  $d > 0,6 t$

$$Z_p = H/t, \quad (3)$$

где  $H$  — высота среза (рис. 2, б), м.

Толщина слоя  $e$  при бесстружечном резании (рис. 2, б) значительна и вычисляется по формуле

$$e = cv \sin \Theta/w, \quad (4)$$

где  $c$  — подача на зуб, м,

$$c = tu/v; \quad (5)$$

$\Theta$  — угол встречи скоростей  $u$  и  $v$ , рад;

$$w = \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos_2 \Theta}.$$

Следовательно,

$$e = tu \sin \Theta / \sqrt{u^2 + v^2 + 2uv \cos \Theta}.$$

Первый зуб начинает резать тогда, когда сечение среза входит до основания впадины на глубину  $e$ . Поэтому высота среза первым зубом

$$H_1 = \sqrt{4de - e^2}. \quad (6)$$

Максимальная высота среза  $H_{\max}$  равна

$$H_{\max} = d \sin \Theta. \quad (7)$$

Тогда из уравнения (1)

$$P_{k \max} = Z_{p \max} P_z \cos \Theta', \quad (8)$$

где  $Z_{p \max} = H_{\max}/t = d \sin \Theta/t$ ;

$$\Theta' = \arctg u \sin \Theta / (v + u \cos \Theta).$$

При попадании на зубчатый диск нескольких стволов (см. рис. 1, а)

$$P_{k \text{ общ}} = n_p P_{k \max}, \quad (9)$$

где  $n_p$  — число одновременно срезаемых стволов, шт.

Угол  $\Theta$  в этом случае меняется, поэтому принимается некоторое его среднее значение, например  $\Theta_{\text{ср}} = \pi/3$ .

В крупных стволах резание происходит вдоль векторов  $v$  (усилие  $P_k$ ) и  $u$  (усилие  $P_u$  [3, с. 55]) гранями зубьев с углами соответственно  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  (рис. 2).

Если кинематический задний угол  $\alpha_k$ , равный

$$\alpha_k = \alpha - \Theta', \quad (10)$$

удовлетворяет условию

$$\alpha_k \leq \alpha - \pi/18, \quad (11)$$

то сопротивлением срезанию задней гранью можно пренебречь. Тогда нормальное усилие  $P_n$  (рис. 2, а)

$$P_n = a_0 P_k, \quad (12)$$

где  $a_0$  — коэффициент, учитывающий затупление по задним режущим кромкам,  $a_0 = 0,3 \dots 0,8$ .

Мощность привода определяют по формулам:

для ножа

$$N = P_{k, \text{общ}} v / \eta; \quad (13)$$

для подачи

$$N_n = P_n u / \eta, \quad (14)$$

где  $\eta$  — КПД привода.

Для поворота платформы и вращения ножа используют один привод, поэтому для обоих механизмов  $\eta = 0,7$ . Для гидромоторов модели 210.25.13  $[N] = [N_n]$ , тогда допустимые усилия

$$[P_k] \leq [N] \eta / v; \quad [P_n] \leq [N] \eta / u. \quad (15)$$

При  $[N] = 39,6$  кВт;  $\eta = 0,7$  и значениях  $v$ , равных 0,66 и 3,30 м/с, получим  $[P_k]$ , меньшее или равное 42 и 8,4 кН. Принимая в среднем вылет  $L = 8$  м, имеем

$$u = \pi L n_{\text{пл}} / 30, \quad (16)$$

где  $n_{\text{пл}}$  — частота вращения платформы, об/мин.

При изменении  $n_{\text{пл}}$  от 0 до 6 об/мин скорость  $u$  возрастает от 0 до 5,0 м/с. Очевидно, что  $[u]$  будет ограничиваться вместимостью впадины между зубьями. Поэтому впадина зубьев ножа выполнена для размещения стволов сечением до 8 см, контрножа — до 16 см (см. рис. 1).

Если для привода ножа использовать два гидромотора, то значение  $[u]$  можно увеличить. Применяя выражение (5), находим

$$[u] \leq c_{\text{max}} v / t. \quad (17)$$

Здесь  $c_{\text{max}}$  — максимальная подача на зуб, м. Примем  $c_{\text{max}} = a_{\text{ф}} t$ , тогда

$$[u] \leq a_{\text{ф}} v Z_{\text{гм}}, \quad (18)$$

где  $Z_{\text{гм}}$  — число гидромоторов привода ножа, шт.

В нашем случае  $a_{\text{ф}} \approx 0,5$ , поэтому  $[u] \leq 0,5 v$ . Для двухскоростного привода ножа при  $[N] = 39,6$  кВт  $[u]$  равно 0,33 и 1,65 м/с, при  $[N] = 2 \cdot 39,6 = 79,2$  кВт  $[u]$  равно 0,66 и 3,30 м/с. Из формул (15) и (12) следует, что при правильном выборе угла  $\alpha$  (рис. 2, а) значения  $P_n$  всегда меньше  $P_k$ . Поэтому производительность работы машины ЛП-19А с кусторезом АСК-16 ограничивается только мощностью привода ножей. Приводим основные расчетные данные:

Число гидромоторов типа 210.25.13 на кусторезном органе, шт.

	1	2	3
Мощность $[N]$ , кВт	39,6	79,2	118,8
Окружная скорость $v$ , м/с	0,66; 3,30	0,66; 3,30	0,66; 3,30
Допускаемая сила $[P_k]$ , кН	42; 8,4	84; 16,8	126; 25,2
Допускаемая скорость подачи $[u]$ , м/с	0,33; 1,65	0,66; 3,30	0,99; 5,0
Максимальный диаметр срезаемых стволов, см	16; 8	16; 8	16; 8

Как видим, привод подвижного ножа с тремя гидромоторами позволяет срезать кусты диаметром 0...8 см при максимально возмож-

ной скорости поворота платформ с манипулятором. При этом наилучшим образом используется мощность насоса и двигателя ЛП-19А.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Мазуркин П. М. Алгоритмы расчета бесстружечного резания древесины / Марийск. политехи. ин-т.—Йошкар-Ола, 1989.—210 с.—Деп. во ВНИПИЭИлеспром. 03.05.89, № 2488—л689. [2]. Мазуркин П. М., Лопатин А. М., Шакирзянов В. К. Машина для срезания (скашивания) кустарника и поросли // Лесозаготовка и лесослав.—1989.—№ 4.—С. 4—5. [3]. Печенкин В. Е., Мазуркин П. М. Бесстружечное резание древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1986.—144 с. [4]. Пинчук В. М., Мазуркин П. М. Повышение эффективности эксплуатации ВЛ, проходящих в лесных массивах // Энергетик.—1989.—№ 12.—С. 15. [5]. Feller-Buncher Heads // Forest Industries.—1986.—N 8.—P. 23—25. [6]. Pehlgrimm H. Messerfällaggregate — technische Lösungen // Beitz. Fortwirtschaft.—1989.—N 23.—S. 39—46.

Поступила 16 июля 1990 г.

УДК 630\*323.001.57

## МЕТОДИКА ВЫБОРА СИСТЕМЫ ЛЕСОСЕЧНЫХ МАШИН ДЛЯ КОНКРЕТНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В. И. ФАСТ

Архангельский лесотехнический институт

Выбор рациональных систем лесосечных машин для работы в определенных природно-производственных условиях — одна из важнейших задач лесозаготовительной отрасли.

В северо-восточных регионах европейской части РСФСР на лесосечных работах широко используют валочно-трелевочную машину (ВТМ) ЛП-49. Однако она имеет ряд существенных недостатков: большую массу технологического оборудования, низкую надежность и проходимость на слабых грунтах, практически полностью уничтожает подрост на лесосеке. С ЛП-49 могут конкурировать системы машин на базе валочно-пакетирующей машины (ВПМ) ЛП-19, работающей совместно с пачкоподборщиками ЛТ-154 или тракторами ЛП-18А.

Объем пачек, формируемых ВПМ ЛП-19 в низкобонитетных древостоях, составляет всего 1,5...2,0 м<sup>3</sup>. Предварительные расчеты показали, что производительность тракторов ЛТ-154, работающих в комплексе с ЛП-19, не превышает 35...40 м<sup>3</sup>/см. Поэтому в условиях Северо-Востока РСФСР применение трактора с пачковым захватом (ЛТ-154) нерационально.

Цель нашей работы — оценить эффективность эксплуатации систем машин ЛП-49 и ЛП-19 + ЛП-18А в одинаковых условиях методом имитационного моделирования. В качестве характеристики процессов приняты удельные приведенные затраты на валку — пакетирование и трелевку леса, параметров — таксационные показатели лесосеки, технические характеристики машин и технология их работы.

При оценке работы машин рассматривали наиболее распространенную схему освоения лесосек с ходами, перпендикулярными лесовозной дороге. Поскольку бригадную делянку, как правило, разбивают на несколько одинаковых частей, рассматривали освоение одной ее части. За начало координат принимали левый верхний угол делянки\* (рис. 1).

\* Под делянкой в дальнейшем подразумевается ее часть, тяготеющая к одному лесопогрузочному пункту.

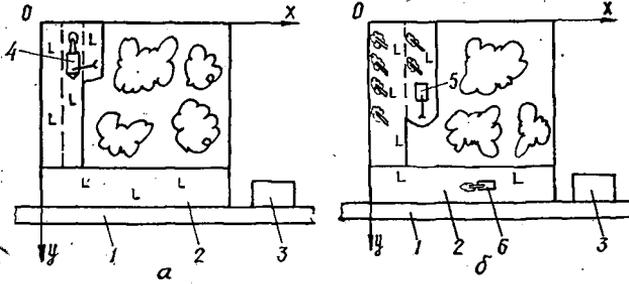


Рис. 1. Технологические схемы разработки лесосек системами машин: а — ВТМ; б — ВПМ + ТТ; 1 — ус лесовозной дороги; 2 — зона безопасности вдоль уса лесовозной дороги; 3 — лесопогрузочный пункт; 4 — ВТМ; 5 — ВПМ; 6 — ТТ

Математические модели процессов валки — трелевки деревьев преобразовывали в моделирующие алгоритмы (рис. 2, 3), в соответствии с которыми воспроизводили среду функционирования машин, выполняемые машинами операции по заданной технологии с сохранением логической структуры и последовательности протекания во времени. Шаг моделирования принимали переменным и зависящим от продолжительности очередной операции технологического цикла.

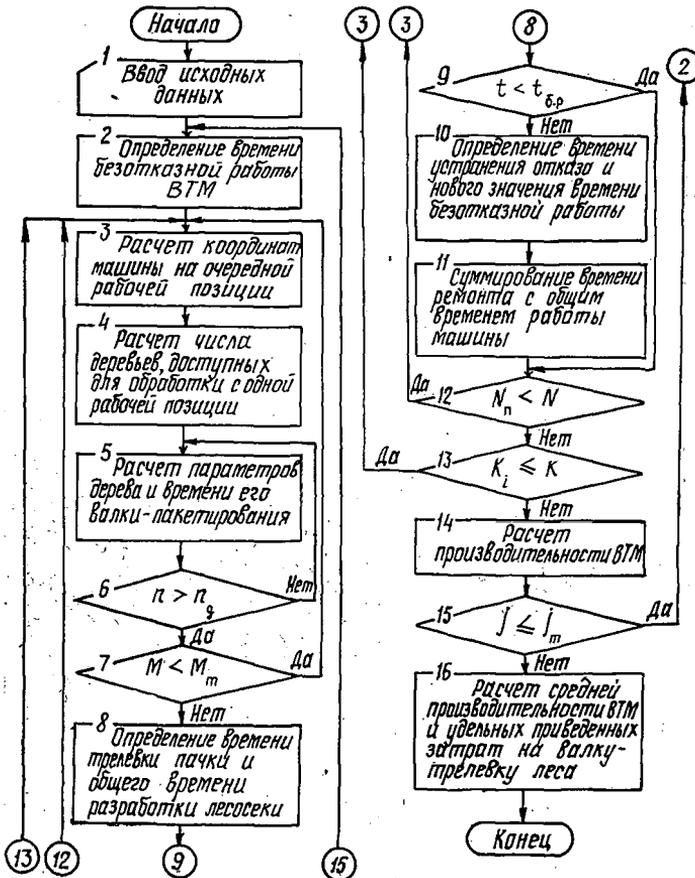


Рис. 2. Блок-схема алгоритма, моделирующего работу ВТМ

Работу ВТМ ЛП-49 моделировали по алгоритму, приведенному на рис. 2. Назначение операторов блок-схемы следующее.

Блок 1 — ввод исходных параметров модели: таксационных показателей древостоя, технических характеристик ВТМ, технологических параметров разрабатываемой лесосеки.

Блок 2 — моделирование времени безотказной работы машины с применением датчика случайных чисел, распределенных по экспоненциальному закону.

Блок 3 — расчет координат машины на рабочей позиции.

Блок 4 — определение числа деревьев, доступных для обработки с данной рабочей позиции  $n_d$ .

Блок 5 — расчет параметров деревьев: породы, диаметра на высоте 1,3 м, высоты, массы и объема с использованием генераторов случайных чисел\*; определение времени обработки дерева, суммируемого с общим временем работы машины.

Блок 6 — проверка условия окончания обработки всех деревьев, доступных с рабочей позиции. Если число срезанных деревьев  $n$  не превышает расчетного  $n_d$ , выполняют блок 5. Если с рабочей позиции срезаны все деревья, переходят к следующему блоку.

Блок 7 — сравнение текущего объема пачки  $M$  с расчетным  $M_m$ . Если  $M < M_m$ , набор пачки продолжают, т. е. вычисления повторяют с блока 3; в противном случае выполняют блок 8.

Блок 8 — расчет времени трелевки пачки: суммирование затрат времени на валку — пакетирование и трелевку пачки с общим временем работы машины при разработке делянки.

Блок 9 — сравнение текущего времени  $t$  с допустимым по безотказной работе машины  $t_{б.р}$ . Если  $t < t_{б.р}$ , выполняют блок 12; если  $t > t_{б.р}$ , т. е. наступил отказ, — блок 10.

Блок 10 — вычисление времени устранения отказа и нового значения времени безотказной работы путем генерирования случайных чисел по экспоненциальному закону распределения.

Блок 11 — суммирование времени ремонта с общим временем работы машины.

Блок 12 — проверка окончания обработки очередной ленты леса. Если число обработанных на ленте деревьев  $N_n$  меньше их общего числа  $N$ , управление передают блоку 3 (продолжение обработки ленты). Если лента обработана полностью, выполняют следующий блок.

Блок 13 — проверка окончания обработки делянки. Если число обработанных лент  $k_l$  меньше общего их числа на делянке  $k$ , моделируют разработку следующей ленты, начиная с блока 3. Если делянка освоена полностью, выполняют блок 14.

Блок 14 — расчет производительности ВТМ.

Блок 15 — проверка условия окончания вычислений. Если число реализаций модели  $j$  меньше расчетного для достижения заданной точности  $j_m$ , вычисления повторяют с блока 2. В противном случае происходит выход из цикла.

Блок 16 — определение средней производительности машины по достаточному числу реализаций и вычисление удельных приведенных затрат на валку — трелевку леса.

Работу системы машин ЛП-19 + ЛП-18А моделировали в соответствии с блок-схемой алгоритма, представленной на рис. 3. Назначение операторов аналогично предыдущей блок-схеме, за некоторыми исклю-

\* Брейтер В. С. Статистическое моделирование эксплуатационных параметров деревьев в различных регионах страны // Перспективная технология и организация лесозаготовительного производства: Сб. науч. тр./ЦНИИМЭ.— Химки, 1977.— С. 38—49.

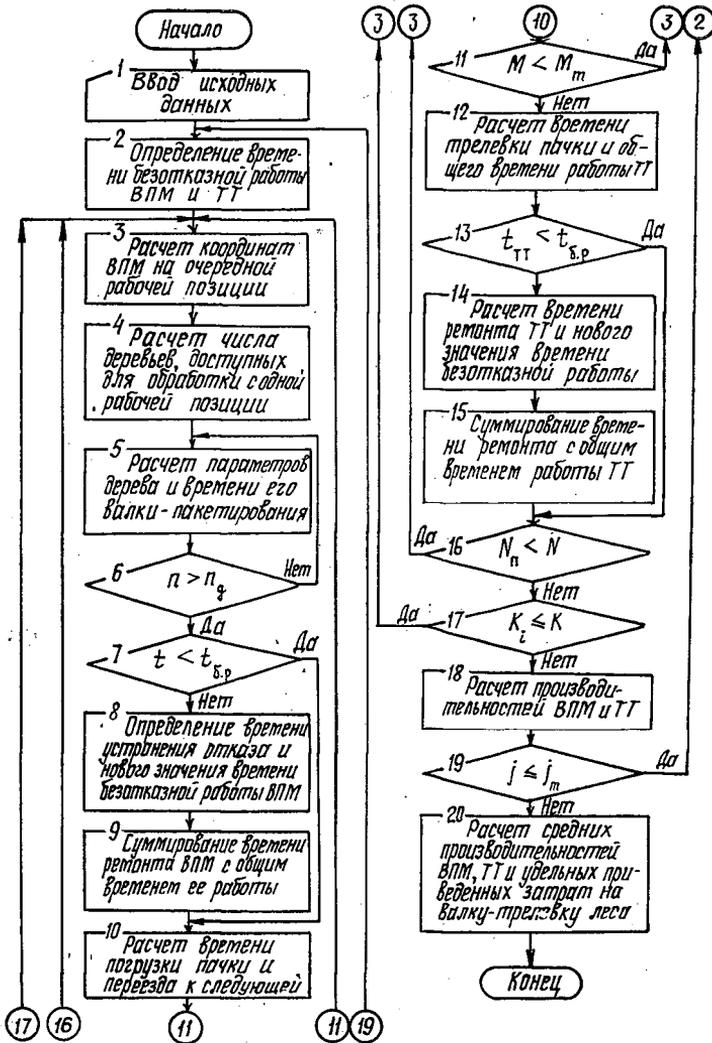


Рис. 3. Блок-схема алгоритма, моделирующего работу системы машин ВПМ + ТТ

чениями. Так, после окончания формирования пачки ВПМ (блок 6) сравнивают текущее время работы машины и допустимое с учетом наработки на отказ. Проверку условия, расчет времени ремонта и нового значения времени безотказной работы выполняют аналогично. В блоке 10 рассчитывают координаты трелевочного трактора по местоположению сформированной пачки, а при необходимости — время проезда к следующей. Если трелевочным трактором спакетирована полногрузная пачка (проверка в блоке 11), рассчитывают время трелевки и так далее по аналогии с предыдущей блок-схемой.

На основании алгоритмов, моделирующих работу систем лесосечных машин, составлены программы на языке Фортран, которые реализованы на ЭВМ ЕС-1022.

Для проверки адекватности моделей реальному процессу проведены тестовые расчеты для одной из лесосек Борецкого ЛПХ ТПО Архангельсклеспром. Вычисленные значения параметров лесосеки

сравнивали с данными таксационного описания, а производительности — с нормативными значениями\* (см. таблицу). Как видим, реальные и полученные моделированием данные имеют удовлетворительную сходимость.

Вид данных	Состав древостоя	Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	Запас, м <sup>3</sup> /га	Производительность машин, м <sup>3</sup> /см.		
				ЛП-49	ЛП-19	ЛП-18А
Реальные	6,5С2,5Е0,6В0,4Ос	0,223	141	54	165	85
Полученные моделированием на ЭВМ	6,5С2,4Е0,6В0,5Ос	0,231	137	52	148	96
Расхождение, %		4	3	4	10	13

В результате реализации программ на ЭВМ установлено, что минимальные удельные приведенные затраты на валку — трелевку леса соответствуют системе машин ЛП-19 + ЛП-18А (1,41 р./м<sup>3</sup>) и на 0,32 р./м<sup>3</sup> меньше затрат для ВТМ ЛП-49. Следовательно, в условиях Борецкого ЛПХ предпочтительно применение первой системы лесосечных машин.

Предложенная методика может быть использована для выбора наиболее эффективной системы лесосечных машин в условиях конкретного лесозаготовительного предприятия.

Поступила 13 июня 1990 г.

УДК 627.133.4

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТУРБУЛЕНТНОГО ПЛОСКОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ ЗА ГАСИТЕЛЕМ ТЕЧЕНИЯ

П. Н. ГАГАРИН

Архангельский лесотехнический институт

При регулировании потоков на лесосплавных рейдах и в лотках, движения взвешенных частиц в отстойниках, при русловыправительных работах и защите ледяных переправ от размыва возникают рециркулирующие течения за различными гасителями скорости потока.

Исследование таких течений с помощью численного интегрирования обладает некоторыми недостатками (отсутствие общего решения, трудоемкость, вероятность больших ошибок при вычислении скоростей вблизи кромки препятствия). В данной статье сделана попытка на основе некоторых допущений дать упрощенное описание механики рециркулирующего течения жидкости.

Рассмотрен наиболее простой случай обтекания без сжатия транзитного потока после отрыва. Поэтому в качестве гасителя взято объемное прямоугольное тело, расположенное непосредственно у границы потока, которое обеспечивает параллельность крайней линии тока главному направлению потока в момент отрыва. Практически это может быть обращенный назад уступ, две (или более) поперечные плас-

\* В таксационных описаниях лесосек приведены средние значения характеристик реального древостоя. Поэтому проверку на согласие средних и дисперсий натуральных и модельных параметров по соответствующим критериям не проводили.

тины, пространство между которыми заполнено жидкостью. Рециркулирующее течение возникает за таким гасителем как в естественном виде, так и при введении в него вторичного дополнительного препятствия, например пластины такой же высоты.

Скорость невозмущенного транзитного потока примем равномерно распределенной, равной  $U$ . Одновременно будем считать ее масштабной единицей безразмерной скорости. Для упрощения математических выражений введем три системы координат:  $(x, y)$ ,  $(x_*, y_*)$  и  $(x_{**}, y_{**})$ . При этом (рис. 1): ось  $Ox_*$  — внешняя высокоскоростная граница возмущенной области (области смещения); ось  $Ox_{**}$  — условная граница, через которую вытесняется часть транзитного расхода в результате дефекта скоростей при сдвиговом течении; ось  $Ox$  — условная граница транзитного и рециркулирующего течения. При отсутствии сжатия потока она параллельна его главному направлению.

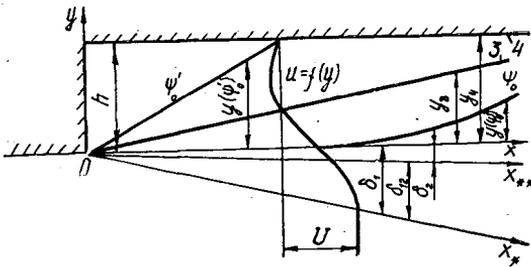


Рис. 1. Расчетная схема

Две последние оси являются границами лишь при условии свободного распространения возмущенного струйного течения (или при малых  $x$ ). Данное условие здесь рассматривается как базовое при переходе к ограниченности струи продольной твердой границей [2, с. 17], что ведет к смещению указанных границ от осей и, наконец, к замыканию рециркуляции. Однако по всей длине струи оси соответствуют вполне определенным фазам распределения скоростей.

Из экспериментальных исследований свободной плоскости струи [11] известно, что распределение скорости в области смещения при различных  $x$  обладает свойством афинности и небольшим углом раствора. Следовательно, масштабная единица  $\delta_+$  поперечного размера  $y$  прямо пропорциональна  $x$  и относительно нее все три координатные системы допустимо считать прямоугольными декартовыми и параллельными друг другу, а распределение скоростей искать в единой функциональной форме.

Дополнительно в расчетной схеме указаны: внутренняя нулевая линия тока рециркуляции  $\psi_0$ ; линия нулевых скоростей между прямым и обратным расходами рециркуляции ( $\beta$ ); внешняя нулевая линия тока рециркуляции  $\psi'_0$ , которая при ограниченности течения совпадает с границей потока 4.

Допустим, что и плотность полного секундного импульса скорости  $u$  всей возмущенной области течения, отнесенного к единице массы, выражается формулой

$$s = u^2 + l^2 \left( \frac{\partial u}{\partial y_*} + au \right)^2. \quad (1)$$

Второе слагаемое в правой части введено для оценки турбулентности потока. Оно комплексно учитывает внутренние потери импульса (пульсации, нагрев и др.) при трансформации градиента скорости, по-

лученного в результате сдвига, в новую (присоединенную) скорость, за счет которой расширяется струя. В частности, равенство нулю выражения в скобках приводит к распределению скорости, асимптотически приближающемуся к нулю, что по характеру близко к квазипотенциальной части ламинарного вихря [5, с. 419]. Величина  $l$  предположительно имеет тот же физический смысл, что и путь смещения в формуле Прандтля [5, с. 631];  $a$  — коэффициент пропорциональности.

Определим функцию скорости исходя из ее наиболее энергетически выгодного распределения по условию минимизации функционала

$$I = \int \left[ u^2 + l^2 \left( \frac{\partial u}{\partial y_*} + au \right)^2 \right] dy_*. \quad (2)$$

Для определения  $u$  используем известное уравнение Эйлера [7, с. 205]

$$s \frac{\partial u}{\partial y_*} \frac{\partial u}{\partial y_*} \frac{\partial^2 u}{\partial y_*^2} + s \frac{\partial u}{\partial y_*} \frac{\partial u}{\partial y_*} + s \frac{\partial u}{\partial y_*} - s u = 0, \quad (3)$$

где символы при  $s$  означают порядок дифференцирования выражения (1):

$$s \frac{\partial u}{\partial y_*} \frac{\partial u}{\partial y_*} = 2l^2; \quad (4)$$

$$s \frac{\partial u}{\partial y_*} = 2l^2 a; \quad (5)$$

$$s_{y_*} = 0; \quad (6)$$

$$s_u = 2u + 2l^2 a \frac{\partial u}{\partial y_*} + 2l^2 a^2 u. \quad (7)$$

Подставляя все эти выражения в (3), имеем

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y_*^2} - (a^2 + l^{-2}) u = 0. \quad (8)$$

Корни характеристического уравнения

$$k_{1,2} = \pm \sqrt{a^2 + l^{-2}}, \quad (9)$$

или

$$k_1 = -|a + il^{-1}|; \quad (10)$$

$$k_2 = |a + il^{-1}|. \quad (11)$$

Таким образом, общее решение (8) для всей возмущенной области течения имеет вид

$$u = C_1 e^{-ay_*} \cos l^{-1} y_* + C_2 e^{-ay_*} \sin l^{-1} y_*. \quad (12)$$

При положительных показателях степени  $e^{-ay_*} = 0$ , так как очевидно условие  $u \rightarrow 0$  при  $y_* \rightarrow \infty$ .

В области течения между осями  $Ox_*$  и  $Ox$  (толщиной  $\delta_1 = \delta_{21} + \delta_2$ ) присоединенная скорость не возникает, поэтому в выражении (1)  $a = 0$ . Тогда

$$u = C_1 \cos l^{-1} y_* + C_2 \sin l^{-1} y_*; \quad (13)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y_*} = C_2 l^{-1} \cos l^{-1} y_* + C_1 l^{-1} \sin l^{-1} y_*. \quad (14)$$

Полагая при  $y_* = 0$   $u = U$  и  $du/dy_* = 0$ , получаем  $C_2 = 0$  и

$$u = U \cos l^{-1} y_* \quad (15)$$

Осуществим привязку всех осей через распределение скоростей. При вытеснении транзитного расхода через ось  $Ox_{**}$  из области  $\delta_{21}$  в область  $\delta_2$  действует условие несжимаемости

$$U \delta_{21} - \int_0^{\delta_{21}} u dy_* = \int_{\delta_{21}}^{\delta_1} u dy_* \quad (16)$$

или

$$\int_0^{\delta_{21}} (1 - \cos l^{-1} y_*) dy_* = \int_{\delta_{21}}^{\delta_1} \cos l^{-1} y_* dy_* \quad (17)$$

Решив (17), найдем

$$\delta_{21} l^{-1} = \sin \delta_1 l^{-1} \quad (18)$$

Пропорциональная зависимость турбулентных пульсаций и градиента скорости [11] позволяет выразить плотность поперечного потока кинетической энергии  $q_y$  [4, с. 248] как

$$q_y = Ku \frac{\partial u}{\partial y_*} \quad (19)$$

где  $K$  — коэффициент пропорциональности.

Ось  $Ox_{**}$  как граница вытеснения расхода соответствует максимальному значению  $q_y$ . Из условия  $q'_y = 0$  с учетом (15) получим

$$y_* = \delta_{21} = \pi l / 4 \quad (20)$$

Оптимальное положение оси  $Ox_{**}$  может быть также определено из анализа уравнения турбулентного переноса импульса для полученной здесь функции  $u$ . В этом случае минимизация по ординате импульса, затраченного на вытеснение расхода, в отношении к освобожденному в результате вытеснения импульсу, дает такой же результат.

Решая (18) и (20), находим положение оси  $Ox$ :

$$y_* = \delta_1 = 0,903l \quad (21)$$

Приняв масштабную единицу длины

$$\delta_+ = \pi l / 2, \quad (22)$$

получим

$$\delta_{21} = 0,5\delta_+; \quad \delta_1 = 0,575\delta_+; \quad \delta_2 = 0,075\delta_+ \quad (23)$$

Линейный размер  $l$  в пределах области  $\delta_1$  обозначим  $l_0$ , так как здесь он постоянен относительно  $\delta_+$  (или  $x$ ) и равен

$$l_0 = 2\pi^{-1}\delta_+ \quad (24)$$

Таким образом, распределение скорости в этой области полностью определено. Переходя к координате

$$y = y_* - \delta_1 \quad (25)$$

для всех  $y \leq 0$ , окончательно находим

$$u = U \cos (l_0^{-1} y + l_0^{-1} \delta_1); \quad (26)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = -Ul_0^{-1} \sin (l_0^{-1} y + l_0^{-1} \delta_1). \quad (27)$$

Аналогично получаем расчетные зависимости для области  $y \geq 0$ :

$$u = U_1 e^{-ay} \cos(l^{-1}y + l_0^{-1}\delta_1); \quad (28)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = U_1 [-a e^{-ay} \cos(l^{-1}y + l_0^{-1}\delta_1) - l^{-1} e^{-ay} \sin(l^{-1}y + l_0^{-1}\delta_1)]. \quad (29)$$

При непрерывности распределения скорости и градиента для  $y = 0$  выполняется равенство  $U_1 = U$ . Приравнявая формулы (27) и (29), находим

$$a = (l_0^{-1} - l^{-1}) \operatorname{tg} l_0^{-1} \delta_1, \quad (30)$$

или

$$l = 4 [\pi(2 - a)]^{-1}. \quad (31)$$

Значения  $l$  и  $a$  являются переменными по  $x$  и зависят от ограниченности течения. Для их определения введем условие равенства нулю интегральной относительной скорости рециркуляции:

$$Q = U_1^{-1} \int_{y(\psi_0)}^{y_4} u dy = 0, \quad (32)$$

где  $y_4$  — координата границы потока.

Решение интеграла по уравнению (28) имеет вид

$$\begin{aligned} Q = l [e^{-ay(\psi_0)} \sin(l'y(\psi_0) + l_0^{-1}\delta_1)] - la [e^{-ay(\psi_0)} (a^2 + l^{-2})^{-1} \times \\ \times a \sin(l^{-1}y(\psi_0) + l_0^{-1}\delta_1) + l^{-1} \cos(l^{-1}y(\psi_0) + l_0\delta_1)] - \\ - l [e^{-ay_4} \sin(l^{-1}y_4 + l_0^{-1}\delta_1)] - la [e^{-ay_4} (a^2 + l^{-2})^{-1} \times \\ \times a \sin(l^{-1}y_4 + l_0^{-1}\delta_1) + l^{-1} \cos(l^{-1}y_4 + l_0^{-1}\delta_1) + \\ + l^{-1} \cos(l^{-1}y_4 + l_0\delta_1)] = 0. \end{aligned} \quad (33)$$

Согласно выражениям (1) и (28), плотность распределения импульса продольного течения

$$s = s(0) e^{-2ay}, \quad (34)$$

где  $s(0)$  — плотность распределения импульса при  $y = 0$ , равная  $U_1^2$ .

При малых  $x$  ( $y_4 \rightarrow \infty$ ) граница практически не влияет на распределение скорости рециркуляции. В случае ограниченности течения, когда  $s(y_4)$  заметно отличается от нуля, неизбежно отражение части импульса от границы и возвращение его в область транзитного течения. Тогда плотность поперечного потока импульса через нулевую линию тока уменьшается на соответствующую величину, что означает смещение  $\psi_0$  в сторону более низкого градиента скорости ( $y(\psi_0) > 0$ ), т. е. ее отрыв от оси  $Ox$ . Если пренебречь незначительной долей импульса, расходуемого на трение о твердую гладкую границу, то условие отражения будет иметь вид

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_0^{\infty} s(0) e^{-2ay} dy - \frac{\partial}{\partial x} \int_{y_4}^{\infty} s(0) e^{-2ay} dy = \frac{\partial}{\partial x} \int_{y(\psi_0)}^{\infty} s(0) e^{-2ay} dy. \quad (35)$$

Первый член уравнения — плотность поперечного потока импульса в рециркулирующую зону с учетом отражения (свободное распространение импульса; правая часть — плотность потока импульса в рециркулирующую зону с учетом отражения. Решаем уравнение (35) в виде

$$aa_0^{-1} = e^{-2ay_4} + e^{-2ay_4(\psi_0)} \quad (36)$$

Крайняя точка рециркуляции является пересечением траекторий нулевой линии тока  $y(\psi_0)$ , линии нулевых скоростей  $y_3$  и границы потока. Введя в уравнения (28), (31) и (36) условие равенства указанных координат и равенства скорости нулю, получим для  $x = L$  ( $L$  — длина рециркулирующего течения)  $a = 0,74\delta_+^{-1}$ ;  $l = 1,01\delta_+$ ;  $y_4 = 0,674\delta_+$ . Тогда для любого сечения рециркуляции

$$y_4 = 0,674Lx^{-1}(1+A)\delta_+ \quad (37)$$

где  $A$  — параметр, учитывающий наличие и размер вторичного за гасителем препятствия (см. ниже),  $A = 0$ .

Масштабная единица длины

$$\delta_+ = 1,48hL^{-1}x \quad (38)$$

Значения  $y_4$  для любого  $xL^{-1}$  вводят в условия (36), (32) и (31), из которых можно получить исходные данные для расчета скоростного поля. Результаты расчета для ряда сечений рециркуляции при  $y \geq 0$  сведены в таблицу.

Параметр	Масштабная единица	Значения параметров для сечений рециркуляции $xL^{-1}$						
		0	1/6	1/3	1/2	2/3	5/6	1
Единичное препятствие								
$y_4$	$\delta_+$	$\infty$	4,04	2,02	1,35	1,01	0,81	0,67
$a$	$\delta_+^{-1}$	1,00	1,00	0,90	0,80	0,76	0,74	0,74
$l$	$\delta_+$	1,27	1,27	1,15	1,06	1,02	1,01	1,01
Вторичное препятствие								
$a$	$\delta_+^{-1}$	1,00	1,00	0,83	0,55	0,24	—	—
$l$	$\delta_+$	1,27	1,27	1,09	0,88	0,72	—	—
$U_1$	$U$	1,00	1,00	0,90	0,67	0,39	—	—

Как видно из таблицы, при свободном распространении струи  $a = 1,00$ ;  $l = 4/\pi$ . При любых  $a > 1$  выполнение условия неразрывности (32) в несжимаемой среде оказывается невозможным. При  $a < 1$  течение ограничено, если внешняя нулевая линия тока рециркуляции совпадает с границей потока.

Результаты расчета скорости показаны на рис. 2. Здесь же для сравнения приведены данные измерений при обтекании прямоугольного уступа [6]. Сравнение теоретической траектории внутренней нулевой линии тока с измеренной показывает, что максимальное ее отклонение составляет 6 % от высоты уступа  $h$ .

Согласно указаниям [4, с. 211], поперечный размер области смещения и, следовательно, длина рециркуляции могут быть найдены только экспериментально.

Измерения при обтекании уступа [10], проведенные Мюллером и Робертсоном, а также Тани и др., показывают, что  $L$  равна  $7,0h$ ; в наиболее тщательных и широко поставленных опытах Брэдшоу и Вонга  $L = 6,0h$ . Согласно работе [6], длина оказалась равной  $5,2h$ . Измерения при обтекании плоского препятствия [1, 3, 9] показывают, что во всех случаях  $L$  находится в пределах 6...7 максимальных толщин рециркулирующих зон в сжатом сечении транзитного потока.

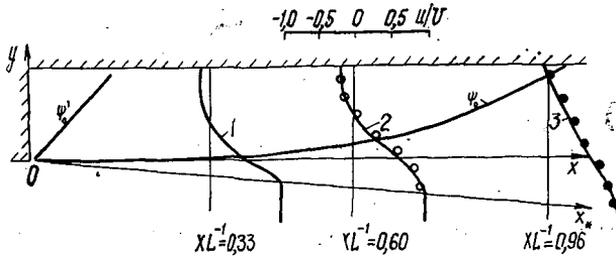


Рис. 2. Результаты расчета рециркулирующего течения ( $L = 6h$ ): 1 — расчет поля безразмерных скоростей; 2 — изменение скоростей в сечении максимальной отрицательной скорости [6]; 3 — то же вблизи предельного сечения рециркуляции [6]

При введении в рециркуляцию вторичного препятствия (пластина или обращенный вперед уступ) характер течения несколько меняется. Условие неразрывности течения, в основе которого действуют приоритетные силы гравитации (по сравнению с силами турбулентной вязкости и инерции), обеспечивает замыкание нулевой линии тока с кромки гасителя на кромку вторичного препятствия (рис. 3). Установка его на расстоянии, близком  $L$  и более, ведет к прогибу нулевой линии тока внутрь рециркуляции и раздвоению последней.

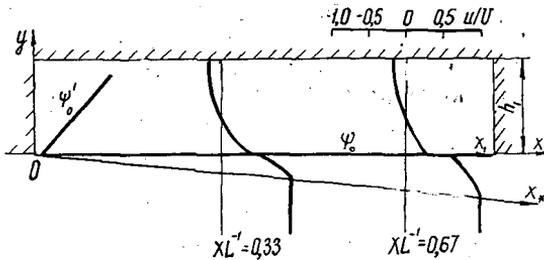


Рис. 3. Результаты расчета рециркулирующего течения при наличии вторичного препятствия ( $x_1 = 5h$ )

Рассмотрим наиболее простой случай, когда расстояние установки менее  $0,7 \dots 0,8L$  и можно сделать допущение об отсутствии кривизны  $\psi_0$ , т. е. при всех  $x$

$$y(\psi_0) = 0. \tag{39}$$

В выпрямлении траектории нулевой линии тока проявляется действие положительного градиента давления от вторичного препятствия, который в расчете продольных скоростей непосредственно не учитывают. Угол между осью  $Ox$  и главным направлением потока при этом определяется разницей высот гасителя и вторичного препятствия  $h_1$ , а также расстоянием между ними  $x_1$ . Применительно к формуле (37)

$$A = (h_1 - h) x_1^{-1}, \tag{40}$$

причем  $A$  принимают неотрицательным.

Уменьшение плотности потока импульса в рециркулирующую зону вследствие отражения от твердой гладкой границы, как и прежде, описывается уравнением (35). Его решение при условии (39) в безразмерном виде

$$aa_0^{-1} = s(0) U^{-2} (e^{-2ay_1} + 1), \tag{41}$$

что выполнимо только при

$$s(0) U^{-2} \leq 1 \text{ или } U_1 \leq U, \quad (42)$$

причем в последнем выражении равенство имеет место только при свободном течении. Таким образом, на нулевой линии тока отмечается теоретический сдвиг в виде разрыва функций  $s$ ,  $u$  и  $du/dy$ . Сдвиг по градиенту скорости, согласно выражению (29), определяется только величиной  $U_1$ , следовательно, параметры  $a$  и  $l$  непосредственно от него не зависят и формулы (30) и (31) остаются справедливыми.

Необходимые исходные параметры определены по тем же формулам, что и в предыдущей схеме. Результаты расчета при наличии вторичного препятствия ( $x_1 > 2/3 L$ ;  $y \geq 0$ ;  $A = 0$ ) сведены в таблицу. Для любой точки рециркуляции и транзитного потока скорости находят согласно формулам (26) и (28). При допущении существования условия (39), вплоть до конечного сечения  $xL^{-1} = 1$ , значения  $a$ ,  $s(0)$  и  $U_1$  резко уменьшаются до нуля.

Таким образом, вторичное препятствие вызывает снижение скорости течения в экранированном пространстве потока. Легко убедиться, что увеличение геометрического параметра  $A$  (до некоторых пределов, зависящих от поперечного размера потока) ведет к большему снижению приграничных скоростей и взаимодействию потока с границей.

Эффект гашения скоростей с помощью тандема вертикальных щитов практически выразился, например, в ускоренном намораживании ледяного покрова реки в осенне-зимний период [8]. Оценка связи полученных характеристик потока с различными эксплуатационными свойствами требует отдельного рассмотрения.

Учитывая простую форму полученных решений и удовлетворительную точность результатов расчета, можно сделать вывод о приемлемости данной модели на практике.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гагарин П. Н. Обоснование экологически чистого способа намораживания ледяных переправ // Лесн. журн.— 1989.— № 6.— С. 55—58.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Дмитриев Ю. Я. Гидравлические ускорители на лесосплаве.— М.: Лесн. пром-сть, 1971.— 200 с. [3]. Дурст Ф., Растоги А. К. Теоретические и экспериментальные течения исследования турбулентных течений с отрывом // Турбулентные сдвиговые течения. Т. 1 / Пер. с англ.; Под ред. А. С. Гиневского.— М.: Машиностроение, 1982.— С. 214—227. [4]. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика.— М.: Наука, 1988.— 736 с. [5]. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа.— М.: Наука, 1987.— 840 с. [6]. Мосс В. Д., Бэкер С., Брэдбери Л. Дж. С. Измерения средней скорости и реинольдсовых напряжений в некоторых областях рециркулирующих течений // Турбулентные сдвиговые течения. Т. 1 / Пер. с англ.; Под ред. А. С. Гиневского.— М.: Машиностроение, 1982.— С. 203—213. [7]. Смирнов В. И. Курс высшей математики: В 4 т.— М.: Наука, 1974.— Т. 4.— 376 с. [8]. Харитонов В. Я., Гагарин П. Н. Река промерзает быстрее // Лесн. пром-сть, — 1989.— № 1.— С. 24—25. [9]. Arie M., Rouse H. Experiments in two-dimensional flow over a normal wall // J. Fluid Mech.— 1956.— 1/2.— P. 129—141. [10]. Bradshaw P., Wong F. Y. F. The reattachment and relaxation of a turbulent shear layer // J. Fluid Mech.— 1972.— 52/1.— P. 113—135. [11]. Wygnanski I., Fielder H. E. The two-dimensional mixing region // J. Fluid Mech.— 1970.— 41/2.— P. 327—361.

Поступила 15 октября 1990 г.

УДК 539.384 : 625.576.4

## ДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В НЕСУЩЕМ КАНАТЕ ПРИ ПАДЕНИИ НА НЕГО ДЕРЕВА

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

В работе [10] определены динамические усилия в несущих канатах при ударных нагрузках для случая расположения опор на одном уровне. В данной статье та же задача исследована при расположении опор на разных уровнях (рис. 1).

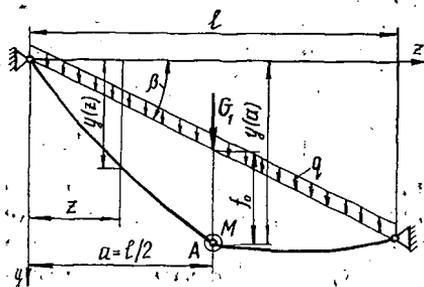


Рис. 1.

Для аналитического описания колебаний несущего каната после падения дерева на него воспользуемся уравнением Лагранжа

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial K}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial K}{\partial q_i} + \frac{\partial N}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где  $K$  — кинетическая энергия системы;  
 $N$  — потенциальная энергия системы;  
 $Q_i, q_i$  — обобщенные силы и координаты;  
 $t$  — время.

Кинетическая энергия несущего каната с сосредоточенным грузом как одномассовой системы

$$K = M \dot{y}_d^2 / 2, \quad (2)$$

где  $M$  — приведенная масса системы;  
 $\dot{y}_d$  — скорость движения приведенной массы.

Согласно [4], приведенная масса системы

$$M = \left[ \int_0^l m(z) y^2(z) dz + \sum_{i=1}^n m_i y^2(a_i) \right] / y^2(a), \quad (3)$$

где  $m(z)$  — распределенная масса;  
 $y(z)$  — главная форма колебаний каната;  
 $m_i$  — масса  $i$ -го сосредоточенного груза;  
 $y(a_i)$  — провес каната в точке приложения  $i$ -го груза;  
 $y(a)$  — провес каната в точке приведения массы.

Середину пролета несущего каната примем за точку приведения масс, поскольку положению груза в этой точке соответствует макси-

мальное натяжение каната. Для несущего каната с опорами на разных уровнях имеем [2]

$$y(l/2) = (P + q_1 l/2 - 2H \operatorname{tg} \beta) [l/(4H)]; \quad (4)$$

$$y(z) = [(P + q_1 l/(2H)) + \operatorname{tg} \beta] z - q_1 z^2/(2H), \quad (4a)$$

где  $l$  — длина пролета установки;  
 $\beta$  — угол наклона хорды пролета к горизонту;  
 $z$  — координата сечения;  
 $H$  — горизонтальная составляющая натяжения каната;  
 $q_1 = q/\cos \beta$  ( $q$  — вес 1 м каната);  
 $P$  — вес сосредоточенного груза.

На основании выражений (3), (4) и (4a) с учетом  $m(z) = \rho/\cos \beta$  (где  $\rho$  — масса 1 м каната) получаем

$$M = m_1 + k_m \rho l / \cos \beta, \quad (5)$$

где  $m_1$  — масса сосредоточенного груза весом  $P$ , приложенного по середине пролета;  
 $k_m$  — коэффициент приведения массы к середине каната,

$$k_m = (1 + \xi + 0,4\xi^2)/3; \quad (5a)$$

$$\xi = ql/[4(P + ql/(2 \cos \beta) + 2H \operatorname{tg} \beta) \cos \beta]. \quad (5b)$$

Из этих уравнений видно, что  $k_m$  зависит от силы  $P$  и угла  $\beta$ . При  $\beta = 0$  коэффициент  $k_m$  определяется так же, как для каната с опорами на одном уровне [9]. На основании выражений (5a) и (5b) при  $P = \beta = 0$  получим  $k_m = 8/15$ , что соответствует его значению по В. Г. Рекачу [7], а при  $P \gg ql/\cos \beta$  получим  $k_m = 1/3$ , что согласуется с его значением по Кебу [11].

Кинетическая энергия движущегося дерева [6]

$$K = mv_c^2/2 + I_c \omega^2/2, \quad (6)$$

где  $m$  — масса дерева;  
 $I_c$  — центробежный момент инерции дерева;  
 $v_c$  — линейная скорость центра масс дерева;  
 $\omega$  — угловая скорость падающего дерева.

Предполагаем, что падающее дерево поворачивается вокруг оси  $z$  комлевого среза (рис. 2) и что ось  $z$  неподвижна, тогда

$$v_c = \omega h_c, \quad (7)$$

где  $h_c$  — высота центра тяжести дерева; определяется по формулам, приведенным в работах [3, 5].

Подставляя выражение (7) в (6), находим

$$K = I_z \omega^2/2, \quad (8)$$

где  $I_z$  — момент инерции дерева относительно оси, проходящей через плоскость комлевого среза; определяется по формулам, приведенным в работах [3, 5].

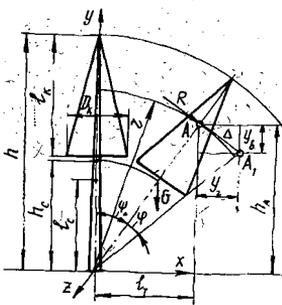


Рис. 2

Согласно [1], угловая скорость падающего дерева

$$\omega = \sqrt{2Gh_c(1 - \cos \phi)/I_z}, \quad (9)$$

где:  $G$  — вес дерева;  
 $\psi$  — угол поворота дерева от вертикального положения.

Найдем кинетическую энергию падающего дерева как функцию угла  $\psi$ . На основании выражений (8) и (9) получим

$$K = Gh_c l (1 - \cos \psi). \quad (10)$$

При падении дерева на несущий канат его ось займет положение пространственной кривой, т. е. точка  $A$  (см. рис. 1, 2) сместится на расстояние  $\Delta$ . Разложим  $\Delta$  на вертикальную  $y_v$  и горизонтальную  $y_r$  составляющие, где  $y_v$  и  $y_r$  — приращение провеса несущего каната по середине пролета соответственно в вертикальной и горизонтальной плоскости при его динамическом нагружении.

Предполагая, что точка  $A$  (рис. 2) движется по дуге окружности радиусом  $r$  (где  $r$  — расстояние от комля до точки удара хлыста о канат) и учитывая, что  $\Delta \ll r$ , принимаем

$$\Delta = r \cos \varphi; \quad y_v = \Delta \sin \psi_0; \quad y_r = \Delta \cos \psi_0, \quad (11)$$

где  $\psi_0$  — угол поворота дерева до момента удара о канат;  
 $\varphi$  — то же после удара;  $\varphi = \psi - \psi_0$ .

Потенциальная энергия каната

$$N = T_0 \Delta L + C \Delta L^2 / 2 - M g y_v, \quad (12)$$

где  $T_0$  — монтажное натяжение несущего каната;  
 $\Delta L$  — абсолютное удлинение каната;  
 $g$  — ускорение свободного падения;  
 $C$  — относительная продольная жесткость каната,

$$C = A \cos \beta / l; \quad (12a)$$

$A$  — коэффициент продольной жесткости каната как агрегата.

Приращение провеса и удлинение каната связаны отношением [8, 9]

$$\Delta L = 2y(2f_0 + y)/l, \quad (13)$$

где  $y$  — смещение оси каната;  
 $f_0$  — монтажный провес каната (см. рис. 1).

Используя принцип суперпозиции для определения удлинения каната за счет перемещений  $y_v$  и  $y_r$  и учитывая, что в горизонтальной плоскости монтажный провес отсутствует и длина пролета  $l_r = l / \cos \beta$ , получаем

$$\Delta L = 2[y_v(2f_0 + y_v) + y_r^2 \cos \beta] / l. \quad (14)$$

Согласно выражениям (11) и (14)

$$\Delta L = a_1 \varphi + b_1 \varphi^2, \quad (15)$$

где  $a_1 = 4r f_0 \sin \psi_0 / l$ ;  $b_1 = 2r^2 (\sin^2 \psi_0 + \cos^2 \psi_0 \cos \beta) / l$ .

На основании уравнений (12) и (15) находим

$$N = (T_0 a_1 - M g r \sin \psi_0) \varphi + (T_0 b_1 + C a_1^2 / 2) \varphi^2 + C a_1 b_1 \varphi^3 + C b_1^2 \varphi^4 / 2. \quad (16)$$

Используя выражения (8), (10) и (16) и преобразуя уравнение (1), получаем дифференциальное уравнение движения системы после удара дерева о канат

$$\ddot{\varphi} = 2\varphi (T_0 b_1 + C a_1^2 / 2) / I_z - G h_c \sin(\psi_0 + \varphi) / I_z =$$

$$= (Mgr \sin \psi_0 - T_0 a_1) / I_z - 3Ca_1 b_1 (\varphi^2 + 2b_1 \varphi^3 / (3a_1)) / I_z. \quad (17)$$

Уравнение (17) является нелинейным, и его точное решение затруднительно. Для упрощения разложим  $\sin(\psi_0 + \varphi)$  в ряд. Ограничившись первыми четырьмя членами, получим:

$$\sin(\psi_0 + \varphi) = \sin \psi_0 + \varphi \cos \psi_0 - \varphi^2 \sin \psi_0 / 2 - \varphi^3 \cos \psi_0 / 6. \quad (18)$$

Подставим выражение (18) в (17). Обозначив

$$k^2 = 2(T_0 b_1 + Ca_1^2 / 2 - Gh_c \cos \psi_0) / I_z; \quad \mu = 3Ca_1 b_1 / I_z;$$

$$d = [(Mgr + Gh_c) \sin \psi_0 - T_0 a_1] / I_z;$$

$$u = 1 + Gh_c / (6Ca_1 b_1); \quad v = 2b_1 / (3a_1) + Gh_c / (18Ca_1 b_1),$$

получим уравнение

$$\ddot{\varphi} + k^2 \varphi = d - \mu \varphi^2 (u + v \varphi). \quad (19)$$

Уравнение (19) описывает свободные колебания системы после удара дерева о несущий канат. За начало движения системы принят момент удара дерева (его ствола) о канат.

Начальные условия для (19)

$$\varphi(0) = 0; \quad \dot{\varphi}(0) = \omega_0, \quad (19a)$$

где  $\omega_0$  — угловая скорость дерева в начальный момент; ее находят по выражению (9) с учетом  $\psi_1 = \psi_0$ .

Угол  $\psi_0$  зависит от положения дерева на лесосеке и геометрических параметров канатной установки. Его определяем по формуле

$$\operatorname{tg} \psi_0 = h_A / l_1, \quad (19b)$$

где  $l_1$  — расстояние от дерева до трассы установки;

$h_A$  — разность высот точек комлевого среза дерева и точки А удара дерева по канату.

Решение уравнения (19) представим в виде ряда

$$\varphi = \sum_{n=0}^{\infty} \mu^n \varphi_n(t). \quad (20)$$

Раскладывая ряд по малому параметру  $\mu$  (квадрат искомой частоты), получаем

$$p^2 = k^2 + \sum_{n=1}^{\infty} \mu^n h_n. \quad (21)$$

Подставляя выражения (20) и (21) в (19) и ограничиваясь тремя членами ряда, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \ddot{\varphi}_0 + p^2 \varphi_0 = d; \\ \ddot{\varphi}_1 + p^2 \varphi_1 = h_1 \varphi_0 + \varphi_0^2 (u + v \varphi_0); \\ \ddot{\varphi}_2 + p^2 \varphi_2 = h_2 \varphi_0 + h_1 \varphi_1 - \varphi_0 \varphi_1 (2u + 3v \varphi_0). \end{cases} \quad (22)$$

Начальные условия (19a) для системы (22) имеют вид

$$\varphi_j(0) = 0, (j=0, 1, 2, \dots), \quad \dot{\varphi}_0(0) = \omega_0; \quad \dot{\varphi}_j(0) = 0 (j=1, 2, 3, \dots). \quad (23)$$

Решая систему уравнений (22) с начальными условиями (23), находим во втором приближении

$$\varphi = d/p^2 (1 - \cos pt) + \omega_0 \sin pt/p + \mu [(3a/4 + 9b/8)(1 - \cos pt)]/p^2 -$$

$$-a(1 - \cos 2pt)/(3p^2) - b(1 - \cos 3pt)/(8p^2) + c_1(\sin 2pt - 2 \sin pt)/(3p^2) + d_1(\sin 3pt - 3 \sin pt)/(8p^2); \quad (24)$$

$$p^2 = k^2 + \mu [2ud/p^2 + 15vd^2/(4p^4) + 3v\omega_0^2/(4p^2)], \quad (24a)$$

где

$$a = ud^2/(2p^4) + 3vd^3/p^6 - vd\omega_0^2/p^4; \quad c_1 = d\omega_0(u + 3vd/p^2)/p^3; \\ b = vd(3\omega_0^2/p^2 - d^2/p^4)/(4p^2); \quad d_1 = v\omega_0(\omega_0^2/p^2 - 3d^2/p^4)/(4p). \quad (24b)$$

Коэффициент динамичности усилий в несущем канате

$$k_d = T_d/T_1, \quad (25)$$

где  $T_d$  — максимальное динамическое усилие в канате;  
 $T_1$  — максимальное статическое усилие, возникающее в канате от давления дерева на канат.

Максимальное динамическое усилие

$$T_d = T_0 + C\Delta L. \quad (26)$$

Используя выражение (15) и учитывая, что максимальному значению  $\Delta L$  соответствует  $\varphi_{\max}$  (где  $\varphi_{\max}$  — максимальное значение угла  $\varphi$ ), получаем

$$T_d = T_0 + C\varphi_{\max}(a_1 + b_1\varphi_{\max}). \quad (27)$$

Для определения  $\varphi_{\max}$  находим значение  $pt$ , соответствующее  $\varphi_{\max}$ , из условия  $\dot{\varphi} = 0$ , т. е. после преобразований

$$(d + 2\mu a/3 + 9\mu b/8) \operatorname{tg} pt + 3\mu(d_1 - b)/[2(1 + \operatorname{tg}^2 pt)] + \\ + 2\mu c_1(1 - \operatorname{tg}^2 pt)/(3\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 pt}) + \omega_0 p - 2\mu(c_1 - d_1)/3 = 0. \quad (28)$$

Статическое усилие  $T_1$  определяем из уравнения общего состояния несущего каната с закрепленными концами, нагруженного сосредоточенной силой в плоскости, перпендикулярной плоскости первоначального провеса от собственного веса,

$$T_1^3 - T_1^2(T_0 - [A_{\text{пр}} \cos^2 \beta (q^2 l^2/3 + G_1 [G_1 + ql/(2 \cos \beta)])]/(8T_0^2)) - \\ - [A_{\text{пр}} \cos^2 \beta (q^2 l^2/3 + (R \sin \psi_0 + G_1)(R \sin \psi_0 + G_1 + ql/(2 \cos \beta))) + \\ + R^2 \cos^2 \psi_0 / \cos^2 \beta]/8 = 0, \quad (29)$$

где  $G_1$  — вес монтажного груза массой  $m_1$ ;

$A_{\text{пр}}$  — приведенная жесткость системы канат — опоры,

$$A_{\text{пр}} = A/(1 + K_{\text{оп}} A \cos^2 \beta/l), \quad (29a)$$

$A$  — коэффициент продольной жесткости каната как агрегата;

$K_{\text{оп}}$  — коэффициент податливости концевых опор;

$R$  — статическое давление дерева на канат, определяемое из условия равновесия дерева,

$$R = Gh_c \sin \psi_0/r. \quad (29b)$$

Рассмотрим удар дерева по несущему канату для случая упругоподатливых опор. Схема деформаций приведена на рис. 3.

Смещение дерева вызывается одновременно упругим удлинением каната  $\Delta L$  и смещением опор  $\delta$ . Для несущего каната с упругоподатливыми опорами упругое удлинение каната

$$hL = \Delta L_{\text{пр}} - \delta_n - \delta_{\text{п}}, \quad (30)$$

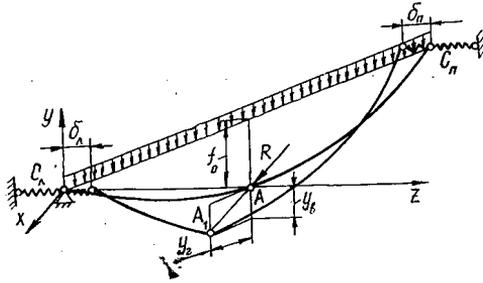


Рис. 3.

где  $\Delta L_{\text{пр}}$  — изменение длины каната с жесткими опорами;  
 $\delta_l, \delta_n$  — смещение концевых опор.  
 Исходя из предположения упругой податливости опор, имеем

$$\delta_l + \delta_n = (T_l - T_0) K_{\text{оп.}} \quad (31)$$

Из физической стороны задачи получим

$$\Delta L = l (T_l - T_0) / (A \cos \beta). \quad (32)$$

На основании выражений (29а), (31) и (32) равенство (30) примет вид

$$\Delta L_{\text{пр}} = l (T_l - T_0) / (A_{\text{пр}} \cos \beta). \quad (33)$$

Потенциальная энергия системы канат — опоры

$$N = T_0 \Delta L + T_0 (\delta_l + \delta_n) + C \Delta L^2 / 2 + C_l \delta_l^2 / 2 + C_n \delta_n^2 / 2 - M g y_{\text{в}}, \quad (34)$$

где  $C_l, C_n$  — коэффициенты жесткости концевых опор.

Учитывая, что  $1/C + 1/C_l + 1/C_n = l / (A_{\text{пр}} \cos \beta) = 1/C_{\text{пр}}$ , выражение (34) с учетом равенства (30) можно выразить в виде

$$N = T_0 \Delta L + C_{\text{пр}} \Delta L_{\text{пр}}^2 / 2 - M g y_{\text{в}}, \quad (35)$$

где  $C_{\text{пр}}$  — приведенная относительная жесткость канатной системы.

Равенство (10) справедливо для каната с упругоподатливыми опорами. Поскольку оно выражает геометрическую сторону задачи, то соответственно все дальнейшие выкладки статьи справедливы для несущего каната с упругоподатливыми опорами при условии, что величине  $C$  в уравнении (17) и далее будет соответствовать величина  $C_{\text{пр}}$ .

Полученные уравнения позволяют исследовать динамические усилия, возникающие в несущем канате однопролетной установки с упругоподатливыми или жесткими опорами на разных уровнях при падении дерева на несущий канат.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алябьев В. И. Динамический расчет несущих канатов однопролетных трелевочно-погрузочных установок // Тр. / ЦНИИМЭ.— 1964.— № 53.— С. 87—107. [2]. Беляя Н. М., Прохоренко А. Г. Канатные лесотранспортные установки.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— 299 с. [3]. Закревский П. Б. Исследование процесса управления падением деревьев при валке леса напроход: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Львов, 1974.— 25 с. [4]. Киселев В. А. Строительная механика.— М.: Стройиздат, 1969.— 431 с. [5]. Коротяев Л. В., Есафов В. Д. К вопросу об определении некоторых геометрических параметров хлыста и дерева // Лесн. журн.— 1976.— № 2.— С. 32—39.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Орлов С. Ф., Артамонов Ю. Г., Стефанович В. П. Общий метод решения задач по перемещению деревьев // Лесн. журн.— 1976.— № 4.— С. 40—44.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Рекач

В. Г. Приложение теории колебаний гибких нитей к расчету подвесных канатных дорог // Тр. / МИСИ.—1939.—№ 2.—С. 57—81. [8]. Скобей В. В., Михайлов А. А. Динамический расчет трелевочно-погрузочных устройств с несущим канатом переменной длины КПУ-2 // Тр. / ЦНИИМЭ.—1964.—№ 58.—С. 52—77. [9]. Слепко И. И. Исследование динамических усилий в несущем канате с закрепленными концами при обрыве и стопорении груза // Лесн. журн.—1977.—№ 5.—С. 40—45.—(Изв. высш. учеб. заведений). [10]. Слепко И. И. Об усилиях в несущих канатах при ударных нагрузках // Лесн. журн.—1990.—№ 6.—С. 38—42.—(Изв. высш. учеб. заведений). [11]. Käb L. Angenäherte Bestimmung der Massenkräfte infolge der Schwingung einer an gespannten Seil hängen der Last // Bauingenieur.—1933.—N 33/34.

---

Поступила 2 июня 1987 г.

## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.048.2

### ПРОПИТОЧНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ СЕРОЙ

В. М. ХРУЛЕВ, А. Ю. ХАШИМОВ

Новосибирский инженерно-строительный институт  
Ферганский политехнический институт

Пропитка консервирующими растворами по методу «прогрев — холодная ванна» — один из эффективных способов защитной обработки древесины [1]. Он пригоден и при обработке древесины в расплаве серы [6]. При снижении температуры расплава с погруженными в него изделиями или замене горячего расплава холодным воздухом, заключенным в порах древесины, охлаждается и, уменьшаясь в объеме, создает вакуум, способствующий пропитке [4]. Чем быстрее горячий расплав сменяется холодным, тем более значителен эффект вакуумного всасывания серы [3]. В применении к сере горячим считается расплав с температурой 150... 155 °С, а холодным — 120... 125 °С [5].

Возможны следующие варианты пропитки древесины расплавом серы, отвечающие требованиям стандарта [2]:

1. Прогрев и пропитку осуществляют в одной ванне с заменой горячего расплава холодным.

2. Прогрев и пропитку проводят в одной ванне; детали из древесины оставляют в горячем расплаве до остывания его не ниже температуры 120 °С.

3. Прогрев и пропитку выполняют в двух ваннах с переносом пропитываемых материалов из одной ванны в другую.

При защитной обработке древесины серой наиболее приемлем первый вариант, что подтверждено экспериментальными исследованиями и производственными испытаниями [3, 7]. Попытки быстро охладить расплав воздушным обдувом при помощи вентиляторов положительных результатов не дали. Перенос деталей из горячей ванны в холодную хотя и обеспечил наибольшую скорость перепада температуры, однако, технологически оказался неудобным. Таким образом, способ замены горячего расплава холодным в одной ванне представляется наиболее перспективным.

Для реализации этого способа разработана пропиточная установка (рис. 1), состоящая из трехкамерной ванны с теплоизолированными перегородками 4. Каждая камера имеет самостоятельное нагревательное устройство 3 (ТЭНы мощностью 1,6 и 2,5 кВт), включенные в систему автоматического регулирования режима пропитки. Ванна установлена на фундамент 2 и имеет наружную обшивку 1.

Технология пропитки в предлагаемой ванне такова, что позволяет одновременно использовать все три камеры. Контейнер с пакетом изделий 7 опускают в свободную камеру А и закрепляют против всплытия упорами 8. В камере В находится горячий (150 °С), а в камере В холодный (120 °С) расплав. При помощи насоса 10 горячий расплав через фильтр 9 перекачивают в камеру А для прогрева деревянных изделий, находящихся в контейнере. В освободившуюся камеру В опускают следующий контейнер. После выхода паровоздушной смеси из древесины в камере А с горячим расплавом включают насос, холодный расплав из камеры В перекачивают в камеру А снизу. Благодаря разности температур и неодинаковой плотности расплавов, происходит их замена. Горячий расплав, оттесненный холодным, через сливное отверстие 6 в теплоизолированной перегородке переливается в камеру В, где установлен контейнер с подготовленными деталями. В освободившуюся камеру В помещают следующий контейнер. По окончании прогрева деревянных изделий в «горячей» камере В и одно-

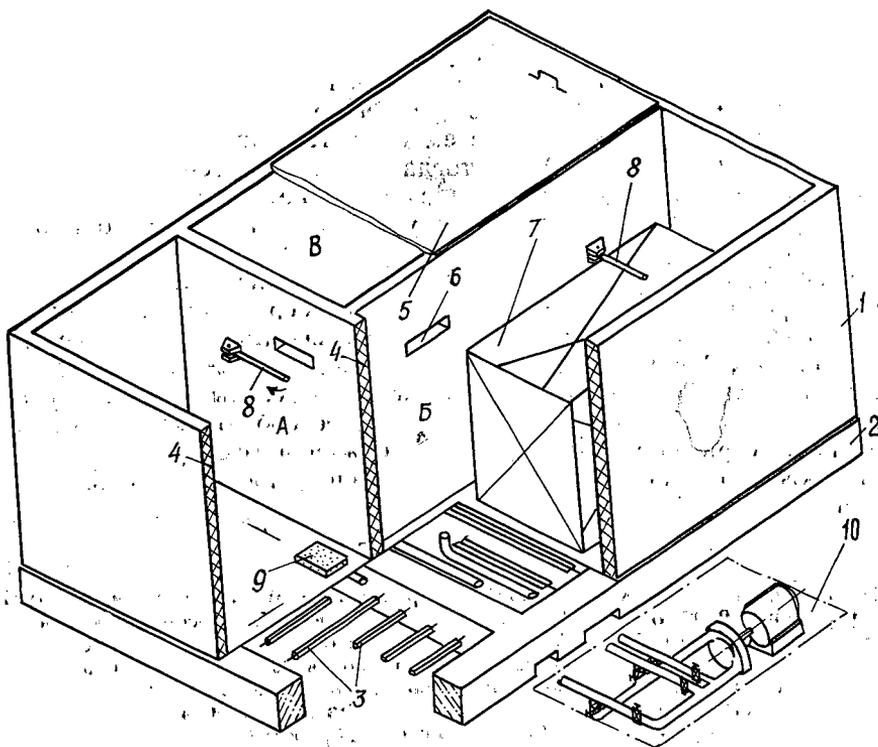


Рис. 1. Схема трехкамерной ванны ;

временно после остывания древесины в «холодной» камере А включают насос, и холодный расплав серы поступает в камеру Б, а горячий — в камеру В, где находится контейнер с непропитанными изделиями. Пока древесина прогревается в камере Б и остывает в камере В, происходит замена контейнера с пропитанными изделиями в камере А на новый. Таким образом технологический цикл полностью повторяется (рис. 2). Необходимая температура расплава в камерах поддерживается с помощью термодатчиков. Убыль серы, отмечаемая понижением ее уровня, восполняется либо добавлением серного порошка, либо запасного расплава.

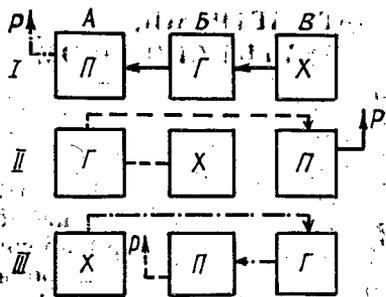


Рис. 2. Схема циклической работы камер (А, Б, В): П — подготовка камеры (погрузка и выгрузка контейнеров, чистка); Г — горячий расплав; X — холодный расплав; P — разгрузка пропитанных изделий; сплошная линия — операции I; пунктирная — II; штрих-пунктирная — III цикла

Пропиточная трехкамерная ванна работает в циклическом режиме с повышенной производительностью по сравнению с существующими установками.

Например, в г. Марнеули Грузинской ССР на заводской установке по пропитке виноградных стоек для создания режима прогрев — холодная ванна расплав серы с изделиями нагревают и охлаждают в одной и той же емкости, что приводит к потере производительности. На про-

питку изделий затрачивается в 2—2,5 раза больше времени, чем в трехкамерной установке.

Опробован также метод переноса пропитываемых изделий из горячей ванны в холодную [3]. Скорость перепада температуры в этом случае составляет 40...60 °С/ч по сравнению с 2...6 °С/ч при охлаждении расплава в одной и той же емкости. Поглощение серы древесиной достигает 400 кг/м<sup>3</sup> за 0,3 ч, тогда как при постепенном охлаждении то же количество серы древесина поглощает за 6...10 ч. Однако перенос изделий из одной ванны в другую связан с опасностью разбрызгивания расплава серы.

Трехкамерная установка обеспечивает безопасность производства работ по пропитке, так как выделение паров серы сводится к минимуму, поскольку в процессе пропитки камеры закрыты плотно съемными крышками (5). Расход материалов и энергии на 1 м<sup>3</sup> пропитываемых изделий в трехкамерной ванне ниже, чем в известных существующих установках с одной и двумя ваннами. Точнее соблюдаются технологические параметры пропитки (время выдержки и температура расплава), а также повышается качество пропитки и производительность установки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Горшин С. Н. Консервирование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— 273 с. [2]. ГОСТ 20022.6—86. Защита древесины. Пропитка способом прогрева — холодная ванна.— Введ. 01.07.87.— М.: Изд-во стандартов, 1986.— 6 с. [3]. Джимшелейшвили Г. С. Свойства древесины, пропитанной в расплаве серы, и применение изделий из нее на объектах Агропрома: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Тбилиси, 1988.— 26 с. [4]. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1987.— 328 с. [5]. Манзий С. А. Защитная обработка древесины и древесных материалов расплавом серы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Минск, 1986.— 16 с. [6]. Пропитка древесины серой / Ю. Н. Орловский, В. В. Панов, С. А. Манзий и др. // Стр-во и архитектура.— 1984.— № 6.— С. 76—80.— (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Технология защитной обработки деревянных изделий в расплаве серы / В. М. Хрулев, В. В. Горетый, А. П. Цукеркандель, Ж. Б. Бекболотов и др. // Архитектура и строительство Узбекистана.— 1990.— № 1.— С. 7—8.

Поступила 17 апреля 1990 г.

УДК 630\*812

### О ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С НЕСКОЛЬКИМИ ЕЕ ПАРАМЕТРАМИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫМИ НЕРАЗРУШАЕМЫМ СПОСОБОМ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ—

Архангельский лесотехнический институт

Теория и практика сортировки пиломатериалов по показателям физико-механических свойств основаны, главным образом, на достаточно тесной взаимосвязи модуля упругости ( $E$ ) с пределом прочности ( $\sigma$ ) древесины. Известны также устройства, оценивающие прочность досок по плотности древесины ( $\rho$ ). Как показали расчеты [1], для малых чистых образцов коэффициенты корреляции плотности и модуля упругости древесины с ее прочностью находятся в пределах 0,70...0,88 и 0,56...0,65 соответственно.

Интересен тот факт, что оба параметра ( $E$  и  $\rho$ ) между собой связаны довольно слабо. Это говорит о том, что физическая природа взаимосвязи плотности с прочностью иная, чем модуля упругости с прочностью. Повышение прочности с увеличением плотности — явление общеизвестное. Оно вызвано тем, что при постоянной площади рабочего се-

чения образца фактическая площадь возрастает с увеличением плотности древесины. Тот факт, что повышение плотности не обязательно приводит к увеличению модуля упругости вдоль волокон древесины, показывает, что  $E$  главным образом зависит от структуры волокон и в меньшей мере — от их числа в единице объема. Следовательно, совместное применение в расчетах двух параметров может увеличить точность прогнозирования прочности материала, так как даст возможность учесть пористость древесины и качество ее волокон.

Связь между прочностью  $\sigma$ , плотностью  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) и модулем упругости  $E$  (кН/мм<sup>2</sup>) древесины выражена уравнениями множественной регрессии двух типов:

линейным

$$\sigma = a + b\rho + cE \quad (1)$$

и степенным

$$\sigma = a\rho^b E^c. \quad (2)$$

Уравнение (2) было приведено к линейному виду

$$\ln \sigma = \ln a + b \ln \rho + c \ln E. \quad (3)$$

При определении неизвестных величин  $a$ ,  $b$ ,  $c$  использовали теорию множественной линейной корреляции [3] и выполнили расчеты для малых чистых образцов по данным [2].

Алгоритм расчета имеет следующий вид:

- |  |  |
|--|--|
| 1. $M_{x_1} = \Sigma x_1/n;$                             | 14. $b_1 = S_{x_1y}/S_{x_1};$  |
| 2. $M_{x_2} = \Sigma x_2/n;$                             | 15. $a_1 = M_y - b_1 M_{x_1};$   |
| 3. $M_y = \Sigma y/n;$                                   | 16. $b_2 = S_{x_2y}/S_{x_2};$  |
| 4. $S_{x_1} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)^2;$                 | 17. $a_2 = M_y - b_2 M_{x_2};$   |
| 5. $S_{x_2} = \Sigma (M_{x_2} - x_2)^2;$                 | 18. $b = \frac{S_{x_2y} S_{x_1x_2} - S_{x_1y} S_{x_2}}{S_{x_1x_2}^2 - S_{x_1} S_{x_2}};$ |
| 6. $S_y = \Sigma (M_y - y)^2;$                           | 19. $c = (S_{x_1y} - b S_{x_1})/S_{x_1x_2};$   |
| 7. $S_{x_1y} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)(M_y - y);$         | 20. $a = M_y - b M_{x_1} - c M_{x_2};$   |
| 8. $S_{x_2y} = \Sigma (M_{x_2} - x_2)(M_y - y);$         | 21. $y_p = a + b x_1 + c x_2;$   |
| 9. $S_{x_1x_2} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)(M_{x_2} - x_2);$ | 22. $M_{y_p} = \Sigma y_p/n;$  |
| 10. $r_{x_1y} = S_{x_1y}/\sqrt{S_y S_{x_1}};$            | 23. $S_{y_p} = \Sigma (M_{y_p} - y_p)^2;$  |
| 11. $r_{x_2y} = S_{x_2y}/\sqrt{S_y S_{x_2}};$            | 24. $S_{y_p y} = \Sigma (M_{y_p} - y_p)(M_y - y);$                                       |
| 12. $t_{x_1y} = \sqrt{r_{x_1y}^2 (n-2)/(1-r_{x_1y}^2)};$ | 25. $R = S_{y_p y}/\sqrt{S_y S_{y_p y}};$  |
| 13. $t_{x_2y} = \sqrt{r_{x_2y}^2 (n-2)/(1-r_{x_2y}^2)};$ | 26. $t = \sqrt{R^2 (n-2)/(1-R^2)}.$  |

Здесь  $x_1$  — первый параметр (например,  $\rho$ );  
 $x_2$  — второй параметр (например,  $E$ );  
 $y$  — отклик (предел прочности);  
 $n$  — число вариантов;  
 $M$  — средние арифметические;  
 $S$  — сумма квадратов отклонений (или сумма произве-

дений отклонений), отдельных вариант от их среднего арифметического;  
 $r$  — коэффициент парной линейной корреляции;  
 $t$  — критерий сравнения Стьюдента;

Уравнения связи							
	Линейные	$R$	$n$	Нелинейные	$R$	$n$	
Хвойные	$\sigma_{сж} = 9,71 + 0,071\rho_{12}$	$0,821 \pm 0,050$	42	$\sigma_{сж} = 0,360\rho_{12}^{0,777}$	$0,818 \pm 0,050$	42	
	$\sigma_{сж} = 21,2 + 2,27 E$	$0,638 \pm 0,091$	42	$\sigma_{сж} = 15,1 E^{0,462}$	$0,602 \pm 0,098$	42	
	$\sigma_{сж} = 3,03 + 0,058\rho_{12} + 1,24 E$	$0,880 \pm 0,034$	42	$\sigma_{сж} = 0,400\rho_{12}^{0,657} E^{0,274}$	$0,884 \pm 0,033$	42	
	$\sigma_{изг} = 11,12 + 0,136\rho_{12}$	$0,772 \pm 0,062$	42	$\sigma_{изг} = 0,328\rho_{12}^{0,881}$	$0,746 \pm 0,068$	42	
	$\sigma_{изг} = 20,1 + 5,60 E$	$0,771 \pm 0,062$	42	$\sigma_{изг} = 14,2 E^{0,724}$	$0,758 \pm 0,068$	42	
	$\sigma_{изг} = -9,80 + 0,095\rho_{12} + 3,91 E$	$0,913 \pm 0,025$	42	$\sigma_{изг} = 0,403\rho_{12}^{0,645} E^{0,540}$	$0,893 \pm 0,031$	42	
	$\sigma_p = -1,85 + 0,194\rho_{12}$	$0,695 \pm 0,105$	24	$\sigma_p = 0,091\rho_{12}^{1,117}$	$0,717 \pm 0,100$	24	
	$\sigma_p = 13,8 + 6,97 E$	$0,744 \pm 0,091$	24	$\sigma_p = 9,2 E^{0,951}$	$0,770 \pm 0,082$	24	
	$\sigma_p = -2,14 + 0,085\rho_{12} + 4,79 E$	$0,769 \pm 0,083$	24	$\sigma_p = 0,889\rho_{12}^{0,494} E^{0,657}$	$0,798 \pm 0,073$	24	
	$\sigma_{сж} = 6,12 + 0,072\rho_{12}$	$0,891 \pm 0,029$	48	$\sigma_{сж} = 0,196\rho_{12}^{0,864}$	$0,913 \pm 0,023$	48	
Листвен- ные	$\sigma_{сж} = 17,1 + 3,08 E$	$0,696 \pm 0,074$	48	$\sigma_{сж} = 11,3 E^{0,622}$	$0,651 \pm 0,083$	48	
	$\sigma_{сж} = 1,70 + 0,060\rho_{12} + 1,08 E$	$0,911 \pm 0,024$	48	$\sigma_{сж} = 0,246\rho_{12}^{0,764} E^{0,174}$	$0,925 \pm 0,020$	48	
	$\sigma_{изг} = -8,44 + 0,170\rho_{12}$	$0,896 \pm 0,028$	48	$\sigma_{изг} = 0,095\rho_{12}^{1,076}$	$0,915 \pm 0,023$	48	
	$\sigma_{изг} = 11,1 + 7,88 E$	$0,757 \pm 0,061$	48	$\sigma_{изг} = 11,9 E^{0,872}$	$0,732 \pm 0,066$	48	
	$\sigma_{изг} = -22,70 + 0,131\rho_{12} + 3,49 E$	$0,935 \pm 0,018$	48	$\sigma_{изг} = 0,154\rho_{12}^{0,867} E^{0,362}$	$0,946 \pm 0,014$	48	
	$\sigma_p = 41,20 + 0,136\rho_{12}$	$0,681 \pm 0,100$	24	$\sigma_p = 1,33\rho_{12}^{0,705}$	$0,763 \pm 0,085$	24	
	$\sigma_p = 37,7 + 7,26 E$	$0,578 \pm 0,135$	24	$\sigma_p = 22,3 E^{0,685}$	$0,608 \pm 0,128$	24	
	$\sigma_p = 28,80 + 0,108\rho_{12} + 2,51 E$	$0,695 \pm 0,105$	24	$\sigma_p = 1,61\rho_{12}^{0,623} E^{0,139}$	$0,767 \pm 0,083$	24	

Примечание.  $\sigma_{сж}$  — изг,  $\sigma_p$  — пределы прочности древесины при сжатии, изгибе и растяжении;  $\rho_{12}$  — плотность древесины при влажности, 12 %.

$a, b, c$  — коэффициенты уравнений связи;

$y_p$  — расчетные значения отклика;

$R$  — коэффициент множественной линейной корреляции.

Программа для ЭВМ «Искра-1256» позволяет обрабатывать данные для трех рядов до 50 значений в каждом. Сначала рассчитывают коэффициенты линейного уравнения связи, затем исходные данные логарифмируют и определяют коэффициенты уравнения степенного вида. Уравнения связи пределов прочности древесины с плотностью и модулем упругости при изгибе для хвойных и лиственных пород приведены в таблице.

Как видно из таблицы, оценка прочности по двум параметрам дает лучшие результаты, чем по одному, а нелинейные уравнения более предпочтительны, чем уравнения прямой. Значит, оборудование, сортирующее пиломатериалы по физико-механическим свойствам, должно иметь устройства для измерения не только модуля упругости, но и плотности древесины.

Нелинейные уравнения множественной регрессии показывают, что влияние плотности на прочность выше, чем модуля упругости. Но в связи с тем, что задачу определения плотности древесины технически решить трудно, особенно при больших скоростях подачи пиломатериала, исследовали взаимосвязь предела прочности при изгибе с твердостью древесины. Получены следующие уравнения при  $n = 50$ :

линейные

$$\sigma_{\text{изг}} = 43,7 + 4,63E; \quad R = 0,582;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 31,8 + 3,16E + 0,700T; \quad R = 0,908;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 62,2 + 0,797T; \quad R = 0,823;$$

нелинейные

$$\sigma_{\text{изг}} = 30,8E^{0,462}; \quad R = 0,525;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 27,2T^{0,344}; \quad R = 0,845;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 13,4E^{0,342}T^{0,316}; \quad R = 0,930.$$

Здесь  $T$  — радиальная твердость в Н/мм<sup>2</sup>.

Высокая корреляция твердости с пределом прочности при изгибе позволяет рекомендовать  $T$  в качестве дополнительного (и более предпочтительного, чем плотность) параметра для оценки прочности пиломатериалов. Основным параметром, однако, должен оставаться модуль упругости при изгибе  $E$ , так как он, в отличие от  $\rho$  и  $T$ , реагирует на наличие структурных неоднородностей в пиломатериалах. Например, в зоне сучков  $E$  снижается, как и предел прочности, хотя плотность и твердость сучков выше, чем окружающей древесины.

Таким образом, исследование взаимосвязи показателей древесины малых чистых образцов выявило предпочтительность двухпараметрической оценки пределов прочности древесины. К основному параметру — модулю упругости при изгибе — следует добавить твердость или плотность древесины, которые позволяют повысить корреляцию, т. е. точность оценки прочности пиломатериалов неразрушающим способом. Конкретные уравнения связи для малых образцов, приведенные в таблице, конечно, не пригодны для пиломатериалов. Здесь требуется проведение дополнительных исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Волюнский В. Н. Плотность и модуль упругости как критерии прочности чистой древесины. // Лесн. журн.—1983.—№ 4.—С. 76—80.—(Изв. высш. учеб.

заведений). [2]. ГСССД 69—84. Таблицы стандартных справочных данных. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 30 с. [3]. Езёкел М., Фокс К. Методы анализа корреляций и регрессий (линейных и криволинейных).— М.: Статистика, 1966.— 580 с.

Поступила 5 декабря 1989 г.

УДК 674.815.41:613.63

## ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО В ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТАХ

Е. М. РАЗИНЫКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Для проверки предположения о существовании в древесностружечных плитах отвержденной массы связующего в пористом состоянии было проведено два вида опытов: непосредственно на образцах плит и на моделях с разными типами связующего.

Для проведения исследований использовали плиты трехслойной конструкции на карбамидоформальдегидном связующем (смола марки КФ-МТ, содержащая в качестве отвердителя хлористый аммоний). Их плотность — 700 кг/м<sup>3</sup>. Температура прессования составила 170 °С, продолжительность — 0,32 мин на 1 мм толщины готовой плиты, давление — 2,5 МПа. Микроснимки поверхности плит методом растровой электронной микроскопии были получены в различных сечениях за зоной микротомирования образцов (в углублениях, где микротомирование не приводило к нарушению целостности плиты).

На рис. 1 представлен участок соприкасающихся между собой стружек с нанесенным на их поверхность и отвержденным связующим. Несмотря на сравнительно небольшое увеличение, в отвержденной массе связующего хорошо видны участки бугристой поверхности, где находятся пузыри, образованные при кипении влаги в связующем. Внутри пузырей сосредоточена парогазовая смесь, в состав которой входит вредный для человека формальдегид. В некоторых местах пузыри сохраняют свою целостность, в других они лопаются, как изображено на рис. 2. При этом уменьшается площадь покрытия связующим поверхности древесных частиц.

При значительном увеличении (5500 раз) в отвержденной массе связующего видны полости лопнувших пузырей (см. рис. 3, левая

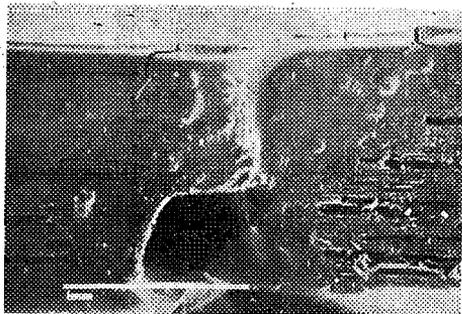


Рис. 1. Микроснимок участка поверхностей соприкасающихся древесных частиц во внутреннем слое плиты с отвержденным на них связующим (увеличение микроскопа 52 раза)

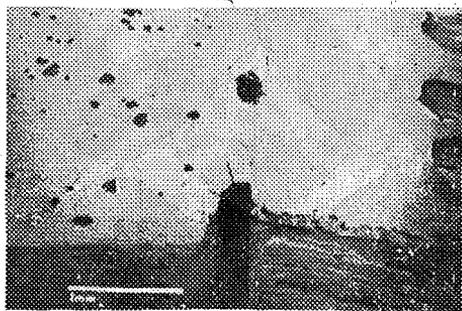


Рис. 2. Микроснимок участка поверхностей соприкасающихся между собой древесных частиц в плите с отвержденным на них связующим (увеличение микроскопа 34 раза)

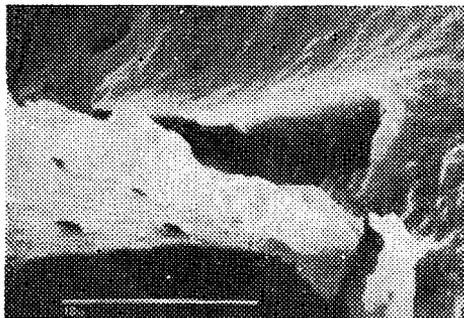


Рис. 3. Микроснимок отвержденного связующего в плите с видом полостей лопнувших газовых пузырей (увеличение микроскопа 5500 раз)

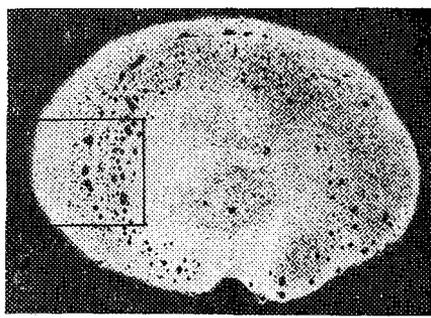


Рис. 4. Микроснимок КФС, отвержденного в холодном состоянии

часть), а также бугристая поверхность, представляющая собой скопления пузырей (правая часть).

Второй вид опытов проведен на моделях с карбамидоформальдегидным (КФС) и фенолоформальдегидным (ФФС) связующим. В качестве ФФС использовали смолу марки СФЖ-3014. Растворы с массовой долей связующего 60 и 48 % наносили на поверхность стекол в виде капель с первоначальным диаметром 0,7...1,0 мм. Каплю накрывали другим стеклом и зажимали между двумя стеклами микрометром так, чтобы толщина клеевого слоя составляла 50 мкм. В таком состоянии клеевой слой подвергали термообработке в сушильном шкафу при температуре 105...180 °С в течение 5...15 мин. Для сравнения готовили образцы КФС, отверждение которых проходило при комнатной температуре (24 °С). После отверждения слой связующего вместе со стеклами помещали в электронный микроскоп для получения микроснимков.

Результаты показали, что процесс отверждения связующего даже в холодном состоянии сопровождается образованием пустот различных размеров. Как видно из рис. 4, пустоты, больших размеров распределяются на поверхности капли как бы по кольцу, которое находится между периферией и центральной частью поверхности.

При использовании термообработки процесс отверждения связующего также сопровождается образованием пустот, однако, их распределение по поверхности капли по сравнению с первым случаем будет другим. Сначала, под воздействием температуры, влага испаряется с периферийной зоны капли, образуя корку, которая препятствует выходу парогазовой смеси. В результате этого она сосредоточивается в центральной части отверждаемой капли и образует там пустоты большой величины. При продолжительном воздействии температуры оболочки пузырей (пустот) в КФС сближаются между собой, образуя своеобразную структурно-механическую решетку.

Процесс отверждения ФФС в основном аналогичен процессу отверждения КФС, но есть и некоторые различия. Аналогия состоит в том, что при отверждении ФФС пустоты в отверждаемой массе также образуются. Однако в отличие от отверждения КФС отверждение ФФС даже при температуре 140 °С в течение 10 мин не приводит к образованию на периферии капли корки, препятствующей выходу парогазовой смеси. Корка, если и образуется, то при более высоких температурах (170 °С и выше). Причем, прочность и жесткость отдельных участков такой корки в ФФС, видимо, не настолько высокая, чтобы в полной мере препятствовать выходу парогазовой смеси из центральной зоны капли за пределы клеевого слоя. Степень завершенности реакции отверждения (степень отверждения) ФФС можно наблюдать на микроснимках цветного изображения. При температуре 105 °С основная масса отвержденного олигомера имеет розовый цвет, а при 140 и 170 °С она уже пере-

ходит из розового в темно-желтый и даже в темно-коричневый в зависимости от продолжительности воздействия температуры. После термообработки ФФС в течение 15 мин при 170 °С цветовая гамма еще более сгущается.

На рис. 5 приведен участок ФФС в отвержденном состоянии. Оболочки парогазовых пузырей в этом виде связующего между собой соприкасаются в значительно меньшей степени или практически не сближаются и не образуют такой структурно-механической решетки, как в отвержденной массе КФС. При выходе из пузырей парогазовая смесь разрывает их оболочку и устремляется к периферии капли, продельывая в отвержденной массе связующего своеобразные каналы, являющиеся для нее трещинами (см. рис. 5). Они хорошо видны на микроснимках отвержденной массы как КФС, так и ФФС. В конечном счете участки отвержденной массы связующих, даже при сравнительно невысоких температурах (105 и 140 °С), имеют значительные разрушения.

Анализ полученных результатов показывает, что процесс отверждения исследованных видов связующих имеет много общего с физикой кристаллизации жидкостей [1, 2], которая в настоящее время изучена в большей степени, чем физика отверждения исследованных олигомеров. Согласно закону кристаллизации жидкостей граница между жидкой и кристаллизующейся (твердой) фазой (фронт кристаллизующейся массы) должен двигаться в сторону жидкой фазы. Аналогичный процесс наблюдали и в случае отверждения наших олигомеров; сначала на периферии отверждаемых капель связующего (особенно КФС) образуется твердая фаза (корка), затем отверждаемая масса связующего движется в сторону жидкой фазы.

В отверждаемой массе олигомера находится воздух как в растворенном, так и в свободном виде (получен олигомером при его впрыскивании в смеситель, взят из зон углублений поверхности древесных частиц и т. п.). Кроме воздуха в массе олигомера присутствуют и другие газы (формальдегид или фенол, аммиак и др.), которые выделяются при отверждении. Поскольку воздуха и газов в жидкой фазе отверждаемого олигомера будет растворяться больше, чем в твердой (отверждающейся), то перед движущимся фронтом газы должны накапливаться.

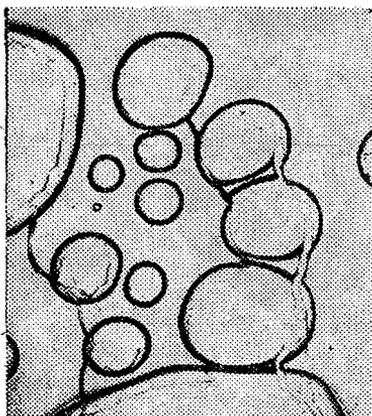


Рис. 5. Микроснимок участка отвержденного ФФС с образующимися при отверждении парогазовыми пузырями и каналами движения парогазовой смеси

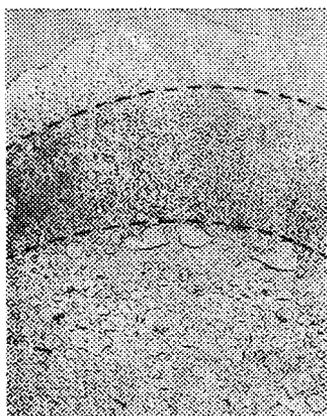


Рис. 6. Микроснимок части рис. 4 с видом зон или колец (условно обозначены пунктирными линиями), поверхность которых содержит пустоты различных размеров

Образующийся в процессе кипения жидкости пар будет увеличивать количество газовой смеси. Кипение сопровождается образованием газовых пузырьков. В этом случае, если следовать аналогии кристаллизации жидкостей, накапливаемая и перемещаемая перед фронтом отверждающейся массы олигомера газовая смесь, достигая своего предельного значения, поглощается газовыми пузырьками. При движении фронта последние захватываются отверждающейся массой олигомера и остаются (как бы «замораживаются») в ней. Для нового образования замороженных пузырьков необходимо, чтобы фронт массы олигомера прошел определенное расстояние до момента, когда движущаяся перед ним газовая смесь снова достигла своего предельного значения. Газовые пузырьки должны поглотить эту смесь и остаться в отверждающейся массе олигомера. При этом концентрация газа перед движущимся фронтом должна упасть. Этот процесс будет продолжаться до тех пор, пока степень завершенности реакции отверждения олигомера не достигнет своего максимального значения.

Если допустить, что процесс отверждения исследованных олигомеров будет проходить как описано выше или близко к нему, то образование пузырьковой зоны (зоны пустот) в отверждающейся массе олигомера должно происходить периодически. При этом газовые включения (пустоты) в массе олигомера располагаются кольцами, ширина которых определяется длиной пути, пройденного фронтом отверждающегося олигомера. Подтверждением образования таких колец может быть рис. 6, который получен при увеличении участка рис. 4, заключенного в прямоугольник. Следовательно, отвержденная масса связующего должна представлять собой не сплошной монолит, как это считалось ранее [4, 5], а насыщенную пустотами пористую массу. Внутри таких пустот находится, как уже указывалось ранее, парогазовая смесь.

Вопрос об отрицательном влиянии газовых пузырьков на когезионную прочность связующего является довольно актуальным, поскольку структурная связь между древесными частицами в плите в значительной мере зависит и от этого показателя. Предположение, что когезионная прочность тела, содержащего газы, будет уменьшаться пропорционально изменению живого сечения в зоне разрушения, несомненно, так как наличие пузырьков в еще большей степени снижает прочность тела [1, 3]. Дело в другом. До некоторого напряжения пузырек в массе жидкости или твердого тела стремится восстановить свой размер и, таким образом, сопротивляется действию растягивающих его напряжений. При некоторой величине напряжений пузырьки, увеличиваясь, теряют устойчивость и расчлениют тело. Чем больше был пузырек, тем более слабым местом он окажется в момент нагружения образца, тем меньшую когезионную прочность будет иметь тело [1, 3]. Естественно, что находящиеся в отвержденной массе связующего парогазовые пузырьки не могут расчленить его до полного разрушения, однако, являясь причиной образования в связующем трещин они могут, что и показано нами в экспериментах.

#### Выводы

1. Применяемые в производстве древесностружечных плит карбамидо- и фенолоформальдегидные связующие в отвержденном состоянии представляют собой пористую массу. Образование пустот происходит в связующем, отверждение которого проходит даже в холодном состоянии.

2. Отверждение участков связующего (особенно КФС) начинается с периферии этих участков и фронт отверждения движется к центру, препятствуя дальнейшему выходу олигомеров парогазовой смеси. В конечном счете отвержденная масса связующего имеет в себе не только

поры (пустоты), но и трещины, которые отрицательно влияют на когезионную прочность связующего.

3. Процесс отверждения исследованного КФС имеет схожесть с процессом кристаллизации жидкостей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Гегузин Я. Е. Живой кристалл.— М.: Наука, 1987.— 19 с. [2]. Гегузин Я. Е. Очерки о диффузии в кристаллах.— М.: Наука, 1970.— 179 с. [3]. Гегузин Я. Е. Пузыри.— М.: Наука, 1985.— 175 с. [4]. Жуков В. П. Технология склеивания древесины.— Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981.— 79 с. [5]. Поздняков А. А. Прочность и упругость композиционных древесных материалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1988.— 133 с.

Поступила 11 сентября 1990 г.

УДК [621.867.8 : 628.83] : 674

### ОСТАТОЧНАЯ КОНЦЕНТРАЦИЯ ПЫЛИ В ОЧИЩЕННОМ ВОЗДУХЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЦИКЛОНОВ ТИПА УЦ

Н. А. ГРУБЕ, Г. И. ЯКОВЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Научно-обоснованный расчет высокоэффективных пылеулавливающих средств позволяет осуществлять их рациональный выбор. При этом ограничение выброса пыли в атмосферу, с учетом санитарных норм, проводится при минимальных энергозатратах.

В статье приведены результаты научно-исследовательских работ по совершенствованию конструкций циклонов, изучению их эксплуатационных характеристик, созданию методик расчета и выбора циклонов для деревообрабатывающей промышленности.

Особое внимание уделяли очистке воздуха от наиболее трудноулавливаемой древесной шлифовальной пыли. Было установлено, что фракционный состав пыли с размерами частиц 0...500 мкм подчиняется логнормальному закону распределения.

Дисперсионный состав шлифовальной пыли может быть выражен интегралом вероятности

$$\Phi(d_r) = F(t_1) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_1} e^{-t^2/2} dt,$$

где  $t_1$  — аргумент, определяемый по уравнению

$$t_1 = (\lg d_r - \lg d_m) / \lg \sigma_r;$$

$d_m$  и  $d_r$  — медианный и текущий диаметры частиц данного состава, поступающего на очистку;

$\sigma_r$  — стандартное отклонение в функции распределения частиц по размерам.

Зависимость для  $t_1$  можно также представить в виде

$$t_1 = k'_1 \lg k'_2 d_r.$$

Здесь  $k'_1$  — угловой коэффициент прямой,  $k'_1 = \operatorname{tg} \alpha = 1 / \lg \sigma_r$ ;

$$k'_2 = 1 / d_m;$$

$\alpha$  — угол между прямой графика функции логнормального распределения фракционной эффективности в логарифмически-вероятностной координатной сетке,

Исследования древесной пыли от различных пород, получаемой при различных режимах шлифования, показали, что более измельченному материалу соответствует меньший медианный диаметр  $d_m$ . Менее полидисперсный материал характеризуется большим углом  $\alpha$ .

При испытаниях циклонов типа УЦ для пыли, принятой в качестве базовой, найдено:  $d_m = 148$  мкм;  $k_1' = 2,8$ .

В целях унификации циклонов для деревообработки нами предложен типоразмерный ряд циклонов УЦ с наружным диаметром  $D$  от 1000 до 2000 мм и сменными выхлопными патрубками диаметром  $d$  (отношение  $d/D = 0,38; 0,45; 0,52; 0,59$ ).

Для оценки эффективности циклонов этого ряда был применен метод вероятностного подхода к процессу пылеулавливания. Согласно этому методу, фракционная эффективность очистки воздуха от пыли определяется интегралом вероятности

$$\eta_{\Phi}(d_r) = F(t_2) = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t_2} e^{-t^2/2} dt,$$

где  $t_2$  — аргумент, определяемый по уравнению

$$t_2 = (\lg d_r - \lg d_{50}) / \lg \sigma_{\eta_{\Phi}};$$

$d_{50}$  — диаметр частиц, улавливаемых в данном циклоне с эффективностью  $\eta = 50\%$ ;

$d_r$  — текущий диаметр частицы, поступающей на очистку;

$\sigma_{\eta_{\Phi}}$  — стандартное отклонение в функции распределения фракционной эффективности.

Зависимость для  $t_2$  можно также представить в виде

$$t_2 = k_1'' \lg k_2'' d_r.$$

Здесь  $k_1'' = \operatorname{tg} \alpha$  — угловой коэффициент прямой, определяющий сепарационные возможности циклона данной конструкции;

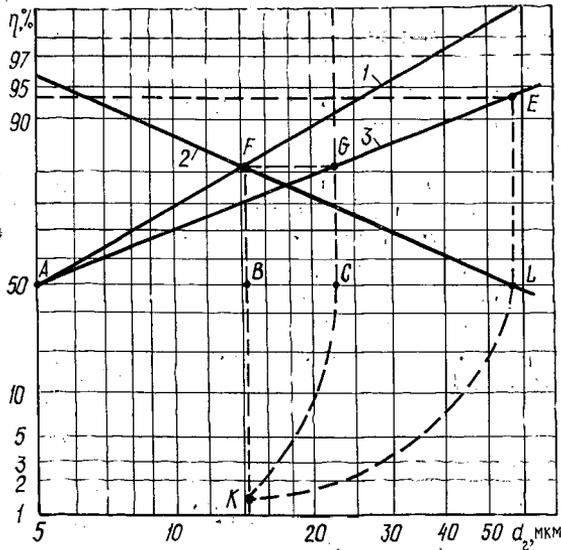
$k_2'' = 1/d_{50}$  — коэффициент, характеризующий размер частиц, улавливаемых данным циклоном с эффективностью 50%.

Эксперименты по исследованию эффективности циклонов УЦ позволили получить значения общей эффективности при работе на базовой шлифовальной пыли. Для отдельных циклонов определены значения фракционных эффективностей. Полученные данные являются исходными для построения на логарифмически-вероятностной координатной сетке характеристик фракционных эффективностей (см. рис.).

Обработка построенных графиков позволила определить значение коэффициента  $k_1'' = 2,93$ . В результате серии экспериментов были получены значения  $d_{50}$  для испытанных циклонов и построены фракционные характеристики для всей серии циклонов типа УЦ. Например, для циклонов УЦ-2000-IV и УЦ-1000-I  $d_{50}$  равен соответственно 20 и 7 мкм.

Значит, графо-аналитический метод расчета эффективности циклонов типа УЦ может быть применен при работе на шлифовальной пыли любого известного фракционного состава.

С этой целью на вероятностно-логарифмической координатной сетке наносим прямую линию 1 для предполагаемого к установке циклона, линию дисперсного состава пыли 2 и линию 3. Пересечение линий 1 и 3 обозначаем точкой А, прямых 2 и 3 — точкой L, прямых 1 и 2 — точкой F. Через точку F проводим вертикальную линию FBK, откладывая на ее продолжении от точки B отрезок BK = BL, а на линии 3 — отрезок AC = AK. Через точку C проводим вертикаль CG = FB; а через



Графическое определение общей эффективности пылеулавливания: 1 —  $\eta_{\phi}(d_r)$ ; 2 —  $\Phi(d_r)$ ; 3 —  $\eta = 50\%$

точки  $A$  и  $C$  — прямую линию, продолжение которой пересекает в точке  $E$  вертикаль, опущенную из точки  $L$ . Ордината  $E$  соответствует эффективности. В данном случае  $\eta \approx 93\%$ .

Если полученное значение общей эффективности не удовлетворяет, с учетом санитарных норм, требуемой эффективности, то следует переходить либо к модификации циклона с меньшим отношением  $d/D$ , либо к установке параллельно работающих циклонов меньшего  $D$ . Для определения энергоемкости рассматриваемого варианта значение коэффициента аэродинамического сопротивления циклона рассчитывают по зависимости  $\xi = 1,43 D / (d/D)^{1,712}$  (где  $D$  измеряется в метрах). Это дает возможность находить сопротивление циклона и делать окончательный выбор.

Поступила 27 июля 1989 г.

УДК 621.935

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КРИВОЛИНЕЙНЫХ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНОГО СТАНКА

Г. Ф. ПРОКОФЬЕВ, В. В. ГРИНЬКОВ

Архангельский лесотехнический институт  
ЦНИИМОД

Эффективность пиления древесины ленточными пилами можно значительно повысить при замене шкивов криволинейными направляющими, установленными над и под распиливаемым материалом. Для уменьшения трения пилы о направляющие к рабочим поверхностям, последних подводят сжатый воздух, образующий аэростатические опоры [2, 3]. Большое влияние на работоспособность ленточнопильных станков нового типа оказывают параметры аэростатических опор: конструкция и размеры, глубина микроканалов, диаметр отверстий поддува, давление подводимого воздуха, зазор между пилой и направляющими.

В результате экспериментальных исследований [4] выбран тип секции аэростатических направляющих. Для совершенствования аэростатических опор, обоснования параметров криволинейных направляющих, определения допустимой силы натяжения пилы и расхода воздуха, уточнения требований к точности подготовки полотна пилы были выполнены теоретические исследования.

На рис. 1 приведена часть развертки криволинейной аэростатической опоры, состоящей из отдельных секций шириной  $B$  и длиной  $L$ . Каждая секция включает замкнутую прямоугольную микроканавку со сторонами  $b$  и  $l$ . На серединах продольных сторон выполнены отверстия поддува диаметром  $d$ . Глубина микроканавки  $t$  имеет в сечении форму равностороннего треугольника.

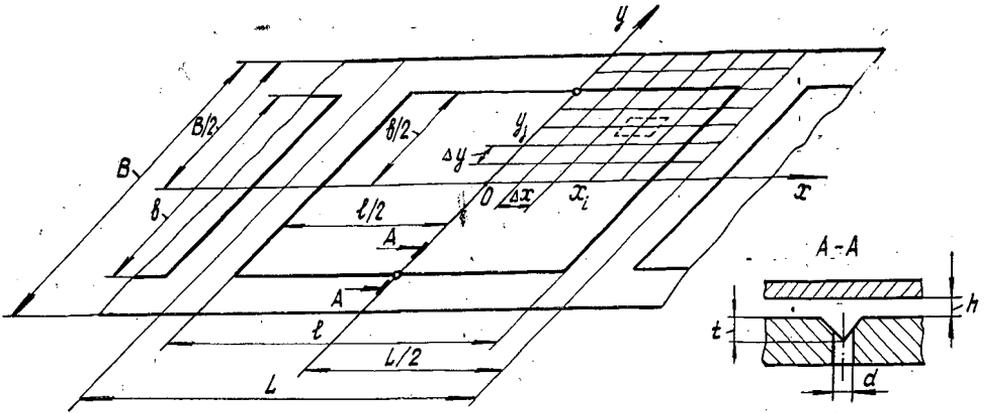


Рис. 1. Расчетная схема секции аэростатической опоры

В декартовой системе координат  $xOy$  с началом в центре опоры и осями, параллельными сторонам, нанесем сетку координатных линий:

$$x = x_i = i\Delta x; \quad y = y_j = j\Delta y,$$

где  $\Delta x = L/2k$  — шаг сетки в направлении оси  $x$ ;

$\Delta y = B/2n$  — шаг сетки в направлении оси  $y$ ;

$k, n$  — целые положительные числа, определяющие шаг сетки.

Расчет аэростатической опоры выполнен численным методом, разработанным в ЭНИМСе [5]. Он основан на аппроксимации поля давлений в опоре разностными алгебраическими уравнениями, которые могут быть получены из условия баланса расхода воздуха через элементарный прямоугольник:

$$x_i - \Delta x/2 \leq x \leq x_i + \Delta x/2; \quad y_j - \Delta y/2 \leq y \leq y_j + \Delta y/2.$$

Разностные уравнения имеют вид

$$a_{ij}P_{ij}^2 - b_{ij}P_{i+1,j}^2 - c_{ij}P_{i-1,j}^2 - d_{ij}P_{i,j+1}^2 - e_{ij}P_{i,j-1}^2 = f_{ij}. \quad (1)$$

Здесь  $P_{ij} = p_{ij}/p_a$  — относительное давление в точке с координатами  $x_i$  и  $y_j$ ;

$p_{ij}$  — давление воздуха в точке с координатами  $x_i$  и  $y_j$ , МПа;

$p_a$  — атмосферное давление, МПа.

Коэффициенты при неизвестных в уравнении (1) зависят от наличия и расположения микроканалов на рассматриваемом участке и приведены в табл. 1.

Таблица 1

Схемы участков опоры	Коэффициенты разностных уравнений
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + 2K/\Delta x$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + K/\Delta x$ $b_{ij} = \Delta x/\Delta y$ $c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + 2K/\Delta y$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y + K/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y + K/\Delta x + K/\Delta y$ $b_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $c_{ij} = \Delta y/\Delta x + K/\Delta x$ $d_{ij} = \Delta x/\Delta y$ $e_{ij} = \Delta x/\Delta y + K/\Delta y$
	$a_{ij} = 2\Delta y/\Delta x + 2\Delta x/\Delta y$ $b_{ij} = c_{ij} = \Delta y/\Delta x$ $d_{ij} = e_{ij} = \Delta x/\Delta y$

Примечание.  $K = 0,231 \frac{t^4}{Bh^3}$  — безразмерный параметр микроканалки.

В точке поддува свободный член  $f_{ij}$  определяется по формуле

$$f_{ij} = \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a \rho_a}} \sqrt{1 - \left(\frac{p_d}{p_s}\right)^4}, \quad (2)$$

где  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости воздуха,  $\mu = 17,95 \times 10^{-6}$  Па·с;  
 $\rho_a$  — плотность атмосферного воздуха,  $\rho_a = 1,2$  кг/м<sup>3</sup> при  $t = 20$  °С и  $p_a = 9,81 \cdot 10^4$  Па;  
 $d$  — диаметр отверстий поддува, м;  
 $h$  — зазор между пилой и опорой, м;  
 $p_d$  — давление воздуха в точке поддува, Па;  
 $p_s$  — абсолютное давление подводимого воздуха, Па.

В остальных точках  $f_{ij} = 0$ .

Для упрощения решения уравнений (1) вводим новую переменную

$$U_{ij} = (P_{ij}^2 - 1) / f_{ij}. \quad (3)$$

Учитывая, что  $a_{ij} - b_{ij} - c_{ij} - d_{ij} - e_{ij} = 0$ , получаем линейные уравнения:

$$a_{ij}U_{ij} - b_{ij}U_{i+1,j} - c_{ij}U_{i-1,j} - d_{ij}U_{i,j+1} - e_{ij}U_{i,j-1} = \delta_{ij}, \quad (4)$$

где  $\delta_{ij} = 1$  — в точке поддува;  $\delta_{ij} = 0$  — в остальных точках.

Так как опора имеет две оси симметрии, достаточно рассматривать давление на 1/4 опоры. Это соответствует изменению индексов в пределах  $0 \leq i \leq k$ ,  $0 \leq j \leq n$ . Таким образом, для определения поля давления в опоре необходимо решать систему  $(k+1)n$  уравнений (4) с учетом того, что в  $k+1$  точках давление на контуре  $p_{in} = 1$  и  $U_{in} = 0$ . Давление воздуха в точках с координатами  $x_i$  и  $y_j$  находим по формуле

$$p_{ij} = p_a \sqrt{\left[1 + \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a p_a}} \sqrt{1 - (p_d/p_s)^4}\right] U_{ij}}.$$

Удельную подъемную силу определяем по формуле [4]

$$K_n = -p_a + \sum_1^z p_{ij}/z,$$

где  $z$  — количество точек аэростатической опоры, в которых определены значения  $p_{ij}$ .

Систему уравнения (4) решали на ЭВМ ЕС-1022 методом последовательных смещений Гаусса — Зейделя [1] для секции аэростатической опоры ленточнопильного станка, имеющей следующие размеры при  $k=9$ ,  $n=10$  и коэффициенте истечения воздуха 0,85:  $L=108$  мм;  $B=100$  мм;  $b=60$  мм;  $l=96$  мм;  $t=0,4$  мм.

Для нахождения функции истечения воздуха через отверстие поддува  $\Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right)$  и давления воздуха в точке поддува  $p_d$  решали систему уравнений относительно  $p_d$  до заданной точности ( $\epsilon = 0,001$ ):

$$\begin{cases} p_d = p_a \sqrt{\left[1 - \frac{12,9\mu d^2}{h^3 \sqrt{\rho_a p_a}} \Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right)\right] Ud}; \\ \Theta\left(\frac{p_d}{p_s}\right) = \sqrt{1 - (p_d/p_s)^4}. \end{cases}$$

По результатам расчетов при  $p_s = 0,6$  МПа;  $d = 0,6$  мм;  $h = 3 \cdot 10^{-2}$  мм;  $t = 0,4$  мм построены поля давлений для секций опоры (рис. 2). Максимальное давление приходится на участки, расположенные около отверстий поддува. Для изолированной секции (рис. 2, а) давление воздуха быстро падает по мере приближения к краям. Когда аэростатическая опора состоит из ряда секций, то на границе между секциями давление примерно на 2/3 ширины опоры поддерживается постоянным и составляет более 70 % от максимального давления в зоне отверстий поддува (рис. 2, б). Для ленточных пил, огибающих криволинейные направляющие, такая конструкция наиболее целесообразна. В целях повышения несущей способности аэростатических опор необходимо уменьшать зазор  $h$  и увеличивать глубину микроканалов  $t$ . Однако минимальный зазор определяется точностью изготовления поверхности опор и подготовкой полотен пил. Увеличение глубины микроканавки может привести к вибрации типа «пневмомолоток». Исследованиями, проведенными в ЭНИМСе [5], установлено, что для обеспечения устойчивости двухканавочной секции необходимо соблюдение следующего условия:

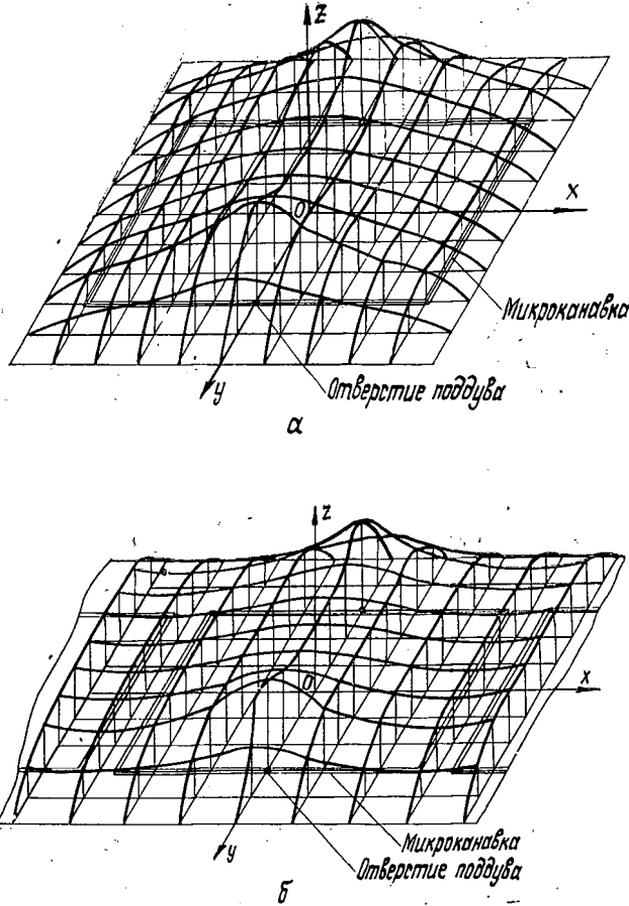


Рис. 2. Характер распределения давления воздуха в зазоре между пилой и изолированной (а) и неизолированной (б) секциями аэростатической опоры

$$t < \sqrt{0,173 \frac{\lambda_1 B h}{\lambda_1 - 6\lambda_2 + 2}},$$

где

$\lambda_1 = L/B$  — относительная длина секции опоры;

$\lambda_2 = B_2/B$  — относительное расстояние от продольной микроканавки до контура секции;

$B_2$  — расстояние от продольной микроканавки до контура секции.

Для принятых значений  $L$ ,  $B_2$  и  $B$  имеем  $\lambda_1 = 1,08$  и  $\lambda_2 = 0,2$ , тогда виброустойчивость опоры обеспечивается условием  $t < 3,15 \sqrt{h}$ . При  $h = 3 \cdot 10^{-2}$  мм глубина микроканавки  $t < 0,54$  мм, а при минимальном зазоре  $h = 2 \cdot 10^{-2}$  мм  $t < 0,44$  мм. Для создания условий виброустойчивости выбираем  $t = 0,4$  мм.

В табл. 2 приведены значения удельной подъемной силы  $K_n$ , подъемной силы секции опоры  $Q$  и расхода воздуха одной секции  $W_n$  в зависимости от величины зазора  $h$ , давления подводимого воздуха  $p_s$  и диаметра отверстий поддува  $d$  (при  $t = 0,4$  мм). По данным этой таблицы на рис. 3 построены графики, позволяющие выявить зависимости

Таблица 2

Показатели	Абсолютное давление подводящего воздуха, МПа	Значения показателей при зазоре 0,03 мм и диаметре отверстий поддува, мм				Значения показателей при диаметре отверстий поддува 0,6 мм и зазоре, мм		
		0,5	0,6	0,7	0,8	0,04	0,05	0,06
Удельная подъемная сила, МПа	0,4	0,094	0,115	0,134	0,149	0,066	0,039	0,025
	0,5	0,111	0,140	0,165	0,189	0,079	0,048	0,030
	0,6	0,128	0,161	0,192	0,219	0,092	0,056	0,036
	0,7	0,144	0,180	0,216	0,249	0,103	0,063	0,041
Подъемная сила одной секции опоры, кН	0,4	1,015	1,242	1,449	1,610	0,711	0,425	0,269
	0,5	1,204	1,509	1,782	2,016	0,858	0,515	0,328
	0,6	1,387	1,743	2,076	2,359	0,991	0,630	0,389
	0,7	1,554	1,956	2,338	2,685	1,115	0,679	0,438
Расход воздуха одной секции опоры, м <sup>3</sup> /мин	0,4	0,017	0,020	0,024	0,029	0,022	0,022	0,022
	0,5	0,020	0,026	0,033	0,040	0,028	0,028	0,028
	0,6	0,023	0,032	0,042	0,051	0,034	0,034	0,034
	0,7	0,027	0,038	0,049	0,062	0,040	0,040	0,040

между  $K_n$ ,  $W_n$  и  $p_s$  ( $t = 0,4$  мм;  $h = 0,03$  мм), а на рис. 4 — между  $K_n$  и  $h$  ( $t = 0,4$  мм;  $d = 0,6$  мм).

Из приведенных рисунков видно, что на подъемную силу оказывают влияние давление подводящего воздуха, диаметр отверстий поддува и зазор между пилой и направляющими. Так, при  $p_s = 0,6$  МПа,  $d = 0,6$  мм и  $t = 0,4$  мм с уменьшенным зазором от 0,06 до 0,03 мм, т. е. в 2 раза, удельная подъемная сила возрастает от 0,036 до 0,161 МПа, т. е. в 4,5 раза. При этом расход воздуха практически не меняется. Следовательно, необходимо стремиться работать при малых зазорах между пилой

Рис. 3. Зависимости удельной подъемной силы  $K_n$  (сплошные линии) и расхода воздуха  $W_n$  (штриховые линии) одной неизолированной секции аэростатической опоры от давления подводящего воздуха  $p_s$  при диаметре отверстия поддува: 1 — 0,5; 2 — 0,6; 3 — 0,7; 4 — 0,8 мм

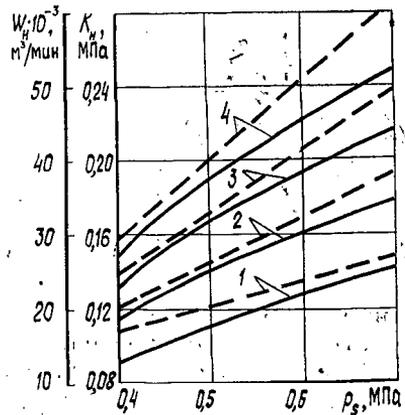
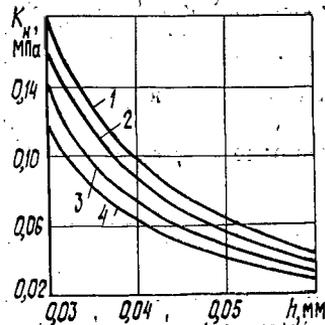


Рис. 4. Зависимость удельной подъемной силы  $K_n$  одной неизолированной секции аэростатической опоры от величины зазора между пилой и опорой  $h$  при давлении подводящего воздуха: 1 — 0,7; 2 — 0,6; 3 — 0,5; 4 — 0,4 МПа



и аэростатическими направляющими, что может быть достигнуто, в основном, за счет повышения точности подготовки полотна пилы.

Положительное влияние на подъемную силу оказывает диаметр отверстий поддува  $d$ , но еще в большей степени с увеличением  $d$  растет расход воздуха. Так, при увеличении  $d$  от 0,5 до 0,8 мм ( $p_s = 0,6$  МПа;  $h = 0,03$  мм;  $t = 0,4$  мм) удельная подъемная сила возрастает от 0,128 до 0,218 МПа, т. е. в 1,7 раза, а расход воздуха в одной секции опоры — от 0,023 до 0,051 м<sup>3</sup>/мин, т. е. в 2,2 раза.

С повышением давления подводимого воздуха  $p_s$  от 0,4 до 0,7 МПа ( $t = 0,4$  мм;  $h = 0,03$  мм;  $d = 0,6$  мм) удельная подъемная сила возрастает от 0,105 до 0,180 МПа, т. е. в 1,6 раза, а расход воздуха в одной секции — от 0,020 до 0,038 м<sup>3</sup>/мин, т. е. в 1,9 раза.

Из приведенных примеров видно, что для увеличения подъемной силы необходимо, в первую очередь, идти на уменьшение зазора. Для дальнейшего ее роста можно повышать давление подводимого к опоре воздуха или, в крайнем случае, увеличить диаметр отверстий поддува.

У криволинейных аэростатических направляющих с радиусом  $R$  удельная подъемная сила  $K_n$  действует радиально от центра кривизны направляющих. Результирующая подъемная сила  $Q$  уравнивается силой натяжения пилы  $2N$ , т. е.  $Q = 2N$ . Определяем силу натяжения одной ветви  $N$ , при которой обеспечивается заданный зазор между пилой и направляющей  $h$  (заданы  $p_s$  и  $d$ ). Схема сил, действующих на аэростатическую опору, показана на рис. 5. Проектируя их на ось  $y$ , получаем уравнение равновесия сил:

$$K_n B R \int_0^\pi \sin \alpha da - 2N = 0,$$

откуда,

$$N = K_n B R.$$

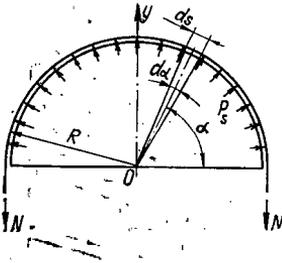


Рис. 5. Расчетная схема для определения допустимой силы натяжения ленточной пилы

Следовательно, для обеспечения такой силы натяжения пилы, при которой поддерживается заданный зазор и гарантируется высокая устойчивость пилы, необходимо повышать удельную подъемную силу, ширину опоры и радиус направляющих. Полученные материалы позволяют определять величину силы  $N$  для различных конструкций ленточнопильных станков ( $B$ ,  $R$ ) и условий их эксплуатации ( $p_s$ ,  $d$ ,  $t$ ,  $h$ ).

Например, для делительного ленточнопильного станка [3] с параметрами  $d = 0,6$  мм;  $R = 750$  мм;  $B = 100$  мм;  $h = 0,03$  мм и при избыточном давлении подводимого воздуха ( $p_s - p_n = p_n$ )  $p_n = 0,5$  МПа сила натяжения равна 12 кН. При зазоре  $h = 0,04$  мм сила натяжения должна быть снижена до 7,5 кН, что достаточно для точного и высокопроизводительного пиления.

В ленточнопильных станках для переработки бревен требуются более высокие силы натяжения пилы. Проведенные исследования позволяют выбирать  $d$ ,  $p_s$ ,  $h$ ,  $B$  и  $R$ , при которых будет обеспечена требуемая  $N$ .

Расход воздуха одной секции аэростатической направляющей при  $d = 0,6$  мм и избыточном давлении подводимого воздуха 0,4; 0,5 и 0,6 МПа соответственно равен 0,026; 0,032 и 0,038 м<sup>3</sup>/мин, а  $W_n$  для аналогичных условий, определенный экспериментальным путем на стенде [4], — 0,026; 0,032 и 0,037 м<sup>3</sup>/мин, т. е. теоретические и эксперимен-

тальные значения совпали. Расход воздуха одной секции опоры, определенный на экспериментальном ленточнопильном станке при аналогичных условиях, составил соответственно 0,031; 0,037 и 0,043 м<sup>3</sup>/мин (расхождение не более 20 %). Его можно объяснить тем, что при сверлении отверстий в рабочих поверхностях станка были использованы специальные приспособления, максимально снижающие биение сверла, а при сверлении отверстий в направляющих станка — обычные средства, что приводит к разбиванию отверстий. Так как при промышленном изготовлении ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими избежать этого явления трудно, то при выборе компрессора необходимо теоретический расход воздуха увеличить на 20 %.

Делительные ленточнопильные станки типа ЛД150-1Э и ЛСД150 [3] имеют 44 секции аэростатических опор. Общий расход воздуха при  $d = 0,6$  мм и  $p_n = 0,6$  МПа составляет 1,672 м<sup>3</sup>/мин. Увеличивая его на 20 %, получаем требуемую производительность компрессора 2,0 м<sup>3</sup>/мин.

При создании ленточнопильных станков для переработки бревен, как отмечалось ранее, требуются другие силы натяжения пилы и параметры опор ( $R$ ,  $p_n$ ,  $d$ ,  $t$ ,  $h$ ). В табл. 3 приведены теоретические значения расхода воздуха в аэростатических направляющих ленточнопильного станка ( $h = 0,03$  мм;  $t = 0,4$  мм).

Таблица 3

Диаметр отверстий поддува, мм	Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин, при радиусе криволинейных направляющих, мм, и избыточном давлении подводимого воздуха, МПа								
	500			750			1000		
	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6
0,5	0,58	0,67	0,78	0,88	1,01	1,19	1,16	1,33	0,60
0,6	0,75	0,93	1,10	1,14	1,41	1,67	1,51	1,86	2,20
0,7	0,96	1,22	1,42	1,45	1,85	2,16	1,91	2,44	2,84
0,8	1,16	1,48	1,80	1,76	2,24	2,73	2,32	2,96	3,60

### Выводы

1. Аэростатическая опора, состоящая из секций, непосредственно примыкающих друг к другу, значительно эффективнее опоры, состоящей из отдельных изолированных секций.

2. Глубину микроканавки  $t$  аэростатических направляющих следует принимать равной 0,4 мм.

3. Большое влияние на эффективность работы аэростатических направляющих оказывает величина зазора  $h$  между пилой и направляющими. Необходимо улучшать качество подготовки полотен пил и переходить на работу с зазорами в пределах 0,02... 0,03 мм.

4. Допустимая сила натяжения ленточной пилы делительного станка при  $d = 0,6$  мм;  $p_n = 0,5$  МПа и  $h = 0,04$  мм составляет 7,5 кН.

5. Величина зазора между пилой и аэростатической направляющей практически не влияет на расход воздуха.

6. Расход воздуха делительного ленточнопильного станка при  $d = 0,6$  мм;  $p_n = 0,6$  МПа и  $R = 750$  мм равен 1,672 м<sup>3</sup>/мин. При выборе компрессора этот показатель необходимо увеличивать на 20 %.

7. Величина подъемной силы зависит от ширины опоры. Увеличение ширины аэростатических направляющих и использование широких ленточных пил — резерв повышения эффективности ленточнопильных станков с криволинейными аэростатическими направляющими.

8. Приведенный метод может быть использован при расчетах аэростатических опор.

статических направляющих для рамных и круглых пил, а также элементов деревообрабатывающих станков.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах / Под ред. А. В. Петрова.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Высш. шк., 1984.— 320 с. [2]. Прокофьев Г. Ф. Пути повышения эффективности пиления древесины ленточными пилами: Обзор. инф.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1985.— 32 с. [3]. Прокофьев Г. Ф., Гриньков В. В. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим // Деревообаб. пром-сть.— 1988.— № 10.— С. 4—5. [4]. Прокофьев Г. Ф., Ходерян Б. А. Исследование аэростатических опор // Лесн. журн.— 1985.— № 3.— С. 118—121.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Шейнберг С. А. и др. Опоры скольжения с газовой смазкой.— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1979.— 336 с.

Поступила 29 мая 1989 г.

УДК 624.011.1

## ДОСТОВЕРНОСТЬ ПРОГНОЗА ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Е. Б. РЮМИНА, Г. Б. УСПЕНСКАЯ

ЦНИИМОД

Цель работы — изучить надежность элементов деревянных конструкций в течение заданного срока службы с помощью производственного контроля длительной прочности конструкционных пиломатериалов, с учетом фактора времени при формировании расчетных характеристик прочности.

Для этого проводили анализ результатов измерительного и визуального контроля длительной прочности пиломатериалов, выполненного по нормативам производственных показателей, рассчитанных для обеспечения их кратковременной прочности. Рассматривали два режима сочетания нагрузок: постоянная и временная ветровая (I режим), а также постоянная и временная снеговая (II режим).

Исследовали хвойные пиломатериалы сечением  $50 \times 150 \times 2200$  мм лесорастительной провинции восточной части Русской равнины Беломорско-Печорского округа подзоны северной тайги. Экономический район переработки пиловочного сырья — северный, производственное объединение Архангельсклеспром.

Испытания до разрушения при изгибе на кромку выполняли при ступенчатом приложении возрастающей нагрузки. Для моделирования принятых сочетаний нагрузок продолжительность действия каждой ступени нагружения составляла 1 ч и 7 сут соответственно, а ее величина — 160 кг, что обеспечивало приrost напряжений порядка 3 МПа. Нагрузку прикладывали в каждой трети пролета. По результатам испытаний оценивали напряжение и приведенное время [2] до разрушения.

Качество пиломатериалов оценивали по следующим нормативам. Во-первых, согласно требованиям документа № 60 ISO/TK 165 «Классы прочности», выборки пиломатериалов сортировали на установке «Финногрейдер» на три класса прочности: К38, К30 и К24. Нормативные сопротивления для них соответственно равны 38, 30 и 24 МПа. За производственный показатель сортировки принимали предел прочности  $R_f$ , прогнозируемый установкой «Финногрейдер». Контрольные границы для него рассчитывали по методике ЦНИИМОД [3]. Из-за отсутствия сведений о расчетных сопротивлениях пиломатериалов указанных классов прочности определение показателей контроля не представляется возможным.

Во-вторых, пиломатериалы сортировали на 2-й и 3-й сорт [1], для которых расчетные сопротивления изгибу принимали в соответствии с [4].

В-третьих, согласно требованиям ЦНИИСК, сортировали на группы прочности К24 и К16. Их расчетные сопротивления принимали согласно СНиП II-25—80.

В-четвертых, выборки визуально разделяли на группы прочности К24 и К19, при этом расчетные сопротивления не нормируются документом [5].

Результаты испытаний пиломатериалов по двум режимам нагружения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Норматив для сортировки	Группа прочности, сорт	Число образцов, шт.	Статистические показатели		Нормативы прочности с обеспеченностью 0,99 согласно закону распределения	
			$\bar{R}$ , МПа	$v$ , %	нормальному	логнормальному
I режим нагружения						
Документ № 60 ISO	K38	15	42,02	14,37	27,95	30,14
	K30	15	36,70	15,42	23,51	25,47
	K24	10	32,30	20,39	16,95	20,09
ГОСТ 8486—86	2	22	38,93	16,22	24,22	26,73
	3	16	32,93	15,80	20,81	22,84
Требования ЦНИИСК	K24	27	40,09	15,74	25,39	27,84
	K16	16	31,97	19,01	17,81	20,55
ТУ 13—722—83	K24	22	40,27	16,32	24,96	27,59
	K19	17	34,55	14,88	22,57	24,49
II режим нагружения						
Документ № 60 ISO	K30	11	31,43	19,73	16,98	19,86
	K24	19	28,79	20,80	14,83	17,74
ГОСТ 8486—86	2	12	34,24	20,22	18,11	21,36
	3	22	26,78	22,64	12,65	15,79
Требования ЦНИИСК	K24	19	34,03	17,90	19,84	22,45
	K16	15	23,97	18,48	13,64	15,60
ТУ 13—722—83	K24	19	33,55	18,54	19,05	21,80
	K19	14	24,77	19,89	13,33	15,62

При сортировке пиломатериалов по производственным показателям, рассчитанным из условия обеспечения нормативных сопротивлений, средние значения прочности  $\bar{R}$  и значения коэффициента вариации  $v$  показателей прочности при измерительном контроле равны соответствующим данным для смежных низших сортов при визуальной сортировке. Абсолютные значения этих нормативов зависят от сочетания нагрузок. С увеличением приведенного времени действия нагрузки до разрушения уменьшаются средние значения показателей и возрастает их разброс с понижением класса прочности независимо от метода сортировки.

При измерительном контроле выход пиломатериалов высших групп прочности (K38, K30, K24) увеличивается на 23...35% для I режима нагружения и на 31...50% — для II режима (в зависимости от точности метода контроля прочности).

Эти закономерности соблюдаются и для показателей прочности пиломатериалов с доверительной вероятностью 0,99. Расчетное сопротивление пиломатериалов совместному действию постоянной и временной ветровой нагрузок групп прочности K38, K30 и K24 при использовании нормального закона распределения выборок соответственно равны 27,95; 23,51 и 16,95 МПа. Расчетные сопротивления пиломатериалов действию постоянной и временной снеговой нагрузок для групп прочности K30 и K24 составляют 16,98 и 14,83 МПа соответственно. Вероятностные показатели прочности при использовании логнормального распределения превышают приведенные выше значения для I режима нагружения на 10...15%, а для II — на 13...20%.

Выполненный анализ позволяет сделать следующие выводы.

1. Показатели длительной прочности пиломатериалов с доверительной вероятностью 0,99 под действием постоянной и ветровой, а также постоянной и снеговой нагрузок при сортировке по нормативам производственных показателей существенно превышают расчетные сопротивления древесины элементов строительных конструкций соответствующих сортов по СНиП II-25—80.

2. Для исключения неоправданных запасов прочности и повышения достоверности значений расчетных сопротивлений конструкционных пиломатериалов производственные показатели следует рассчитывать из условия обеспечения прочности с заданной доверительной вероятностью, минуя промежуточные характеристики.

3. При формировании расчетных сопротивлений следует исходить из обоснованного выбора типа распределения эмпирических показателей длительной прочности. Применение, в частности, логнормального закона по сравнению с нормальным позволяет повысить расчетные характеристики на 10...20 % в зависимости от приведенного времени до разрушения и сорта древесины.

Эти положения могут быть реализованы при формировании вероятностных показателей длительной прочности конструкционных пиломатериалов и их обеспечении с заданной доверительной вероятностью производственными методами контроля, или путем уточнения коэффициентов длительной прочности для принятых сочетаний нагрузок.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов длительной прочности для двух режимов нагружения, вычисленные по средним значениям и показателям прочности с доверительной вероятностью 0,50 и 0,99.

Таблица 2

Норматив для сортировки	Группа прочности, сорт	Коэффициенты длительной прочности при обеспеченности 0,50 по режиму нагружения		Коэффициенты длительной прочности при обеспеченности 0,99 по закону распределения и режиму нагружения			
		I	II	нормальному		логнормальному	
				I	II	I	II
Документ № 60 ISO	K38	0,829	—	1,101	—	0,975	—
	K30	0,839	0,720	1,151	0,832	0,998	0,778
	K24	0,842	0,840	0,984	0,861	0,964	0,851
ГОСТ 8486—86	2	0,830	0,730	1,054	0,788	0,949	0,759
	3	0,885	0,720	2,304	1,400	1,352	0,935
Требования ЦНИИСК	K24	0,854	0,725	1,064	0,831	0,971	0,783
	K16	0,942	0,717	1,746	1,039	1,222	0,927
ТУ 13—722—83	K24	0,859	0,715	1,102	0,806	0,987	0,780
	K19	1,086	0,779	1,719	1,015	1,388	0,855
Общая совокупность	—	0,890	0,706	1,718	1,050	1,167	0,818

Коэффициент длительной прочности зависит от сорта пиломатериалов. Пиломатериалы низших сортов по сравнению с высшими в меньшей степени снижают прочность. Эта закономерность усиливается с возрастанием приведенного времени до разрушения, в результате снижения разброса показателей прочности пиломатериалов при увеличении продолжительности испытаний. Кроме того, чем точнее метод контроля прочности, тем в большей степени дифференцированы коэффициенты длительной прочности пиломатериалов смежных сортов.

На коэффициент длительной прочности существенное влияние оказывает уровень показателей прочности, принятый при их расчете. При повышении обеспеченности значения коэффициентов возрастают. Они чувствительны к типу распределения, аппроксимирующего эмпирические показатели прочности. Применение несимметричных законов, в частности логнормального, приводит к снижению коэффициента длительной прочности по сравнению с нормальным распределением.

На основании этого можно сделать вывод, что для пиломатериалов, испытывающих нагружения по I режиму, при аппроксимации показателей прочности нормальным законом и уровне их доверительной вероятности 0,99 коэффициент длительной прочности независимо от группы (сорта) может быть принят равным единице. Это объясняется тем, что при увеличении продолжительности нагружения наблюдается незначительное снижение средних значений прочности выборок элементов по сравнению с кратковременной прочностью, но одновременно происходит уменьшение разброса прочностных показателей, а на уровне значений прочности с обеспеченностью 0,99 соотношение меняется.

Для пиломатериалов, работающих по II режиму нагружения, коэффициенты длительной прочности равны согласно группам прочности или сорту: К30 — 0,83; К24 — 0,86 (по документу ISO/TK 165); К24 — 0,83 (по требованиям ЦНИИСК); К24 — 0,80 (по ТУ 13—722—83 и ГОСТ 8486—86); К19, К16, 3 сорта — 1,00.

В результате исследований определены показатели длительной прочности конструкционных пиломатериалов, предложено нормирование этих показателей для исключения неоправданно больших запасов прочности при обеспечении заданной надежности конструкций, а также приведены значения коэффициентов длительной прочности при воздействии двух сочетаний нагрузок.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. ГОСТ 8486—86 (СТ СЭВ 2369—80). Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия.— Введ. 1.01.88.— М.: Изд-во стандартов, 1988.— 17 с. [2]. Иванов Ю. М. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций.— М.: Стройиздат, 1981.— 63 с. [3]. Разработать рекомендации по производственному измерительному контролю прочности конструкционных досок (на примере машины «Компьютерматик»): (Закл. отчет) / Минлесдревпром СССР, ЦНИИМОД; Руководитель темы А. М. Боровиков.— 2585.— Архангельск, 1985.— 183 с. [4]. СНиП II-25—80. Строительные нормы и правила.— М.: Стройиздат, 1980.— Ч. 2: Нормы проектирования, гл. 25: Деревянные конструкции: Введ. 01.01.82.— 30 с. [5]. ТУ 13—722—83. Доски конструкционные. Технические условия.— Введ. 1.01.84.— ЦНИИМОД, 1983.— 22 с.

Поступила 5 июля 1990 г.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

УДК 547.458.81 : 539.2

ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ  
ПОЛИМОРФНЫХ МОДИФИКАЦИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

А. А. ЛЕОНОВИЧ, М. И. КОРОЛЕВА, А. В. ОБОЛЕНСКАЯ

Ленинградская лесотехническая академия

Аморфные области полиморфных модификаций целлюлозы почти не изучены, и сведения о их надмолекулярной структуре ограничены. Обычно ее уподобляют структуре препаратов полностью аморфной (аморфизированной) целлюлозы, которую рассматривают как отдельную полиморфную модификацию [11]. Однако в аморфных областях конформационный набор оказывается более ограниченным, чем это должно быть для полностью разупорядоченных состояний [14].

На образцах гидратцеллюлозы со степенью кристалличности (СК) 0,25...0,35 получено подтверждение разнородности структуры аморфной части и возможности взаимоперехода с образованием в ней мезофазы в зависимости от влагосодержания [4]. В то же время этот переход не может быть полным из-за ограниченной подвижности, так как проходные цепи входят как в аморфные, так и кристаллические области. На основании анализа ИК-спектров, данных дейтерообмена и ЯМР<sup>13</sup>С спектров высокого разрешения в твердой фазе можно предположить наличие взаимосвязи между физической структурой упорядоченных и неупорядоченных областей целлюлозы [10].

Для исследования аморфных областей целлюлозы необходимы методы воздействия, на которые откликаются исключительно эти области. Термомеханический (ТМ) анализ в принципе позволяет установить существование различия в поведении аморфных областей непосредственно по изменению границы физических (релаксационных) состояний полиморфных модификаций целлюлозы, а также по характеру их ТМ-кривых. Для целлюлозы температуру стеклования определяют на пластифицированных образцах с уменьшающимися массовыми долями пластификатора и последующей экстраполяцией на его нулевое содержание [6]. Найденное значение составило 220 °С.

В то же время кратковременное нагревание образцов целлюлозы до 225 °С не приводит к существенным химическим превращениям, связанным с процессом термодеструкции [2], а до 150 °С — к разупорядочению межмолекулярных водородных связей [5]. Это позволяет рассматривать наблюдаемую на ТМ-кривых для сухих (непластифицированных) образцов целлюлозы температуру перехода ( $T_n$ ), как соответствующую началу кооперативного процесса перехода из стеклообразного состояния в высокоэластическое, и использовать ее как меру интенсивности, межмолекулярного взаимодействия в аморфных областях целлюлозы и, следовательно, как косвенную характеристику структуры образцов.

Задача данного исследования — дать сравнительную оценку аморфной части полиморфных модификаций целлюлоз различного происхождения.

Изучали образцы хлопковой целлюлозы для ацетилирования «Бакай» и древесной целлюлозы для ацетилирования Светогорского ЦБК, находящиеся в полиморфной модификации (целлюлоза I). Целлюлозу II получали обработкой соответствующих об-

разцов 18 %-м раствором NaOH, IV<sub>II</sub> — из целлюлоз II нагреванием в глицерине при температуре 270 °С в течение 80 мин, микрокристаллическую целлюлозу (МКЦ) — гидролизом целлюлоз I и II 10 %-м раствором H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до предельной степени полимеризации (ПСП). Среднюю степень полимеризации (СП) определяли в кадоксене по ГОСТ 24538—82. В качестве эталона аморфности целлюлозы использовали размолотую на вибрационной шаровой мельнице в течение 2 ч хлопковую целлюлозу М-150.

ТМ-анализ проводили на приборе «весы Каргина» по методике, разработанной применительно к древесным волокнам [7]. Измельченные образцы целлюлозы влажностью 5 % помещали в ячейку, выдерживали под нагрузкой 10 кПа в течение 18 ч, после чего нагревали со скоростью (1,5 ± 0,1) град/мин. Деформацию сжатия фиксировали по перемещению пуансона с помощью оптической системы с точностью 0,7 мкм, температуру — самописцем КСП-4 с использованием термопары хромель—копель. Обработку ТМ-кривых с определением T<sub>п</sub> проводили на исходных кривых по трем параллельным опытам.

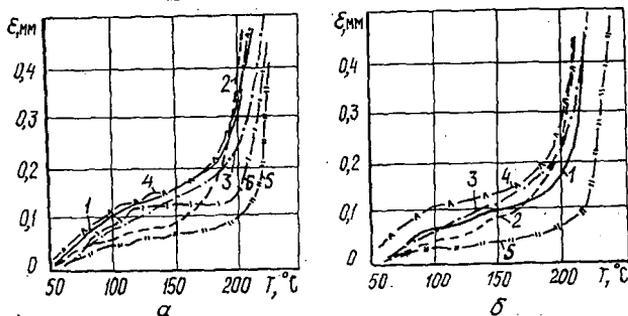


Рис. 1. Термомеханические кривые образцов хлопковой (а) и древесной (б) целлюлоз: целлюлоза I (1), II (3) и IV<sub>1</sub> (5); МКЦ I (2) и II (4); эталон аморфности (6)

Ход ТМ-кривых (рис. 1) оказывается подобным для обоих видов целлюлозы — хлопковой и древесной. Ряд промежуточных температурных переходов целлюлозы при данном методе анализа не проявляется. Основной изофазный переход, реализуемый в аморфных областях за счет изменения сегментальной подвижности участков целлюлозных цепей, наблюдается в интервале температуры 150...220 °С. Некоторое несовпадение ТМ-кривых для хлопковой и древесной целлюлоз может быть отнесено, отчасти, к различию массовых долей аморфной части в изучаемых модификациях, так как кристаллическая область в этих условиях не деформируется. По данным, работы [1] СК полиморфных модификаций хлопковой целлюлозы составляет: 0,70...0,71; 0,57; 0,5 для целлюлозы I; II; IV<sub>II</sub> соответственно и 0,75...0,76; 0,6...0,65 для МКЦ I; II соответственно. СК древесной целлюлозы всегда несколько ниже, чем значения СК хлопковой [1].

Из найденных по ТМ-кривым значений T<sub>п</sub> исследованных образцов целлюлозы (см. таблицу) следует, что СП целлюлозы в указанных пределах не оказывает определяющего влияния на T<sub>п</sub>, т. е. размер сегмента целлюлозы, как по-

Образец	СП	T <sub>п</sub> , °С
Целлюлоза:	1115	185 ± 5
	1380	193 ± 3
II	1050	205 ± 7
	1285	190 ± 6
IV <sub>II</sub>	105	218 ± 3
	100	220 ± 3
МКЦ:	175	155 ± 5
	140	165 ± 8
II	73	186 ± 6
	65	180 ± 5
Эталон аморфности целлюлозы	130	198 ± 1

Примечание. В числителе — данные для хлопковой целлюлозы; в знаменателе — для древесной.

лужесткого полимера, меньше длины кристаллитов, соответствующей 0,515 ПСП. Однако гидролиз исходной целлюлозы при получении МКЦ сказывается на характере ТМ-кривых обоих видов целлюлозы: несколько уменьшается деформируемость образцов и снижаются на 20...25 °С значения  $T_n$ . В условиях возрастания СК на 7...11 % при получении МКЦ причина снижения  $T_n$  может быть обусловлена либо влиянием «концевого» эффекта вследствие уменьшения протяженности целлюлозных цепей на порядок, в результате чего они перестают быть проходными, либо изменением энергии надмолекулярной структуры в модификациях аморфной области целлюлозы.

Тот факт, что соответствующие по типу полиморфных модификаций образцы хлопковой и древесной целлюлоз близки по значениям  $T_n$ , свидетельствует о доминирующем влиянии типа надмолекулярной организации аморфной части целлюлозы на ее физическое состояние по сравнению с влиянием происхождения сырья. Можно отметить, что оба источника сырья относятся к высшим растениям, и в них преобладает одна и та же полиморфная модификация целлюлозы, которую, согласно [14], обозначают  $Ц I_{\beta}$ , тогда как в низших растениях преобладает другая модификация —  $Ц I_{\alpha}$ . Вероятно, аморфные области в хлопковой и древесной целлюлозах подобны по своей физической структуре.

Значение  $T_n$  хлопковой целлюлозы II оказывается на 20° выше соответствующего значения для целлюлозы I. Это может быть связано с известными данными о большей термодинамической стабильности кристаллической структуры целлюлозы II [3, 8], оказывающей влияние на поведение аморфной части. Однако у древесной целлюлозы такого различия не обнаружено, что может быть следствием структурной неоднородности древесной технической целлюлозы, содержащей наряду с полиморфной модификацией целлюлозы I также целлюлозу IV [12], а, возможно, и целлюлозу II [11].

По температурным переходам полиморфных модификаций целлюлозы IV какие-либо данные отсутствуют [13]. ТМ-кривые (рис. 1, а и б, кривые 5) указывают на существенное отличие целлюлозы IV<sub>II</sub> от модификаций I и II. Ход кривых характеризуется меньшей деформируемостью целлюлозы и наименьшими значениями  $T_n$ . Интенсивное нагревание в процессе получения данной полиморфной модификации приводит не только к сильной деструкции целлюлозы, но и к образованию новой структурной модификации аморфной области целлюлозы с отличающейся термомеханической характеристикой.

Сравнение ТМ-кривых 1—5 с кривой 6 обнаруживает отличие эталона аморфности от исследуемых образцов в отношении деформируемости в области температуры 120...200 °С. На плато не обнаруживается каких-либо незначительных переходов, а сами границы определены с высокой четкостью. Это согласуется с представлением об аморфной целлюлозе как отдельной полиморфной модификации. Ясно, что аморфные области полиморфных модификаций целлюлозы равномерно уподоблять по структуре препарату аморфизированной целлюлозы.

Изучено влияние изотермического нагревания под нагрузкой до 150 и 190 °С на свойства образцов целлюлозы. Все образцы после предварительного прогрева до 150 °С при последующем ТМ-анализе показали такие же  $T_n$ , как и без предварительного прогрева. Это согласуется с данными работы [5]. Следовательно, для образцов МКЦ I, имеющих  $T_n$  в области 150...185 °С, значения температуры перехода действительно отражают переход физических состояний в аморфных областях (рис. 2, кривые 1 и 2).

Образцы целлюлозы с  $T_n$  в интервале 180...220 °С были подвергнуты предварительному прогреву до 190 °С под нагрузкой. После

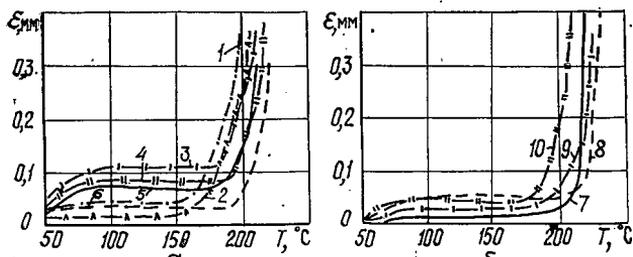


Рис. 2. Термомеханические кривые образцов после предварительного прогрева под нагрузкой до 190 (а) и 200 °С (б): МКЦ I хлопковая (1) и древесная (2); целлюлоза I хлопковая после быстрого (2 °С/мин) прогрева (3) и прогрева в режиме снятия ТМ-кривых (1 °С/мин) (4); целлюлоза II хлопковая (5) и древесная (6); целлюлоза IV<sub>II</sub> хлопковая (7) и древесная (8); МКЦ II хлопковая (9) и древесная (10)

прогрева у целлюлоз I (хлопковой и древесной)  $T_p$  смещается к 200 °С, т. е. в более высокотемпературную область (кривая 4). Скорость предварительного прогрева влияет на определяемое значение  $T_p$ : более быстрый предварительный прогрев образца хлопковой целлюлозы I (2 °С/мин по сравнению с 1 °С/мин) уже не вызывает смещения  $T_p$ , ее значение остается в области 190 °С (кривая 3).

Целлюлозы II (хлопковая и древесная) после предварительного прогрева до 190 °С сохраняют значение  $T_p$  при ТМ-анализе (кривые 5 и 6). Аналогично ведут себя целлюлозы IV<sub>II</sub> (хлопковая и древесная) после предварительного прогрева до 200 °С, сохраняя значения  $T_p$  в области 218...220 °С (кривые 7 и 8), тогда как у образцов МКЦ II (кривые 9 и 10) заметно слабое смещение  $T_p$ .

Полученные результаты можно интерпретировать следующим образом. При предварительном прогреве под нагрузкой в структуре аморфной части целлюлоз I и II происходят изменения, приводящие к увеличению плотности упаковки, что, в свою очередь, сдвигает значение  $T_p$  при следующем ТМ-анализе в сторону больших значений.

Отметим, что разупорядоченная часть целлюлозы, относимая при измерении СК рентгенографическим методом к аморфной части, в действительности имеет неоднородную организацию. В препаратах МКЦ эта часть, по-видимому, включает паракристаллические области и другие дефекты кристаллической структуры и является более упорядоченной по сравнению с аморфными участками, чередующимися с кристаллическими в исходном волокне. Поэтому предварительное нагревание под нагрузкой препаратов МКЦ I не оказывает заметного влияния на структуру и межмолекулярное взаимодействие в малоупорядоченной части, а следовательно, и на определяемое значение  $T_p$ . У препаратов же МКЦ II, где относительное содержание разупорядоченной части выше, предварительный прогрев под нагрузкой приводит к слабому смещению  $T_p$ . В исходных целлюлозных волокнах основную долю разупорядоченной части составляют аморфные участки микрофибрилл, находящиеся между кристаллитами и образованные проходными цепями. Они менее упорядочены, чем разупорядоченные области МКЦ, и предварительный прогрев оказывает заметное влияние на структуру, а вследствие этого на  $T_p$ .

Сравнение поведения при ТМ-анализе образцов хлопковой и древесной целлюлозы не обнаруживает значительного влияния происхождения целлюлозы. Представляло интерес исследовать образцы целлю-

лозы, резко отличающиеся по происхождению. Проведенное нами изучение надмолекулярной структуры образцов целлюлозы, выделенных из листового кустарника *Daphne bholua*, показало, что при практически одинаковых СК и характере ИК-спектров целлюлоза из луба имеет более высокую СП, меньшую доступность и, соответственно, меньшую скорость гидролиза до ПСП [9] по сравнению с целлюлозой из ксилемы. Это, по-видимому, указывает на различия в организации аморфной части данных целлюлоз.

Полученные для этих образцов ТМ-кривые (рис. 3) показывают, что  $T_{п}$  образцов МКЦ I из ксилемы (160 °С) и луба (155 °С) *D. bholua* подобны  $T_{п}$  для образцов МКЦ I еловой (165 °С) и хлопковой (155 °С) целлюлоз. А  $T_{п}$  для целлюлоз I из луба (172 °С) и из ксилемы

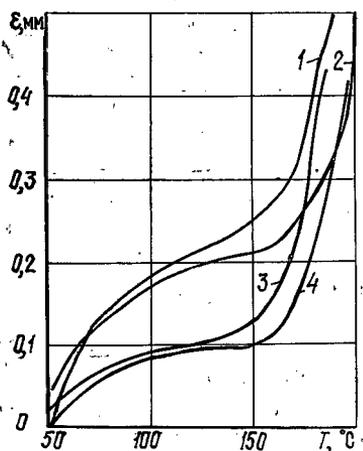


Рис. 3. Термомеханические кривые образцов из *Daphne bholua*: целлюлоза I из луба (1) и ксилемы (2); МКЦ I из луба (3) и ксилемы (4)

(157 °С) находятся в низкотемпературной области по сравнению с целлюлозой I хлопковой (185 °С) и древесной еловой (193 °С). Это свидетельствует о том, что аморфные области целлюлозы I из луба *D. bholua* отличаются по физической структуре от аморфных областей

целлюлозы I из ксилемы, а также хлопковой и еловой, что свидетельствует о зависимости структуры аморфной части от происхождения целлюлозы.

### Выводы

1. Метод ТМ-анализа может быть использован для сравнения структуры аморфной части различных целлюлоз.

2. Физическая структура аморфных областей целлюлозы в полиморфных модификациях I, II и IV<sub>п</sub> неодинакова и отличается от структуры эталона аморфности целлюлозы.

3. При одинаковой степени кристалличности препаратов целлюлозы структура и свойства аморфной части могут быть очень разнообразными, что находит отражение в значениях  $T_{п}$  и влиянии на них происхождения целлюлозы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Жбанков Р. Г., Козлов П. В. Физика целлюлозы и ее производных. — Минск: Наука и техника, 1983. — 296 с.
- [2]. Жбанков Р. Г., Конкин А. А., Бычкова Г. С. Структурные и химические превращения гидратцеллюлозы в процессе термообработки // Химия и технология искусственных волокон. — 1976. — № 5. — С. 44—46.
- [3]. Иоелович М. Я. Термохимия процессов растворения целлюлозы // Химия древесины. — 1985. — № 5. — С. 111—112.
- [4]. Исследование аморфной составляющей гидратцеллюлозы при помощи спинового зонда / А. Т. Калашник, Е. В. Довбий, Г. В. Рудинская и др. // Высокомолекулярные соединения. — 1987 б. — № 5. — С. 360—363.
- [5]. Исследование структуры гидратцеллюлозных волокон методом изотермического нагрева / В. И. Шошина, Г. В. Никонович, У. Б. Хахимов, Х. У. Усманов // Химия и технология целлюлозы. — 1974. — Т. 8, № 3. — С. 215—246.
- [6]. Каргин В. А., Козлов Н. В., Ван Кай Ган. О температуре стеклования целлюлозы

// Докл. АН СССР.—1968.—Т. 130, № 2.—С. 356—358. [7]. Леонович А. А. Применение термомеханического метода к изучению древесного волокна // Химическая и механическая переработка древесины и древесных отходов: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1976.—Вып. 2.—С. 74—80. [8]. Молекулярно-кристаллическая структура целлюлозы / О. К. Нугманов, А. И. Перцин, Л. В. Забелин, Г. Н. Марченко // Успехи химии.—1987.—Т. XVI, вып. 8.—С. 1339—1357. [9]. О надмолекулярной структуре целлюлозы, выделенной из луба и заболони *Daphne bholua* / А. В. Оболенская, А. А. Леонович, М. И. Королева, А. А. Шашилов // Химия древесины.—1990.—№ 1.—С. 43—48. [10]. Определение степени кристалличности целлюлозы методом ЯМР<sup>13</sup>С высокого разрешения в твердой фазе / Р. Г. Жбанков, М. Я. Иоелович, А. П. Трейманис и др. // Химия древесины.—1986.—№ 4.—С. 3—6. [11]. Целлюлоза и ее производные / Под ред. Н. Байкласа, Л. М. Сегала.—М.: Мир, 1974.—499 с. [12]. Шашилов А. А., Иванов М. А. Анализ структуры древесной целлюлозы // Субмикроскопическое строение древесины и его роль в процессах делигнификации: Тез. докл. 2-го научного семинара.—Рига, 1983.—С. 107—112. [13]. Якобсон М. К., Эриньш П. П. Температурные переходы целлюлозы // Химия древесины.—1983.—№ 3.—С. 3—19. [14]. Atalla R. H. Polymorphy in cellulose: recent developments // Proceeding of the International Symposium on Wood and Pulping chemistry.—Japan, 1983.—Vol. 1.—P. 42—47.

Поступила 30 мая 1990 г.

УДК 676.1.026.5

## ДИНАМИКА МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БУМАГИ В ХОДЕ ЕЕ СУШКИ

Л. Ф. ЛЕВИНА, Б. Д. ЛЕВИН

Сибирский технологический институт

Одна из заключительных стадий производства бумаги — сушка, в значительной мере определяющая качество готового продукта. Целью работы являлось изучение изменений показателей механической прочности бумажного листа в ходе теплового обезвоживания.

Исследования по сушке типографской бумаги № 1 проводили на экспериментальной цилиндрической сушилке [5].

Образцы бумаги для опытов после отлива и прессования имели сухость 32... 33 %. Первую отливку от начальной до конечной сухости высушивали на воздухе, вторую подвергали тепловой сушке на одном цилиндре установки, третью — на двух, четвертую — на трех и т. д. После этого отливки извлекали и досушивали на воздухе. Влажность отливок в момент изъятия из сушилки определяли по соответствующей кривой сушки, для построения которой у образцов, находившихся в сушилке различное время, в момент извлечения определяли влажность. На основе полученных результатов строили зависимость  $u = f(\tau)$  ( $u$  — абсолютная влажность бумаги, %;  $\tau$  — длительность тепловой сушки образца, с) [6].

Отливки, относительная влажность которых при извлечении из сушилки была выше 45... 50 %, при досушивании на воздухе коробились. При подготовке к испытаниям для определения показателей механической прочности гладкость им придавали путем увлажнения и последующего каландрирования. Высушенные отливки после каландрирования подвергали испытаниям на механическую прочность в условиях, соответствующих требованиям ГОСТа [3].

В ходе работы определяли воздействие начальной температуры греющей поверхности  $t_n$  и натяжения сушильного сукна  $P$  при различных продолжительностях цикла  $\tau_n$  [4] на разрывную длину бумаги  $L$  и сопротивление излому  $U$ .

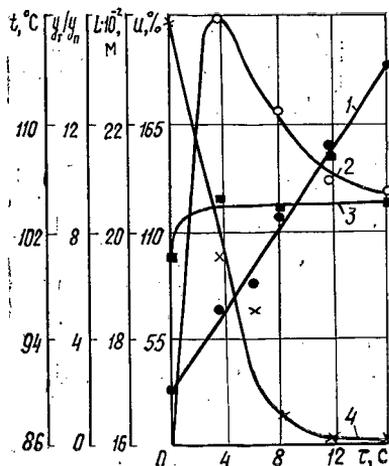
Начальную температуру греющей поверхности в проведенных опытах изменяли от 60 до 105 °С, натяжение сушильного сукна — от 980 до 2940 Н/м. Средняя температура греющей поверхности цилиндров  $t_{ср}$  зависит от  $t_n$  и  $\tau_n$ . При  $\tau_n = 0,9$  с и начальной температуре 60 и 105 °С  $t_{ср}$  равна соответственно 82,5 и 111,0 °С, а при  $\tau_n = 1,8$  с и тех же пределах изменения начальной температуры  $t_{ср} = 77$  и 109 °С.

Опытные данные по динамике сопротивления разрыву (разрывная длина) и излому (число двойных перегибов) приведены в табл. 1.



шенных на воздухе в заданном диапазоне влажности (при  $\tau = 0$  с), разрывная длина несколько меньше, чем у подвергнутых хотя бы кратковременному обезвоживанию на цилиндрах. По абсолютной величине эта разность обычно не превышает 10 %, и, следовательно, укладывается в ошибку опыта. Однако то, что она имеет место при всех исследованных режимах, свидетельствует о закономерности некоторого возрастания  $L$  в начальной стадии тепловой сушки.

Динамика температуры греющей поверхности  $t$ , соотношения между усадкой по толщине и плоскостной усадкой 2, разрывной длиной 3 и абсолютной влажностью 4 бумаги в ходе сушки при  $\tau_{\text{ц}} = 0,9$  с,  $P = 1960$  Н/м,  $t_{\text{н}} = 90$  °С



Графически изменение  $L$  представлено на рисунке. Кривая 3 состоит из двух характерных участков: начального — криволинейного, соответствующего некоторому повышению разрывной длины бумаги в первые 3...4 с теплового обезвоживания, и прямолинейного на протяжении всего последующего процесса удаления влаги. Для более четкого анализа протекающих явлений на рисунке даны графики изменения температуры греющей поверхности соотношения между плоскостной усадкой  $u_{\text{п}}$  и усадкой по толщине  $u_{\text{т}}$ , а также кривая влажности. Видно, что наблюдаемое изменение  $L$  протекает при температуре поверхности цилиндров 90...95 °С и абсолютной влажности бумаги 215...125 %.

При контакте отливки с греющей поверхностью идет теплообмен, интенсивность которого зависит и от натяжения сукна. За счет теплоты, снимаемой с цилиндра, бумага нагревается. В указанном диапазоне значений влажности испаряется межволоконная свободная влага и образование водородных связей не происходит. Параллельно, из-за возникающего градиента влажности по толщине, вода, текучесть которой при нагреве возрастает, диффундирует из толщи материала в контактный слой. Следствием этой убыли влаги является «похудение» образца — сжатие его по толщине, усиленное воздействием натянутого сукна. Если при обезвоживании в сушилке в течение 3,6 с  $u_{\text{п}}$  достигает величины 1,3 %, то  $u_{\text{т}}$  — 21,1 %, т. е. в начальном временном интервале происходит скачкообразный всплеск усадки по толщине (кривая 2).

Используя результаты работы [7], можно сделать вывод, что уплотнение листа по толщине в начальной стадии теплового обезвоживания тем сильнее, чем больше натяжение сукна. Волокна сближаются и создаются благоприятные условия для возникновения прочностных связей при последующем снижении влажности.

При сушке на воздухе в том же интервале значений  $u$  усадка по толщине меньше, а упаковка волокон в образующейся структуре менее плотная. В итоге при конечной влажности толщина бумаги, подвергнутой хотя бы кратковременной тепловой сушке под сукном, в восьми случаях из одиннадцати оказалась меньше, чем у высушенной на воздухе. Дальнейшее увеличение продолжительности сушки образцов на цилиндрах не оказывает влияния на разрывную длину (кривая 3); хотя

температура греющей поверхности возрастает до  $114^{\circ}\text{C}$  (прямая 1), т. е. образовавшаяся структура при последующем тепловом воздействии заметных изменений не претерпевает, и на процесс возникновения прочностных связей в листе обогрев не сказывается.

При анализе экспериментальных данных установлено, что увеличение начальной температуры греющей поверхности не влияет на сопротивление разрыву (при  $\tau_{\text{ц}} = 0,9$  с и изменении  $t_{\text{н}}$  от 60 до  $105^{\circ}\text{C}$  расхождение в численных значениях  $L$  составляет 5 %, а при  $\tau_{\text{ц}} = 1,8$  с — 8 %).

Полученные результаты можно объяснить тем, что, во-первых, с ростом  $t_{\text{н}}$  продолжительность сушки существенно укорачивается. Так, при  $\tau_{\text{ц}} = 1,8$  с,  $P = 1960$  Н/м и  $t_{\text{н}} = 60^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{ср}} = 82,5^{\circ}\text{C}$ ) продолжительность сушки до конечной влажности  $\tau_{\text{с}}$  равна 29,5 с, а при  $t_{\text{н}} = 105^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{ср}} = 111^{\circ}\text{C}$ ) — 11 с. При  $\tau_{\text{ц}} = 0,9$  с,  $P = 1960$  Н/м и  $t_{\text{н}} = 60^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{ср}} = 77^{\circ}\text{C}$ )  $\tau_{\text{с}} = 18,3$  с, а при  $t_{\text{н}} = 105^{\circ}\text{C}$  ( $t_{\text{ср}} = 109^{\circ}\text{C}$ ) она снижается до 6,5 с. Таким образом, при увеличении средней температуры греющей поверхности приблизительно на  $30^{\circ}\text{C}$  продолжительность сушки сокращается в 2,8 раза, что и является одной из причин постоянства численной величины сопротивления разрыву.

Во-вторых, сушка образцов на экспериментальной сушилке сопровождалась непрерывным подогревом сукна, позволяющим поддерживать на постоянном и минимальном уровне его влажность. По этой причине сохранялись высокая впитываемость сукна и малое сопротивление выходу паров испаряемой влаги. В результате температура бумаги оказывалась ниже, чем при сушке с влажным сукном, а продолжительность — короче. С этим также связано постоянство  $L$ . Влияние  $\tau_{\text{ц}}$  и  $P$  на разрывную длину не прослеживается.

Анализ опытных результатов по динамике сопротивления излому ( $I$ ) типографской бумаги № 1 в ходе сушки (табл. 1) показывает, что число двойных перегибов при изложенных выше условиях не зависит от технологических параметров процесса.

Особо следует отметить полученные в процессе эксперимента высокие численные значения и постоянство  $I$  при пересушивании образцов до конечной влажности 0,5...1,0 % и начальной температуре греющей поверхности  $90$  и  $105^{\circ}\text{C}$ , так как сопротивление излому в первую очередь зависит от прочности и гибкости волокон [1, 8], весьма чувствительных к повышению  $t_{\text{н}}$ .

Статистическую обработку экспериментальных результатов по динамике показателей механической прочности бумаги в ходе сушки производили путем оценки гомогенности комплекта  $K$  выборочных средних при  $K > 2$  [2].

Результаты представлены в табл. 2.

Гипотезу о том, что показатели механической прочности бумаги не зависят от продолжительности нахождения ее в сушилке, принимали при  $F < F_{0,05}$  ( $F$  — критерий Фишера). Когда  $F \geq F_{0,05}$ , проводили сравнение средних по величине  $s$ , являющихся функцией  $t$  распределения Стьюдента и  $m$  (число сравнений между оцениваемыми средними). При  $s < s_{0,05}$  гипотезу также считали верной. Значения  $F_{0,05}$  и  $s_{0,05}$  определяли по литературным данным [2].

Из таблицы следует, что гипотеза о независимости показателей прочности от длительности тепловой сушки справедлива в 9 случаях из 11 для сопротивления разрыву и в 10 — для сопротивления излому. Учитывая, что  $L$  и  $I$  являются величинами, для которых разброс опытных данных считается допустимым в довольно широких пределах, зависимости  $L = f(\tau)$  и  $I = f(\tau)$ , подтверждаемые результатами статистического анализа опытов 8 и 9, нельзя признавать существенными.

Таблица 2

№ п/п	$\tau_{ц},$ с	$P, \text{ Н/м}$	$t_{п},$ °С	F	$F_{0,05}$	c	$c_{0,05}$
1	1,8	1960	60	0,39	2,66	—	—
				3,58	2,66	2,84	3,80
2	1,8	980	75	3,99	3,11	2,03	3,65
				3,40	3,11	3,64	3,65
3	1,8	1960	75	2,36	2,85	—	—
				2,50	2,85	—	—
4	1,8	2940	75	3,10	3,11	—	—
				4,49	3,11	3,14	3,65
5	1,8	1960	90	2,10	3,11	—	—
				4,10	3,11	3,19	3,65
6	1,8	1960	105	2,27	3,11	—	—
				2,45	3,11	—	—
7	0,9	1960	60	1,22	3,11	—	—
				4,10	3,11	3,58	3,65
8	0,9	1960	75	4,00	3,11	3,65	3,65
				4,99	3,11	3,98	3,65
9	0,9	1960	90	4,13	3,11	4,54	3,65
				0,83	3,11	—	—
10	0,9	1960	105	2,39	3,48	—	—
				3,39	3,48	—	—
11	0,9	980	75	1,68	3,11	—	—
				6,41	3,11	3,46	3,65

Примечание. В числителе данные для сопротивления разрыву; в знаменателе — излому.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что при сушке с непрерывным подогревом сукна продолжительность процесса невелика, а перегрев бумаги, обусловленный малым сопротивлением гигроскопической подложки, незначителен. Отсюда длительность теплового воздействия на материал при указанных условиях может быть сокращена путем увеличения температуры греющей поверхности, при сохранении высоких значений показателей механической прочности бумаги.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Аликин В. П. Физико-механические свойства природных целлюлозных волокон.— М.: Лесн. пром-сть, 1969.— 140 с. [2]. Бернштейн А. Л. Справочник статистических решений.— М.: Статистика, 1968.— 164 с. [3]. Испытание бумаги в картоне / С. А. Пузырев, М. Д. Иншаков, Е. Я. Балмасов, Н. Ф. Зотова-Спановская.— М.: Лесн. пром-сть, 1966.— 412 с. [4]. Красников В. В. Кондуктивная сушка.— М.: Энергия, 1973.— 288 с. [5]. Левина Л. Ф. Исследование сушки с непрерывным подогревом сукна и ее влияния на свойства типографской бумаги № 1: Автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук.— Красноярск, 1975.— 18 с. [6]. Левина Л. Ф., Левин Б. Д. Исследование влияния режимных параметров сушки на свойства бумаг и интенсивность процесса при непрерывном подогреве сукна // Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1978.— Вып. 6.— С. 17—21. [7]. Левина Л. Ф., Левин Б. Д. Динамика усадки бумаги при сушке // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 86—89.— (Изв. высш. учеб. заведений). [8]. Фляте Д. М. Свойства бумаги.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— 680 с.

УДК 577.15.02

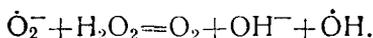
## РАЗЛОЖЕНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕРМЕНТОВ ЗЕЛЕННЫХ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

И. Я. КИСЕЛЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

В живых клетках зеленых листьев деревьев и кустарников при участии биологических катализаторов, называемых ферментами, протекает множество химических превращений, из которых складывается обмен веществ.

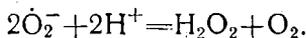
Большинство ферментов очень специфичны и катализируют только одну реакцию или один тип реакций. Например, дегидрогеназа катализирует отщепление атомов водорода от субстратов [2—5, 7]. Под действием фермента восстановленной цитохромоксидазы происходит полное четырехэлектронное восстановление  $O_2$  до  $2H_2O$ . При неполном, двух- и одноэлектронном, восстановлении  $O_2$  образуются соответственно пероксид водорода  $H_2O_2$  и супероксидный анион-радикал  $O_2^-$ . Последний может взаимодействовать с  $H_2O_2$ , выделяя более сильный окислитель, гидроксильный радикал  $\dot{O}H$ , по реакции Габера — Вейса [10]:



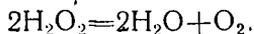
Образующийся молекулярный кислород может находиться в возбужденном (синглетном) состоянии, что делает его таким же сильным окислителем, как и гидроксильный радикал  $\dot{O}H$  [9]. Следовательно, присутствие  $H_2O_2$  и  $\dot{O}_2^-$  может приводить к возникновению токсических эффектов и повреждению живых клеток.

Например,  $H_2O_2$  и  $\dot{O}_2^-$  могут участвовать в реакциях перекисного окисления ненасыщенных жирных кислот, входящих в состав липидов мембран. Эти реакции ингибируются содержащимися в мембранах антиоксидантом  $\alpha$ -токоферолом и ферментом цитохромом. Поэтому в живых клетках должна быть высокоэффективная ферментная система защиты, которая предотвращала бы образование и накопление  $H_2O_2$  и  $\dot{O}_2^-$ . Основными компонентами такой системы являются каталаза, пероксидаза и супероксиддисмутаза [6].

Супероксиддисмутаза (активный центр этого фермента может содержать  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  или  $Mn^{2+}$ ) превращает  $\dot{O}_2^-$  в пероксид водорода и кислород по следующей реакции [6, 9]:



Железосодержащие ферменты каталаза и пероксидаза предотвращают накопление  $H_2O_2$ , разлагая ее на воду и кислород [6]:



Цель данной работы — изучение каталитической активности ферментов зеленых листьев древесных растений при воздействии на пероксид водорода. Экспериментальную часть работы проводили в течение трех сезонов 1987—1989 гг. от начала вегетационного периода и до осеннего опадения листьев.

Для опытов отбирали теневые и световые листья березы пушистой, клена остролистного и липы мелколистной различных возрастов, мест и условий произрастания.

Исследования выполняли на газоволюмометрической установке, в электролитическую ячейку которой помещали 100 мг мелконарезанной массы листа влажностью 75... 80 % и 20 мл 15 %-го водного раствора  $H_2O_2$  [8].

Продолжительность опыта составляла 1 ч при постоянном перемешивании раствора. Каталитическую активность ферментов при разложении  $H_2O_2$  оценивали объемом выделившегося с поверхности поперечного разреза частиц листовой пластинки кислорода, приведенного к нормальным условиям. При обработке экспериментальных данных использовали метод наименьших квадратов [1].

Интенсивное разложение  $H_2O_2$  под действием ферментов наблюдали в начале опыта, затем выделение  $O_2$  постепенно замедлялось (рис. 1). Максимальный объем выделившегося  $O_2$  в опытах с листьями березы, клена и липы составил соответственно 40,0; 37,3; 35,2 мл. Длительное воздействие пероксида водорода приводит к пожелтению листьев и прекращению выделения кислорода. Установлено, что ферменты зеленых листьев березы, клена и липы обладают высокой каталитической активностью в течение всего сезона.

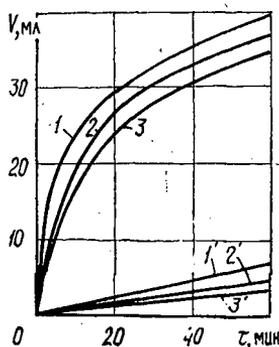


Рис. 1. Кинетические кривые выделения кислорода при разложении  $H_2O_2$  под действием ферментов зеленых (кривые 1, 2, 3) и пожелтевших (кривые 1', 2', 3') листьев березы (1, 1'), клена (2, 2'), липы (3, 3')

Осенью с изменением окраски листьев и при температуре менее  $10^\circ C$  происходит понижение каталитической активности их ферментов. Максимальный объем кислорода, выделившегося в опытах с опавшими листьями березы, клена и липы, составил соответственно 6,75; 5,0; 4,5 мл. Следовательно, к периоду осеннего листопада эффективность действия ферментной системы защиты понижается в 6—8 раз. Это, прежде всего, можно объяснить количественными изменениями ферментов, связанными с их оттоком из листьев в кору побегов и ветвей дерева.

Также изучали воздействие температуры на каталитическую активность ферментов. Термическую обработку навесок зеленых листьев проводили в течение 2 ч при температурах до  $100^\circ C$  как в воздушной, так и в водной средах.

С повышением температуры обработки наблюдали уменьшение объема кислорода, выделившегося в течение 1 ч при разложении  $H_2O_2$  (рис. 2). При температуре  $70^\circ C$  выявлена полная потеря каталитической активности ферментов зеленых листьев березы, клена и липы и прекращение разложения  $H_2O_2$  с выделением  $O_2$ .

Хранение в лабораторных условиях воздушно-сухих (влажность 10... 12 %) навесок зеленых листьев в течение 12 месяцев незначительно понижает каталитическую активность ферментов.

Экспериментально доказано, что после воздействия низких температур (до  $-30^\circ C$ ) в зимний период ферменты, находящиеся в коре побегов и ветвей дерева, сохраняют свою каталитическую активность.

Итак, наличие в живых клетках зеленых листьев древесных растений высокоэффективной ферментной системы защиты от воздействия

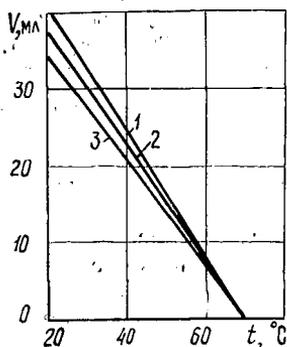


Рис. 2. Зависимость объема выделившегося кислорода от температуры при разложении  $H_2O_2$  под действием ферментов зеленых листьев березы (1), клена (2), липы (3)

$H_2O_2$  свидетельствует о том, что пероксид водорода может образовываться в процессе обмена веществ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Батунер Л. М., Позин М. Е. Математические методы в химической технике.—Л.: Химия, 1971.—824 с. [2]. Говинджи. Фотосинтез: В 2 т. / Пер. с англ. под ред. А. А. Красновского, Ф. Ф. Литвина.—М.: Мир.—Т. 1.—1987.—727 с.; Т. 2.—1987.—470 с. [3]. Де Дюв, К. Путешествие в мир живой клетки / Пер. с англ.—М.: Мир, 1987.—256 с. [4]. Крамер П. Д., Козловский Т. Т. Физиология древесных растений: Пер. с англ.—М.: Лесн. пром-сть, 1983.—464 с. [5]. Ленинджер А. Биохимия. Молекулярные основы структуры и функций клеток / Пер. с англ. под ред. А. А. Баева, Я. М. Варшавского.—М.: Мир, 1974.—956 с. [6]. Прайор У. Свободные радикалы в биологии: Пер. с англ. под ред. Н. М. Эмануэля.—М.: Мир, 1979.—Т. 1.—318 с. [7]. Тарабрин А. Д. Как живет дерево.—М.: Лесн. пром-сть, 1974.—141 с. [8]. Шамб У., Сеттерфилд Ч., Вентворе Р. Перекись водорода.—М.: Изд-во иностр. лит., 1958.—578 с. [9]. Fridovich J. Superoxide dismutases defence against endogenous superoxide radical. Oxygen free radicals and tissue damage.—Amsterdam: Excerpta, Medica, 1979.—P. 77. [10]. Halliwell B., Gutteridge J. M. C. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease // Biochem. J.—1984.—219, N 1.—P. 1.

Поступила 2 июля 1990 г.

УДК [547.597.1 : 51] : 541.11

### ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИХ АДДИТИВНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРЕНОВ

А. И. ЛАМОТКИН, И. В. МАМОНЕНКО, И. Л. ШУЛЬГИН

Белорусский технологический институт

В природе существуют четыре изомерные формы каренов, различающиеся положением двойной связи: 2-карен (3, 7, 7-триметилбицикло [4, 1, 0] гепт-2-ен); 3-карен (3, 7, 7-триметилбицикло [4, 1, 0] гепт-3-ен); 4-карен (4, 7, 7-триметилбицикло [4, 1, 0] гепт-2-ен);  $\beta$ -карен (3-метил-7,7-диметилбицикло [4, 1, 0] гептан).

С термодинамической точки зрения они относятся к малоизученным соединениям. Высокая реакционная способность каренов к окислению, изомеризации и полимеризации, а также малодоступность 4- и  $\beta$ -каренов существенно ограничивают возможности изучения термодинамических свойств рассматриваемых соединений экспериментальными методами. В настоящее время для установления термодинамических

характеристик органических веществ все шире используют расчетные методы, в частности, полуэмпирические аддитивные. Но, их возможности для углеводородов карановой структуры изучены недостаточно.

Цель данной работы — установление стандартных энтальпий образования при 298 К ( $\Delta H_f^0$ ), стандартных „абсолютный энтропий ( $S_{298}^0$ ) и молярных изобарных теплоемкостей при 300 и 800 К ( $c_{p,300}^0$  и  $c_{p,800}^0$ ) полуэмпирическими аддитивными методами для каренов. Из имеющихся в литературе сведений для решения поставленной задачи были выбраны метод Бенсона (метод 1), позволяющий получать достаточно надежные значения  $\Delta H_f^0$  для широкого класса веществ [4], и один из наиболее современных аддитивных методов, учитывающий вклад эффективного атома в образование циклической системы молекулы (метод 2). Последний опробован при определении  $\Delta H_f^0$  для ряда циклических и полициклических углеводородов, в том числе монотерпеновых [1]. Расчеты проводят для идеально-газового состояния веществ, погрешность методов авторы оценивают в 5...6 кДж/моль.

Определение  $\Delta H_f^0$  по методу Бенсона затруднено тем, что в литературе отсутствуют поправки на напряжение в двух бициклах: бицикло [4, 1, 0] гепт-2-ен и бицикло [4, 1, 0] гепт-3-ен. При оценке недостающих данных мы использовали рекомендации автора метода С. В. Бенсона: поправки на цикл для [4, 1, 0] гепт-2-ена принимали равными сумме напряжений циклов в циклопропане и циклогексадиене-1,3, а для [4, 1, 0] гепт-3-ен — в циклогексадиене-1,4.

Сложную задачу представляло нахождение поправок по методу 2. Для рассматриваемых бициклических соединений поиск поправок мы осуществляли в два этапа.

1. Для нахождения аддитивных поправок трехчленных циклов использовали данные о  $\Delta H_f^0$  для 10 циклопропановых соединений [2] и рассчитали четыре константы в кДж/моль  $H_2^3$  (18,4),  $H_3^3$  (30,9),  $H_4^3$  (42,0),  $H_5^3$  (132,5), применив обозначения работы [1]. Обработку результатов провели методом наименьших квадратов, для наиболее надежных данных ввели весовой множитель. Стандартные энтальпии образования 1,2,2-триметилциклопропана и 1,1,2,2-тетраметилциклопропана явно выпадают из расчетной схемы, что отмечено в работе [2].

2. Для нахождения констант  $H_3^{3,6}$  (32,9),  $H_4^{3,6}$  (53,5), соответствующих атомам углерода, принадлежащим трех- и шестичленным циклам одновременно, использовали данные о  $\Delta H_f^0$  для 10 бициклических углеводородов [2]. Максимальное и минимальное отклонение стандартных энтальпий образования составило 5,1 и 0,5 кДж/моль соответственно, среднеквадратичное отклонение — 2,2 кДж/моль.

После определения поправок по двум методам провели расчет стандартных энтальпий образования для четырех изомерных форм каренов. Эти результаты и литературные данные приведены в табл. 1.

Таблица 1

Углеводород	$\Delta H_f^0$ , кДж/моль			
	Экспериментальные		Рассчитанные	
	по [2]	по [3]	по [4]	по [1]
2-карен	25,2	22,0	34,1	20,1
3-карен	18,7	18,8	15,1	20,1
4-карен	—	—	40,5	30,3
$\beta$ -карен	—	—	30,8	32,3

Как видно из таблицы, значения  $\Delta H_{f,298}^0$  по методу 2 [1] более близки к экспериментальным данным, чем значения, определенные по методу 1 [4]. Это подтверждает целесообразность введения авторами метода 2 новой характеристики эффективного атома, названной ими «циклическостью». Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования полуэмпирического аддитивного метода для определения стандартных энтальпий образования бициклических соединений типа каренов. Равенство значений  $\Delta H_{f,298}^0$  для 2- и 3-каренов, рассчитанных данным методом, объясняется тем, что авторы оперируют вкладом атомов с учетом их неполного первого окружения.

Для нахождения стандартной абсолютной энтропии и молярной теплоемкости каренов использовали полуэмпирический аддитивный «метод разностей», разработанный О'Нилом и Бенсоном для циклических и полициклических соединений [5]. Погрешность данного метода составляет 4...5 Дж/(моль·К). Одно из достоинств этого способа — возможность расчета  $S_{298}^0$  и  $c_{p,T}^0$  для полициклических углеводородов, что невозможно обычным методом Бенсона [4].

Эти расчеты проводили в два этапа.

1. Сначала рассчитывали внутреннюю энтропию [5]  $S_{298}^0 \text{ int}$  и  $c_{p,300}^0$ ,  $c_{p,800}^0$  для базисных соединений: I (бицикло [4, 1, 0] гептан) для  $\beta$ -карена, II (бицикло [4, 1, 0] гепт-2-ен) для 4-, 2-каренов и III (бицикло [4, 1, 0] гепт-3-ен) для 3-карена (табл. 2).

2. Далее расчет проводился уже для четырех изомеров карена по аддитивной схеме Бенсона с учетом числа изомеров оптических и вращения [5].

Таблица 2

Базисное соединение	$S_{298}^0 \text{ int}$ , Дж/(моль·К)	$c_p^0$ , Дж/(моль·К), при температуре, К	
		300	800
I	328,4	115,1	301,7
II	320,9	106,7	274,9
III	326,8	109,6	275,3

Полные результаты расчетов термомеханических характеристик четырех изомеров карена приведены в табл. 3.

Таблица 3

Углеводород	$S_{298}^0$ , Дж/(моль·К)	$c_p^0$ , Дж/(моль·К), при температуре, К	
		300	800
2-карен	408,2	179,4	421,0
3-карен	414,1	182,3	421,4
4-карен	410,6	175,6	421,3
$\beta$ -карен	410,3	174,4	422,3

Полученные результаты свидетельствуют о возможности расчета термодинамических характеристик каренов полуэмпирическими аддитивными методами. Для соединений столь сложной структуры, какими являются карены, целесообразно применять узкоспециализированные методы, которые дают большую точность, чем универсальные. Значения термодинамических характеристик каренов могут быть использованы для оценки термодинамической стабильности каренов в широком температурном интервале (300...800 К) и объяснения с позиций тер-

динамики процессов взаимных превращений данных терпеновых углеводов, а также для определения оптимальных технологических режимов их переработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кабо Г. Я., Роганов Г. Н., Филиппенко З. А. Термодинамика изомеризации *n*-ментадиенов и аддитивность свойств циклических углеводов // Журн. физ. химии.—1987.—61, вып. 2.—С. 2885—2889. [2]. Колесов В. П., Козина М. П. Термохимия органических и галогенорганических соединений // Успехи химии.—1986.—55, № 10.—С. 1603—1632. [3]. Лукьянова В. А. Энтальпии сгорания соединений ряда бицикло[4, 1, 0]гептана и некоторых моно- и полициклических соединений: Автореф. дис. ... канд. хим. наук.—М., 1988.—16 с. [4]. Benson S. W. Thermochemical kinetics.—N. Y.: Wiley, 1976.—313 p. [5]. O'Neal H. E., Benson S. W. Entropies and heat capacities of cyclic and polycyclic compounds // J. Chem. Eng. Data.—1970.—15, N 2.—P. 266—276.

Поступила 12 июля 1990 г.

УДК 674.815-41

## МОДИФИКАЦИЯ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ ТАЛЛОВОЙ КАНИФОЛЮ

С. Д. КАМЕНКОВ, И. А. ГАМОВА, Г. И. ЦАРЕВ

Ленинградская лесотехническая академия

Ранее проведенными исследованиями было показано [2], что введение талловой канифоли в состав прессмассы на основе композиционного связующего, состоящего из карбаминоформальдегидной смолы и фенолоспиртов, позволяет в 2 раза уменьшить выделение формальдегида при термообработке прессмассы. Это открывает направление исследований по снижению токсичности материалов, полученных с использованием карбаминоформальдегидных олигомеров.

Цель данной работы — проверка возможности снижения токсичности древесностружечных плит (ДСтП) за счет модификации смолы талловой канифолью.

В работе использовали карбаминоформальдегидную смолу марки КФ-МТ и талловую канифоль марки «В» (ГОСТ 14201—73).

В настоящее время при производстве ДСтП для смешивания стружки со связующим используют быстроходные смесители, предусматривающие, как правило, совместное введение компонентов. Это позволяет равномерно распределять добавки и отвердитель в смоле, четко регулировать свойства связующего.

Талловая канифоль практически нерастворима в воде, поэтому для совмещения со связующим её использовали в виде эмульсии. Для получения эмульсии канифоль подвергали частичному омылению. Нагретую до 80...90 °С канифоль обрабатывали 25 %-м раствором аммиака при интенсивном перемешивании на быстроходной мешалке. Расход аммиака и степень омыления регулировали по величине кислотного числа канифоли [3]. Готовили водную эмульсию канифоли концентрацией 20 и 30 % на ультразвуковом диспергаторе УЗДН-2Г.

Влияние степени омыления канифоли на свойства эмульсии представлено в табл. 1.

Из приведенных в таблице данных видно, что стабильная эмульсия концентрацией 30 % может быть получена только при степени омыления 30 %. Но увеличение степени омыления приводит к увеличению рН и времени желатинизации связующего. Поэтому для дальнейших исследований использовали эмульсию 20 %-й концентрации при степени омыления канифоли 20 %. Смешивание эмульсии талловой ка-

Таблица 1

Концентрация эмульсии, %	Степень омыления канифоли, %	Вязкость, с	Жизнеспособность, ч
20	10	16	< 0,5
	20	13	> 24
	30	13	> 24
30	10	17	< 0,5
	20	14	< 0,5
	30	13	> 8,0

Таблица 2

Содержание абс. сухой канифоли, % от абс. сухой смолы	Концентрация связующего, %	Вязкость, с	pH
5	59	29	6,5
7	57	26	7,0
10	54	26	7,5
15	50	26	8,3

нифоли с карбамидоформальдегидной смолой производили на быстросходной мешалке.

Установлено (табл. 2), что введение эмульсии талловой канифоли не оказывает отрицательного влияния на физические свойства связующего. При этом жизнеспособность, определенная как время до момента расслоения смеси эмульсия — связующее, остается величиной постоянной и равной 24 ч. В табл. 3 приведены результаты исследований влияния вида и количества катализатора на время желатинизации модифицированного связующего. Увеличение концентрации эмульсии талловой канифоли в связующем удлиняет время его желатинизации. При массовой доле хлористого аммония 2 % от массы абс. сухой смолы вязкость связующего увеличивается, что создает значительные трудности при нанесении его на древесные частицы. Требуемое по технологии время отверждения может быть достигнуто для связующих, содержащих до 10 % талловой канифоли, при использовании в качестве катализатора 1,5 % персульфата аммония.

Таблица 3

Катализатор	Концентрация катализатора, % от абс. смолы	Время желатинизации, с, при содержании абс. сухой канифоли, % от абс. сухой смолы				
		0	5	7	10	15
NH <sub>4</sub> Cl	1,0	81	102	134	168	310
	1,5	74	82	95	110	169
	2,0	66	76	84	93	119
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	0,7	79	116	158	192	383
	1,0	68	74	87	102	156
	1,5	58	63	71	79	128

Для оценки токсичности модифицированного связующего изготавливали однослойные ДСтП плотностью 800 кг/м<sup>3</sup>, содержащие 12 % связующего от массы абс. сухой древесины, при температуре 180 °С, давлении 2,2 МПа и времени выдержки в прессе 0,5 мин на каждый миллиметр плиты. Токсичность определяли термогидролитическим методом [1] с применением ацетилацетона [4].

Полученные результаты (рис. 1) показывают, что введение 5 % талловой канифоли от массы абс. сухой смолы позволяет почти вдвое снизить токсичность ДСтП. Дальнейшее увеличение содержания канифоли не оказывает существенного влияния на этот показатель. Можно предположить, что смоляные кислоты абиетинового типа, входящие в состав канифоли, образуют аддукт по реакции Принса с выделяющимся при отверждении смолы формальдегидом. Присутствие в связующем талловой канифоли улучшает прочностные показатели плит, что можно объяснить пластифицирующим влиянием смоляных кислот на карбамидоформальдегидную смолу.

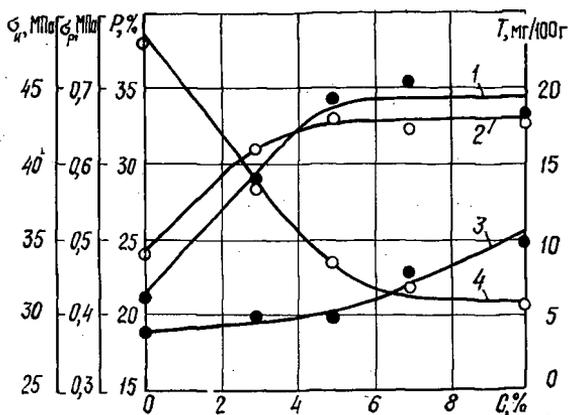
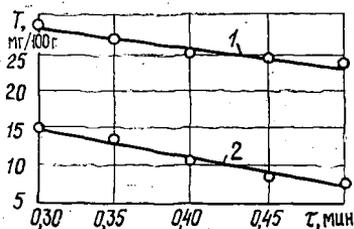


Рис. 1. Влияние содержания талловой канифоли  $C$  на токсичность и физико-механические свойства древесностружечных плит: 1 — предел прочности при растяжении  $\sigma_p$  перпендикулярно пласти плиты; 2 — предел прочности при статическом изгибе  $\sigma_{и}$ ; 3 — разбухание  $P$  за 24 ч; 4 — токсичность  $T$

Следует отметить, что при массовой доле канифоли в связующем более 5 % разбухание плит несколько возрастает. Таким образом, рациональное массовое содержание канифоли — 5 % от массы абс. сухой смолы.

Анализ данных, представленных на рис. 2, позволяет сделать вывод о том, что низкотоксичные плиты на основе модифицированного связующего могут быть получены при времени выдержки в прессе 0,45... 0,50 мин на 1 мм плиты.

Рис. 2. Влияние времени выдержки в прессе  $\tau$  на токсичность древесностружечных плит  $T$  без канифоли (1) и с добавлением канифоли (2)



Следовательно, модификация карбамидоформальдегидной смолы 5 % талловой канифоли позволяет получить низкотоксичные ДСтП с улучшенными прочностными свойствами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Васильев В. В., Комарова Е. Е. Исследование эмиссионного термогидролитического метода определения формальдегида, выделяющегося из древесностружечных плит // Технология древесных пластиков и плит: Межвуз. сб.— Свердловск, 1987.— С. 42—45. [2]. Каменков С. Д., Гамова И. А., Царев Г. И. Модификация композиционного связующего талловой канифолью // Лесн. журн.— 1989.— № 2.— С. 87—90.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Киселев В. С. Руководство к практическим занятиям по технологии пленкообразующих веществ.— М.; Л.: Госхимиздат, 1948.— 384 с. [4]. Комарова Е. Е., Рошмаков Б. В., Васильев В. В. Определение формальдегида, выделяющегося из древесностружеч-

ных плит, фотокалориметрическим методом с использованием ацетилацетона // Плиты и фанера.— 1987.— № 12.— С. 16—19.

Поступила 23 июля 1990 г.

УДК 541.127 : 547.458

## УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ЕДИНОГО ОПИСАНИЯ КИНЕТИКИ РЕАКЦИЙ ГИДРОЛИЗА

С. А. ПАЮСОВ, В. С. КРЫЛОВ, Л. Н. ШАРЫПОВА

Уральский лесотехнический институт

Известно, что химическая кинетика не имеет универсальных уравнений, способных описать кинетические кривые равновесных реакций при выходе их в область периода, где они становятся параллельными оси времени. Уравнения продолжают неадекватно описывать уменьшение содержания начальных реагентов и в то время, когда этого изменения не происходит.

В данной работе приведен способ получения кинетического уравнения Паюсова — Крылова (ПК), позволяющего по небольшому числу экспериментальных данных о содержании одного из реагентов (основного, наименьшего по начальному содержанию) предсказать и вычислить равновесие (или его отсутствие) в конце процесса. При этом мы исходим из феноменологического представления, что скорость превращения реагента в реакции зависит не только от его содержания, но и от его химической предрасположенности к реакции, термодинамического состояния в этой химической среде, которое удобно выразить или потенциалом Гиббса ( $G$ ), если процесс осуществляется при постоянном давлении, или Гиббса — Гельмгольца, если он идет при постоянном объеме. Эта концепция может быть выражена уравнением

$$dn/dt = IG, \quad (1)$$

где  $n$  — число частиц превращающегося реагента;  
 $t$  — время;  
 $I$  — коэффициент пропорциональности.

По отношению к  $G$  сохраняем первоначальный термин «потенциал», поскольку в уравнении (1) он выражает именно потенциальные возможности основного реагента к дальнейшему превращению.

Введем допущение, что молекулы основного реагента распределены в остальной химической среде (среди других реагентов) и ведут себя в ней как в статистическом фазовом пространстве, т. е. к ним применимо распределение Максвелла — Больцмана:

$$W = n! \prod q_i^{n_i} / n_i!, \quad (2)$$

где  $W$  — термодинамическая вероятность;  
 $q_i$  — статистический вес,

$$q_i = n_i e^{\alpha + \beta E_i}; \quad (3)$$

$\alpha, \beta$  — некоторые константы;

$E_i$  — средняя энергия для  $n_i$  молекул в энергетическом слое  $E_i + \Delta E_i$ .

Воспользуемся известными выражениями

$$G = H - TS; \quad (4)$$

$$S = k \ln W; \quad (5)$$

$$E = \sum n_i E_i; \quad (6)$$

$$S_n = kn\alpha + k\beta E + kn, \quad (7)$$

где  $H$  — энтальпия;  
 $S$  — энтропия\*;  
 $E$  — полная энергия всех молекул основного реагента;  
 $T$  — температура;  
 $k$  — постоянная Больцмана.

Применив их вместе с уравнениями (2) и (3), получим одну из анаформ гипотезы (1):

$$\frac{dc}{c(-\ln c) dt} = -\frac{IG_n}{n \ln c} + IkT \frac{\ln n_0 - 1}{\ln c} + IkT, \quad (8)$$

в которой содержание основного реагента выражено в долях от первоначального количества  $n_0$  или  $c_{mo}$ :

$$c = n/n_0 = c_m/c_{mo}. \quad (9)$$

Здесь  $c_m$  — содержание реагента в любых других физико-химических единицах.

Обозначив

$$\gamma = IkT (\ln n_0 - 1); \quad (10)$$

$$\bar{G} = G_n/n, \quad (11)$$

перепишем уравнение (8) в виде выражения:

$$\frac{dc}{c(-\ln c) dt} = \frac{\gamma - I\bar{G}}{\ln c} + IkT, \quad (12)$$

в котором  $\bar{G}$  относится в среднем к одной молекуле основного реагента.

Уравнение (12) нельзя интегрировать, если в процессе реакции потенциал  $\bar{G}$  будет изменяющейся величиной. Поэтому попытаемся оценить возможные изменения составляющих уравнения (12) при увеличении продолжительности реакции. Для упрощения рассмотрения полагаем, что коэффициент пропорциональности  $I > 0$ . Нет сомнений в том, что числитель первого слагаемого — величина конечная. Отсюда следует, что если в самом начале реакции не все молекулы основного реагента активны, способны к немедленному превращению (т. е. при  $c_0 \neq 1$ ,  $\ln c_0 \neq 0$ ), то все выражение (12) является также конечным при  $t = 0$ . На рис. а это отмечено точками пересечения кривой  $I$  с осью ординат. Очевидно, что первое слагаемое может быть как отрицательным, так и положительным числом, поскольку  $\ln c < 0$  во всем периоде реакции, кроме точки  $c_0 = 1$  при  $t = 0$ . При отрицательных значениях первого слагаемого оно будет вычитаться из второго в периоде реакции до тех пор, пока все выражение (12), непрерывно уменьшаясь, не окажется равным нулю. На рис. а это показано точкой пересечения кривой  $I$  с осью абсцисс. Реакция в этой точке прекращается, достигая равновесия. Отсюда, приравнявая к нулю правую часть уравнения (12), получаем

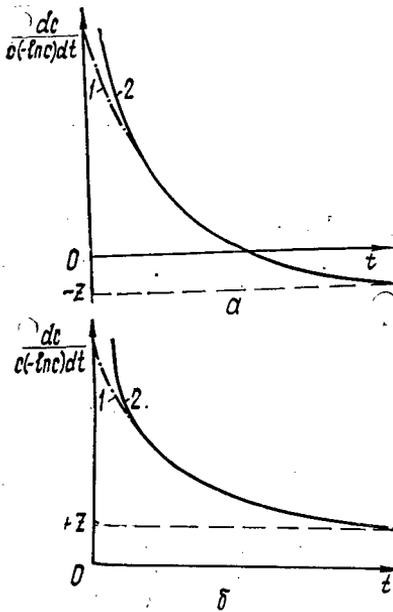
$$\bar{G}_\infty = kT (\ln c_\infty + \ln n_0 - 1) = kT (\ln n_\infty - 1). \quad (13)$$

Значит, нет оснований для заключения, что потенциал  $\bar{G}$  в периоде реакции будет меняться в направлении, противоположном изменению содержания реагента  $c$ . При этих обстоятельствах становится возмож-

\* Индекс «н» здесь и далее обозначает неразделимые молекулы.

ной замена кривой 1 на кривую 2 (рис. а), описываемую уравнением

$$\frac{dc}{c(-\ln c)dt} = \frac{y}{t} + z, \quad (14)$$



Проведение кинетических кривых в периоде равновесной (а) и необратимой (б) реакций: 1 — по уравнению (13); 2 — по уравнению (15)

т. е. приближением весьма высокой точности в кинетическом участке периода реакции, за исключением самого начала, когда начальная ее скорость была конечной величиной (для реакции с  $c_0 = 1$  совпадение кривых 1 и 2 будет полным и в начальном периоде реакции). Разумеется, что в точке равновесия и далее уравнение (12) приобретает постоянное нулевое значение, в то время как уравнение (14) будет описывать мнимую кинетическую кривую с противоположным знаком скорости реакции. Но здесь важно то, что оба уравнения способны фиксировать момент наступления равновесия, так как кривые 1 и 2 пересекают ось абсцисс (рис. а) в одной и той же точке равновесия, т. е. при

$$t_{min} = -y/z. \quad (15)$$

Интегральная кривая, полученная из уравнения (14)

$$c_{ПК} = e^{-xt^y e^{zt}}, \quad (16)$$

будет иметь в этой точке минимум.

Коэффициент  $z$ , согласно поведению кривой 2, будет отрицательной, но постоянной величиной.

Итак, располагая несколькими экспериментальными значениями содержания основного реагента  $c$ , в любом участке периода реакции, можно вычислить методом наименьших квадратов по отношению к анаформе уравнения (16):

$$\ln(-\ln c_s) = \ln x + y \ln t + zt \quad (17)$$

значения коэффициентов  $x$ ,  $y$ ,  $z$ .

Если при этом  $y > 0$  и  $z < 0$ , то делают заключение о наличии равновесия. Используя уравнения (15) и (16), вычисляют далее момент наступления равновесия  $t_{min}$  и остаточное содержание основного реагента при  $t_{min}$ . Далее для проверки предсказанного уравнениями (15) и (16) равновесия следует поставить эксперимент уже в этой, вычисленной точке равновесия, или около нее, минуя все промежуточные.

Таким образом, уравнение ПК открывает новый путь в планировании эксперимента, существенно сокращая его. Это позволит избежать ошибочных заключений об обратимости или необратимости реакций, связанных с метрологической несовместимостью начальных и конечных

экспериментов, если равновесие наступает через длительное время (см. таблицу), например более чем через 6 сут (реакции 1.27.2 и 1.18.3). В традиционном планировании эксперимент вели бы более 6 сут до постоянных значений остаточного содержания основного реагента. При этом трудно было бы избежать непостоянства условий метрологически одинакового обеспечения эксперимента от начала до конца. Например, упомянутая уже реакция 1.27.2 ( $t_{min} = 6,75$  сут) рассматривается ис-

Тип, порядок, шифр реакции	Критерий Стьюдента	Коэффициенты уравнения Гаусова — Крылова	Квадратичное отклонение*, момент наступления равновесия	ln t	Содержание основного реагента		
					экспериментальное $c_9$	расчетное	
						$c_{ПК}$	$c_{авт}$
Гидролиз этилбромиды [6]; первый; 3.28	$\theta_{теор} = 1,94$ $\theta_{ПК} = 0,29$ $\theta_{авт} = 1,20$	$x = 1,0302 \cdot 10^{-5}$ $y = 0,9273$ $z = 4,1150 \cdot 10^{-7}$	0,006 0,005 —	9,575	0,930	0,928	0,934
				10,491	0,838	0,839	0,843
				11,485	0,623	0,636	0,631
				12,393	0,326	0,328	0,319
				12,951	0,136	0,133	0,136
				13,307	0,056	0,049	0,058
				13,991	0,001	0,001	0,004
Гидролиз метилнитрата [7]; первый; 1.27.2	$\theta_{теор} = 1,83$ $\theta_{ПК} = 0,06$ $\theta_{авт} = 1,20$	$x = 5,1967 \cdot 10^{-6}$ $y = 1,0874$ $z = -1,8654 \times 10^{-6}$	0,004 0,010 6,75 сут	8,963	0,918	0,916	0,911
				9,575	0,838	0,845	0,842
				9,980	0,774	0,773	0,773
				10,268	0,708	0,706	0,709
				10,491	0,648	0,646	0,651
				10,714	0,582	0,578	0,584
				10,916	0,512	0,511	0,518
				11,112	0,444	0,444	0,449
11,302	0,372	0,378	0,380				
11,529	0,304	0,302	0,297				
Омыление изопрояацетата щелочью [5]; второй, неэквивалентный; 3.52	$\theta_{теор} = 1,94$ $\theta_{ПК} = 0,03$ $\theta_{авт} = 4,57$	$x = 1,0495 \cdot 10^{-4}$ $y = 1,4055$ $z = -3,6747 \times 10^{-4}$	0,03 110,67 1,1 ч	5,193	0,888	0,865	0,886
				5,481	0,764	0,808	0,853
				6,174	0,582	0,597	0,738
				6,867	0,363	0,318	0,572
				7,090	0,226	0,238	0,510
				7,528	0,131	0,124	0,383
7,808	0,077	0,084	0,304				
Омыление $\alpha$ -бромпропионовой кислоты [7]; второй, неэквивалентный; 1.28	$\theta_{теор} = 1,76$ $\theta_{ПК} = 0,24$	$x = 7,6602 \cdot 10^{-4}$ $y = 0,9570$ $z = 1,0165 \cdot 10^{-5}$	0,005 0,006 —	4,595	0,940	0,940	0,941
				4,913	0,910	0,919	0,921
				5,278	0,900	0,887	0,888
				5,598	0,850	0,850	0,849
				5,914	0,800	0,802	0,801
				6,205	0,750	0,747	0,744
				6,436	0,690	0,649	0,690
				6,655	0,635	0,637	0,632
				6,848	0,585	0,581	0,576
				7,065	0,510	0,512	0,507
				7,557	0,335	0,340	0,338
				7,869	0,225	0,231	0,232
				8,105	0,160	0,157	0,162
8,333	0,100	0,098	0,105				
8,620	0,045	0,045	0,052				
Омыление гипохлорит-иона ( $c_{мо} = 0,0127$ моль/л); [3]; не приведен; 3.58.1	$\theta_{теор} = 2,02$ $\theta_{ПК} = 0,13$	$x = 5,8116 \cdot 10^{-5}$ $y = 0,9497$ $z = -6,3421 \times 10^{-6}$	0,009 — 1,6 сут	6,908	0,961	0,960	—
				8,006	0,890	0,892	—
				9,210	0,701	0,711	—
				9,903	0,543	0,540	—
				10,597	0,370	0,354	—
				11,513	0,189	0,194	—

Продолжение таблицы

Тип, порядок, шифр реакции	Критерий Стьюдента	Коэффициенты уравнения Паюсова — Крылова	Квадратичное отклонение <sup>6</sup> , момент наступления равновесия	ln t	Содержание основного реагента		
					экспериментальное $c_{\Sigma}$	$c_{ПК}$	$c_{авт}$
Омыление гипохлорит-иона ( $c_{\text{мо}} = 0,0271$ моль/л); не приведен; 3.58.2	$\theta_{\text{теор}} = 2,02$	$x = 3,0199 \cdot 10^{-4}$	$\frac{0,01}{—}$	7,601	0,849	0,846	—
	$\theta_{ПК} = 0,13$	$y = 0,8330$	—	9,210	0,528	0,545	—
		$z = -6,7332 \times 10^{-6}$	1,4 сут	9,903	0,358	0,364	—
				10,309	0,273	0,266	—
				10,820	0,185	0,170	—
				11,513	0,100	0,105	—
Омыление аллилхлорида [6]; второй неэквивалентный; 3.29	$\theta_{\text{теор}} = 2,13$	$x = 1,6337 \cdot 10^{-5}$	$\frac{0,004}{0,010}$	10,076	0,872	0,873	0,879
	$\theta_{ПК} = 0,05$	$y = 0,8961$	—	11,133	0,709	0,704	0,701
	$\theta_{авт} = 1,38$	$z = 3,5305 \cdot 10^{-9}$	—	11,454	0,623	0,626	0,619
				11,945	0,478	0,483	0,473
				12,392	0,340	0,337	0,330
Омыление этилацетата ( $c_{\text{мо}} = 16$ моль/л) [2]; второй эквивалентный; 1.25.2	$\theta_{\text{теор}} = 2,13$	$x = 0,6240 \cdot 10^{-3}$	$\frac{0,003}{0,010}$	5,704	0,640	0,639	0,648
	$\theta_{ПК} = 0,04$	$y = 0,7444$	—	6,802	0,384	0,387	0,381
	$\theta_{авт} = 0,17$	$z = -1,0844 \times 10^{-4}$	1,9 ч	7,313	0,270	0,272	0,269
				7,650	0,214	0,209	0,208
				8,102	0,144	0,146	0,144
Омыление этилацетата ( $c_{\text{мо}} = 0,02$ моль/л) [1]; второй эквивалентный; 3.54	$\theta_{\text{теор}} = 2,35$	$x = 7,5072 \cdot 10^{-3}$	$\frac{0,010}{0,006}$	5,704	0,640	0,637	0,644
	$\theta_{ПК} = 0,10$	$y = 0,7224$	—	7,230	0,270	0,286	0,282
	$\theta_{авт} = 1,10$	$z = -7,6868 \times 10^{-5}$	2,6 ч	8,102	0,144	0,132	0,141
				8,882	0,069	0,071	0,070
Гидролиз триметилбромметана [3]; порядок не приведен; 1.18.3	$\theta_{\text{теор}} = 2,13$	$x = 8,9206 \cdot 10^{-7}$	$\frac{0,002}{—}$	9,903	0,811	0,809	—
	$\theta_{ПК} = 0,02$	$y = 1,2540$	—	10,597	0,613	0,616	—
		$z = -2,0962 \times 10^{-6}$	6,9 сут	11,002	0,463	0,462	—
				11,513	0,263	0,260	—
				11,918	0,132	0,133	—
Гидролиз сахарозы в глюкозу и фруктозу [2]; первый; 3.48	$\theta_{\text{теор}} = 1,90$	$x = 1,0427 \cdot 10^{-6}$	$\frac{0,002}{0,003}$	11,363	0,925	0,925	0,926
	$\theta_{ПК} = 0,17$	$y = 0,9881$	—	12,464	0,790	0,792	0,794
	$\theta_{авт} = 0,74$	$z = 5,0635 \cdot 10^{-9}$	—	12,958	0,683	0,684	0,685
				13,432	0,546	0,545	0,544
				13,653	0,472	0,469	0,468
				13,831	0,405	0,405	0,403
				13,988	0,350	0,348	0,346
				14,401	0,202	0,204	0,201

\* В числителе данные для  $S_{ПК}$ ; в знаменателе — для  $S_{авт}$ 

следователями [7] как необратимая, хотя, по нашим данным, она содержит в равновесии и далее  $c_{\text{мин}} c_{\text{мо}} = 0,039 \cdot 0,02153 = 0,0008$  моль/л метилнитрата. Заключение о необратимости сделано исследователями за 28,3 часа эксперимента, когда истинное остаточное содержание метилнитрата составляло  $0,304 \cdot 0,02153 = 0,0065$  моль/л. Очевидно, что уже это содержание, по сравнению с начальным  $c_{\text{мо}} = 0,02153$  моль/л, было принято за соизмеримое с ошибкой анализа и эксперимента в целом. При сравнительно небольшом времени наступления равновесия, сделан правильный вывод о стремлении ее к равновесию (реакция 3.52).

В отношении реакций 3.28; 1.28; 3.29 и 3.48 исследователями сделано заключение об их необратимости. Обработка по уравнениям (15) и (16) показала, что коэффициенты  $y$  и  $z$  положительны.

В случае необратимой реакции эти коэффициенты действительно должны быть положительны, если повторить рассуждения, приведенные в отношении уравнений (12) и (14). В самом деле, для необратимой реакции величина  $\ln c \rightarrow -\infty$ , все первое слагаемое в уравнении (12) с возрастанием  $t$  стремится к нулю, а само уравнение, в конечном итоге, — к постоянному положительному значению:

$$z = Ikt, \quad (18)$$

как это показано на рис. б. Заметим, что для равновесных реакций  $z \neq Ikt$ .

Таким образом, по знакам коэффициентов  $y$  и  $z$  в уравнении ПК можно судить о необратимости реакции или стремлении ее к равновесию по небольшому (не менее трех) числу экспериментальных кинетических данных, находящихся в любом участке периода реакции. Это позволяет предсказывать момент наступления равновесия, вычислять равновесное содержание реагентов и, при наличии адекватного уравнения химической реакции, определять константу равновесия без постановки длительного эксперимента по обнаружению этих величин. Известно, что современная химическая кинетика альтернативных инструментов для познания природы реакции не имеет.

В заключение укажем, что в таблице для сравнения приведены кинетические содержания основного реагента, вычисленные по предложенным исследователями (авторами) разного рода уравнениям (уравнение ПК едино для любых реакций), а также критерии различия  $\Theta$  (Стьюдента) между экспериментальными  $c_s$  и расчетными  $c_i$  содержаниями как по уравнению ПК ( $c_{ПК}$ ), так и по авторским ( $c_{авт}$ ) уравнениям [4]. Вычислены и величины квадратичных отклонений  $S$  между величинами  $c_s$  и  $c_i$  ( $S_{ПК} = c_s - c_{ПК}$ ;  $S_{авт} = c_s - c_{авт}$ ). Это позволяет сравнить статистику описания экспериментальных данных указанными уравнениями. Вычисления проведены при самом высоком уровне значимости ( $P = 0,1$ ) и показывают, что, за исключением реакции 3.54, описание уравнением ПК статистически более адекватно, чем описание авторскими уравнениями. Это в целом понятно, так как авторское описание, особенно равновесных реакций, становится к их окончанию все менее адекватным по самой своей сути из-за уменьшающегося соответствия природы реакции и ее описания. Уравнение ПК неадекватно только в самом начале реакции, т. е. задолго до появления первых экспериментальных данных в течение времени, не превышающего нескольких минут от начала реакции.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Еремин Е. Н. Основы химической кинетики в газах и растворах.— М.: МГУ, 1971.— 384 с. [2]. Киреев В. А. Курс физической химии.— М.: Химия, 1975.— 775 с. [3]. Мейтис Л. Введение в курс химического равновесия и кинетики.— М.: Мир, 1984.— 480 с. [4]. Налимов В. В. Применение математической статистики при анализе вещества.— М.: Физматгиз, 1960.— 162 с. [5]. Панченков Г. М., Лебедев В. П. Химическая кинетика и катализ.— М.: МГУ, 1961.— 552 с. [6]. Фок Н. В., Мельников М. Я. Сборник задач по химической кинетике.— М.: Высш. шк., 1982.— 128 с. [7]. Эмануэль Н. М., Кнорре Д. Г. Курс химической кинетики.— М.: Высш. шк., 1963.— 432 с.

УДК 676.088 : 628.39

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ, МЕТАНОЛА И ЭТАНОЛА В КОНДЕНСАТАХ СУЛЬФАТНО-ЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Л. А. МОСУР, Н. П. ТРЯСЦИНА, Я. В. НИКИТИН, Д. Б. БОЛОТИН,  
А. Ф. ТРОЯНСКАЯ, Т. Ф. ЛИЧУТИНА

ВНПОбумпром  
Соломбальский ЦБК

При производстве сульфатной целлюлозы в варочном и выпарном отделениях образуются отработанные растворы — варочные и выпарные конденсаты, которые на большинстве предприятий сбрасывают в общезаводской сток без локальной очистки. Основные компоненты этих конденсатов, определяющие БПК сточной воды, — метанол (М), этанол (Э) и терпены. Запах и токсичность конденсатам придают низкомолекулярные серосодержащие вещества — сероводород (СВ), метилмеркаптан (ММ), диметилсульфид (ДМС), диметилдисульфид (ДМДС).

Необходимость исследования состава конденсатов варочного и выпарного цехов возникла в связи с предполагаемым строительством локальных очистных сооружений и проведением экологической оценки этого мероприятия. В качестве объектов исследования источников конденсатов выбраны Архангельский ЦБК и Соломбальский ЦБК.

Архангельский ЦБК (II очередь) вырабатывает сульфатную небеленую целлюлозу непрерывным способом из хвойного сырья для основного слоя тарного картона и бумаги основы для гофрирования (выход 54 %). Характеристика белого щелока: массовая доля активной щелочи в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$  изменялась от 75,0 до 106,3 г/л и в среднем составила 99,2 г/л; сульфидность изменялась от 21,4 до 35,1 % и в среднем составила 29,6 %. Упаривание черного щелока производят на двух шестикорпусных выпарных установках со смешанной схемой питания щелоком до концентрации 52...55 % абс. сухих веществ.

Соломбальский ЦБК вырабатывает сульфатную небеленую целлюлозу марок НС-1 и НС-2 из хвойной древесины периодическим и непрерывным способами (выход 46 %, соотношение производительностей целлюлозных потоков 1 : 2,8). Характеристика белого щелока: массовая доля активной щелочи в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$  изменялась от 100,0 до 102,8 г/л, в среднем составила 101,5 г/л; сульфидность изменялась от 28,7 до 32,0 % и в среднем составила 30,4 %. Черный щелок уплотняют на шестикорпусной установке до концентрации 38,0 % абс. сухих веществ и доупаривают на пятикорпусной установке с концентратором до 55,4...60,0 % абс. сухих веществ.

Определение состава конденсатов проводили с помощью газохроматографического метода анализа равновесного пара (АРП) на хроматографе с пламенно-ионизационным детектором [2]. Резко повышается чувствительность определения ММ, ДМС, ДМДС и скипидара, имеющих наиболее высокие коэффициенты распределения в системе газ — жидкость.

Термодинамическое равновесие в системе жидкость — пар устанавливали в стандартных пенициллиновых склянках. Объем анализируемой жидкости 5 см<sup>3</sup>. При температуре  $75,0 \pm 0,2$  °С равновесие достигается в течение 10 мин. Количественное определение компонентов проводили методом внутреннего стандарта, используя раствор метилэтилкетона с массовой долей 0,5 %.

Условия газохроматографического анализа: стеклянная колонка длиной 2,0...3,0 м; внутренний диаметр 3 мм; насадка, содержащая 10 % ПЭГ-1000 на целите-545 (70...100 меш) или хроматоне N-AW (0,16...0,25 мм); температура испарителя и детектора — 200 °С, температуру колонки программировали от 40...50 °С до 80...100 °С со скоростью 3 °С/мин; расход гелия — 30 см<sup>3</sup>/мин.

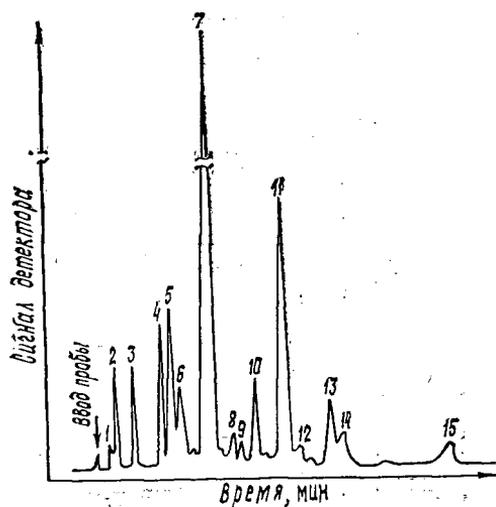
Типичная хроматограмма конденсатов сульфатно-целлюлозного производства приведена на рисунке. Градуировочные графики для ин-

дивидуальных компонентов получены в аналогичных условиях на стандартных растворах.

Кроме того, серосодержащие вещества (СВ, ММ, ДМС, ДМДС) определяли методом газодсорбционной хроматографии с пламенно-фотометрическим детектированием на хроматографе «Цвет-164».

Условия хроматографического определения: стеклянная колонка (2 м × 3 мм); полисорб-1 (0,2...0,5 мм); температура колонки — 165 °С, испарителя и детектора — 200 °С; расход гелия — 35 см<sup>3</sup>/мин; 0,5...1,0 мкл анализируемого раствора вводили в испаритель хроматографа и измеряли площади пиков при помощи электронного цифрового интегратора ИЦ-26.

Хроматограмма конденсата, сульфатно-целлюлозного производства:  
 1 — метилмеркаптан; 2 — диметилсульфид; 3 — ацетон; 4 — метилэтилкетон; 5 — метанол; 6 — этанол; 7 — α-пинен; 8 — камфен; 9 — диметилдисульфид; 10 — β-пинен; 11 — Δ<sup>3</sup>-карен; 12 — α-терпинен; 13 — дипентен; 14 — β-фелландрен; 15 — терпинолен



Содержание компонентов в пробе определяли по градуировочным графикам в координатах логарифм массы вводимого вещества — логарифм площади пика. Необходимость построения такого рода графиков вызвана нелинейной (степенной) зависимостью сигнала от количества вещества, проходящего через детектор. Концентрацию серосодержащего компонента  $C$  определяли по формуле  $C = m/V$  (где  $m$  — масса компонента, рассчитанная по градуировочному графику, мг;  $V$  — объем конденсата, взятого для анализа, мкл).

В табл. 1 приведены удельное количество серосодержащих соединений, метанола и этанола, их относительное содержание в варочных и выпарных конденсатах двух обследованных предприятий. Общая закономерность распределения серосодержащих соединений сохраняется для обоих предприятий. Массовая доля ММ, ДМС и ДМДС равна 70...92% в конденсатах варочного цеха против 8...30% в выпарных конденсатах. При этом общее количество серосодержащих соединений (в пересчете на серу) составило для АЦБК 0,30...0,75 и 0,36...1,54 кг/т целлюлозы для СЦБК. На долю варочных конденсатов приходится 42...49%. Метанола в конденсатах этих предприятий содержится 1,9...7,8 и 3,1...5,5 кг/т целлюлозы, а этанола — 0,27...0,69 и 0,4...1,8 кг/т целлюлозы соответственно.

Табл. 2 иллюстрирует состав конденсатов пятикорпусной вакуум-выпарной станции № 3, работающей по схеме противотока на Соломбальском ЦБК. Слабозагрязненный конденсат поступает от второго и третьего корпусов. Сильнозагрязненный образуется в греющих камерах четвертого и пятого корпусов; в поверхностном теплообменнике I ступени от конденсации сокового пара из сепаратора пятого корпуса; в поверхностном теплообменнике II ступени, куда поступают несконденсировавшиеся газы из греющих камер второго, третьего, четвертого

и пятого корпусов и поверхностного теплообменника I ступени; при охлаждении и перекачке несконденсировавшихся газов, поступающих на локальную очистку после теплообменника II ступени.

Как видно из табл. 2, на долю сильнозагрязненных конденсатов приходится 62,4 % от их общего объема. Массовая доля серосодержащих соединений в этих конденсатах равна 90 % (в пересчете на серу), метанола — 98,6 %, этанола — 98,0 %. Наибольшее количество метано-

Таблица 1

Распределение серосодержащих соединений и спиртов в процессе варки целлюлозы и упаривания щелоков

Компонент	Архангельский ЦБК				Соломбальский ЦБК							
	Варочный цех		Выпарной цех		Варочный цех		Выпарной цех					
	г/т	%	г/т	%	г/т	%	г/т	%				
Сероводород	65,0	117,0	25,0	130,0	523,0	75,0	64,0	115,0	24,0	136,6	616,7	76,0
Метилмеркаптан	75,0	115,0	80,0	4,5	77,5	20,0	54,0	155,0	71,0	21,6	564,7	29,0
Диметилсульфид	93,0	195,0	92,0	2,0	33,0	8,0	180,0	312,0	71,0	20,7	292,5	29,0
Диметилдисульфид	9,3	23,4	92,0	0	4,2	8,0	25,0	51,0	70,0	5,4	36,9	30,0
Метанол	418,0	566,0	13,0	1464	7430	87,0	204,0	525,0	5,5	2921	5229	94,5
Этанол	42,0	58,7	12,0	225,0	634,0	88,0	25,7	65,1	6,3	378,0	1113	93,7

Примечание. Расход конденсата на АЦБК: в варочном цехе 0,5 м<sup>3</sup>/т (6,7 %), в выпарном — 7,0 м<sup>3</sup>/т (93,3 %); на СЦБК соответственно 0,6 м<sup>3</sup>/т (8,3 %) и 6,6 м<sup>3</sup>/т (91,7 %).

Таблица 2  
Распределение серосодержащих соединений и спиртов в конденсатах вакуум-выпарной станции Соломбальского ЦБК

Компонент	Слабозагрязненный конденсат				Общий поток				Сильнозагрязненный конденсат				Поверхностный теплообменник				
	I ступени		II ступени и др.		I ступени		II ступени и др.		I ступени		II ступени		I ступени и др.		II ступени и др.		
	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%
Сероводород	1,20	11,2	46,6	9,8	88,8	381,0	0,90	8,1	35,0	6,2	56,3	241,2	0,25	17,5	62,6	87,8	338,5
Метилмеркаптан	0,45	4,5	17,5	9,4	95,5	367,0	0,14	1,4	5,4	8,7	87,8	338,5	0,25	17,5	62,6	87,8	338,5
Диметилсульфид	0,25	5,9	9,7	3,9	94,1	153,0	0,16	3,8	6,2	3,6	85,7	140,0	0,10	15,3	3,9	6,2	198,4
Диметилдисульфид	0,10	15,3	3,9	0,5	84,7	21,4	0,36	4,0	14,0	0,5	78,5	198,4	0,10	15,3	3,9	6,2	198,4
Метанол	1,20	1,4	46,6	85,5	98,6	3326,0	24,70	28,4	961,0	5,3	6,2	206,2	1,20	1,4	46,6	85,5	98,6
Этанол	0,17	1,2	6,6	13,9	98,8	540,8	5,00	35,7	196,0	0,9	6,9	37,7	0,17	1,2	6,6	8,0	27,0

Примечание. 1. После поверхностного теплообменника II ступени включен теплообменник перед локальной очисткой и дурнопахнущая вода. 2. Расход слабозагрязненного конденсата 77,5 м<sup>3</sup>/ч (37,6 %); сильнозагрязненного: общий поток — 128,5 м<sup>3</sup>/ч (62,4 %), поверхностный теплообменник I ступени — 37,0 м<sup>3</sup>/ч (17,9 %), II ступени и др. — 8,5 м<sup>3</sup>/ч (4,12 %).

ла и этанола образуется в конденсате от первого вскипания слабого щелока, а основная масса серосодержащих летучих соединений — в конденсате от поверхностного теплообменника второй ступени.

В табл. 3 представлены данные по распределению соединений, содержащих серу, и спиртов в конденсатах выпарного цеха Архангельского ЦБК, условно разделенных на слабо- и сильнозагрязненные с учетом особенностей выпарной станции. Сильнозагрязненный конденсат отводится от пятого, шестого корпусов и поверхностных теплообменников, а слабозагрязненный — от третьего и четвертого корпусов. Первый и второй корпуса питаются свежим паром. Объем сильнозагрязненного конденсата составляет 64,5 % от общего количества; в нем сосредоточено 85,7 % серосодержащих соединений (в пересчете на серу), 98 % метанола и 100 % этанола.

Таблица 3

Распределение серосодержащих соединений и спиртов в конденсатах выпарного цеха Архангельского ЦБК

Компонент	Сильнозагрязненный конденсат			Слабозагрязненный конденсат		
	кг/ч	%	г/т	кг/ч	%	г/т
Сероводород	10,16	88,3	238,5	1,34	11,7	31,2
Метилмеркаптан	0,82	55,8	19,2	0,65	44,2	15,2
Диметилсульфид	0,39	93,3	9,1	0,03	6,7	0,7
Диметилдисульфид	0,02	79,2	0,5	0,01	20,8	0,1
Метанол	153,30	98,0	3600,0	3,06	2,0	71,8
Этанол	20,70	100,0	486,0	0,00	0,0	0,0

Примечание. Расход сильнозагрязненного конденсата 193,0 м<sup>3</sup>/ч (64,5 %); слабозагрязненного — 104,4 м<sup>3</sup>/ч (35,5 %).

Данные о распределении соединений, загрязняющих конденсаты, подтвердили индивидуальность обследованных предприятий при сохранении общих закономерностей распределения, достаточно широко освещенных в печати [1, 3, 4]. Результаты могут быть использованы при проектировании систем очистки конденсатов и расчете сокращения сброса серосодержащих соединений, метанола и этанола со сточными водами на внеплощадочные очистные сооружения, а также для оценки улучшения экологической обстановки региона с вводом сооружений локальной очистки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Борнсов Г. В., Богомолов Б. Д. Очистка варочных и выпарных конденсатов в сульфатно-целлюлозном производстве // Охрана окружающей среды: Обзор информ.— М.: ВНИПИЭИлеспром, 1984.— Вып. 2.— 44 с. [2]. Витенберг А. Г., Иоффе Б. В. Газовая экстракция в хроматографическом анализе.— Л.: Химия, 1983.— 324 с. [3]. Обработка конденсатов в выпарных аппаратах со свободно падающей пленкой щелока (По материалам АО «Альстрем») // Бум. пром-сть.— 1988.— № 12.— С. 16—18. [4]. Virkola N.-E., Honkanen K. Wastewater characteristics // Water Sci Technol.— 1985.— V. 17, N 1.— P. 1—28.

Поступила 26 апреля 1990 г.

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630\*6

**ПЕРЕСТРОЙКА ХОЗЯЙСТВЕННОГО МЕХАНИЗМА  
ПРИ ХОЗРАСЧЕТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА***В. И. ГАВРИЛЕНКО, М. А. ЛОБОВИКОВ, А. И. СМЕРНОВА*

Ленинградская лесотехническая академия

Новый хозяйственный механизм в лесохозяйственном производстве, связанный с внедрением хозрасчета [1], базируется на реализации в качестве продукции — готовых объектов и услуг по охране и защите леса. На основании государственного заказа, а также в соответствии с материалами лесоустройства и состоянием лесного фонда разрабатывают производственную программу лесохозяйственной деятельности и планируют показатели товарной, валовой, реализованной и чистой продукции.

Как известно, в условиях действующей системы планируют только объемы работ и прямые затраты на их выполнение. Планирование производства и реализации продукции — новый раздел, включающий следующие расчеты: а) производства и реализации продукции, готовых объектов и услуг лесного хозяйства; б) стоимости объектов лесовосстановления по годам выращивания; в) изменения стоимости остатков незавершенного производства и готовой продукции на плановый период; г) поступления собственных средств на финансирование лесного хозяйства.

При хозрасчетной организации лесохозяйственного производства появляется возможность определить прибыль, сопоставляя стоимость продукции с затратами на ее производство и реализацию. Актом реализации готовых объектов, продукции и услуг лесного хозяйства является сдача их государственным органам приемки (инспекции) в соответствии с требованиями стандартов и технических условий. Для определения полного круга затрат разрабатывают план себестоимости товарной, а затем реализованной продукции. При этом расчеты претерпевают качественные изменения.

1. Расчеты затрат выполняют по каждому виду готовых объектов, продукции и услуг, а затем в целом по лесохозяйственному производству. В основу расчетов закладывают проектируемую в плановом году технологию, прогрессивность которой из года в год должна повышаться.

2. Планируют полную себестоимость на производство и реализацию продукции, т. е. учитывают все виды прямых производственных затрат, представленных основной и дополнительной заработной платой с отчислениями на социальное страхование, затратами на содержание и эксплуатацию машин и механизмов с учетом амортизационных отчислений, стоимостью израсходованных основных и вспомогательных материалов, а также затраты на управление лесным хозяйством и реализацию продукции (внепроизводственные расходы).

Источники финансирования остаются прежними: бюджетные и собственные средства, однако порядок финансирования изменен и с 1 января 1990 г. определяется специальным письмом «О порядке финансирования лесохозяйственного производства по предприятиям, пере-

водимым на хозяйственный расчет [4]. Согласно этому письму, средства на ведение лесного хозяйства выделяют по экономически обоснованным нормативам, устанавливаемым на пятилетний период. Оплачивают законченные объекты, продукцию и услуги лесного хозяйства, а также выдаются необходимые авансы.

Полученные лесхозами авансы удерживают в течение года (квартала) при выдаче средств на оплату законченных лесохозяйственных объектов, реализуемых ежемесячно согласно сводным актам аттестации. При этом лесхозы несут экономическую ответственность за брак в работе. Если по их вине гибнут лесные культуры или нарушаются сроки перевода в категорию ценных древесных насаждений, то всю сумму или ее часть, выплаченную на их создание, вносят в государственный бюджет за счет собственных средств предприятия.

Важнейшая предпосылка действенности нового хозяйственного механизма — правильное решение вопроса, что считать продукцией лесохозяйственного производства. По нашему мнению, единственно приемлемо положение, выдвинутое Т. С. Лобовиковым [2], что продукцией лесного хозяйства является лес как угодно, лес на разных этапах его развития. В этом случае весь длительный процесс лесовыращивания расчленяется на сравнительно короткие этапы; в границах каждого из них устанавливаются свои конечные результаты — продукция.

Продукцией мероприятий, связанных с лесопользованием и уходом за лесом, являются: молодняки, введенные в категорию ценных древесных насаждений благодаря проведению мер ухода за лесом (га); лесосеки, отведенные под рубки главного пользования, рубки ухода за лесом и прочие виды пользования (га); молодняки, пройденные уходом (га); насаждения, пройденные прореживанием, проходными, санитарными и прочими видами рубок (га); насаждения, очищенные от хлама (га); услуги по биотехническим мероприятиям (тыс. р.); услуги по удобрению лесов (га, тыс. р.).

Продукция мероприятий по созданию и эксплуатации лесохозяйственных объектов инвентарного характера представлена: осушительными системами (га); оросительными системами (га); услугами по ремонту и содержанию осушительных (оросительных) систем (га); дорогами лесохозяйственного назначения (км); услугами по их содержанию (км).

Услуги по защите и охране леса (га) следует детализировать, выделяя противопожарные и лесозащитные мероприятия и функции по управлению государственным лесным фондом.

Особые сложности в формировании видов готовой продукции присущи лесокультурному производству, что связано с многолетним циклом создания культур и многообразием условий производства. По нашему мнению, лесные семена следует выделять в самостоятельный вид готовой продукции, чтобы создать их запасы на несколько лет из-за периодичности плодоношения деревьев и кустарников. Шишки и посадочный материал, используемые в своем предприятии, не являются продукцией и учитываются в себестоимости как основные материалы на производство семян и молодняков, переводимых в категорию ценных древесных насаждений. Шишки, сеянцы и саженцы, реализуемые на сторону, включают в стоимость товарной и реализованной продукции.

В целях сокращения затрат на восстановление лесов целесообразно объединить в один вид готовой продукции молодняки, созданные как искусственным путем, так и содействием естественному возобновлению.

При формировании готовой продукции лесокультурного производства могут быть использованы два подхода.

1. Готовой продукцией лесокультурного производства признают молодняки, переводимые в категорию ценных древесных насаждений.

В этом случае реализуют законченную продукцию — насаждения в возрасте 5...8 лет. Лесные культуры первых лет выращивания являются незавершенным производством и числятся на балансе предприятия. Для их финансирования требуется увеличить оборотные средства.

При четкой организации лесокультурного производства реализация данного подхода не представляет больших затруднений. Увеличение оборотных средств может быть незначительным. При возрастании объемов лесных культур или резком изменении условий их создания недостаток оборотных средств может быть восполнен привлечением кредитов или заемных средств.

Однако данный подход к организации хозрасчета в лесокультурном производстве подвергается значительной критике со стороны финансовых органов и бухгалтерских служб из-за необходимости документирования учета незавершенных лесных культур, постановки их на баланс предприятия, отражения в бухгалтерской отчетности состояния молодняков по годам выращивания.

2. Готовой продукцией считаются объекты лесовосстановления по годам выращивания (первого года, второго и т. д.), в последний год выращивания — молодняки, переводимые в категорию ценных древесных насаждений. При этом упрощаются финансирование и планирование лесокультурного производства, но снижается экономическая заинтересованность в конечном результате, требуется разработка стандартов или технических условий на объекты лесовосстановления каждого года выращивания, а также организация ежегодной сдачи — приемки этих объектов.

Такой подход принят при создании хозяйственного механизма в предприятиях Госкомлеса СССР, переведенных с 1 января 1990 г. на хозрасчет, в разработке которого принимали участие авторы данной статьи [3].

В связи с различием объектов лесовосстановления в зависимости от породного состава, целевого назначения, почвенных лесорастительных условий и других факторов, объективно влияющих на уровень затрат по их созданию, необходимо дифференцировать лесные культуры по подвидам. Для этого следует разработать классификатор объектов лесовосстановления.

Учет лесохозяйственного производства при переводе на хозрасчет приближается к учету промышленных производств лесного предприятия. Создаются единые методики учета и счета лесопромышленной и лесохозяйственной деятельности, используется общий баланс предприятия, где лесохозяйственное производство, однако, выделяется отдельной строкой. Учет в лесохозяйственном производстве, в отличие от ныне действующего, организуется по элементам и статьям затрат, видам продукции и местам ее производства.

Новая система учета создает возможность комплексного анализа производственной деятельности лесного предприятия, поскольку в лесном хозяйстве планируются и учитываются хозрасчетные показатели, сопоставимые с аналогичными показателями лесопромышленных производств.

Необходимым принципом перестройки учета в новых условиях является соответствие учитываемых отчетных показателей плановым по видам (подвидам) продукции, объектам. В противном случае невозможно построить эффективную систему анализа.

План счетов не претерпевает коренных изменений. Меняется содержание счета 37, который учитывает затраты на лесное хозяйство. Вместо 80...90 субсчетов по видам работ выделяют ограниченное число субсчетов по видам лесохозяйственной продукции. Аналогичные субсчета выделяют в счетах 40 Готовая продукция и 46 Реализация.

В счет 88 Фонды специального назначения вносят субсчет Фонд страхования лесовыращивания на случай стихийных бедствий.

Структура других счетов не меняется, и они становятся общими для лесохозяйственной и лесопромышленной деятельности. При необходимости затраты разносят по видам деятельности пропорционально заработной плате или производственным затратам.

Если лесные культуры до перевода в категорию ценных древесных насаждений относятся к незавершенному производству (первый подход), то их отражают в основной статье баланса Нормируемые оборотные средства, незавершенное лесохозяйственное производство. При другом подходе, когда оплачивают объекты лесовосстановления по годам выращивания, ежегодно списывают затраты на готовую продукцию.

Новый хозяйственный механизм имеет ряд недостатков: при низком уровне компьютеризации увеличиваются объемы планово-учетных работ, усложняется процесс приемки законченных объектов, особенно в случае принятия объектов по годам выращивания, несовершенна система ценообразования.

Не решен до конца вопрос об установлении более тесной связи хозрасчетных интересов отрасли с конечными результатами лесохозяйственного производства.

Рассмотренный хозрасчетный механизм позволяет лесохозяйственному производству участвовать на равных правах с другими производствами в формировании и распределении прибыли и фондов экономического стимулирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Летагин В. И. Новый хозяйственный механизм и неотложные меры по приведению его в действие // Лесн. хоз-во.— 1989.— № 10.— С. 11—14. [2]. Лобовиков Т. С. Концепция хозрасчетной организации лесохозяйственного производства // Лесн. журн.— 1986.— № 3.— С. 89—94.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Методическое обеспечение перевода лесохозяйственной деятельности на хозрасчет: Отчет о НИР/ЛЛТА; Руководитель В. А. Ильин.— № ГР 01890041046; Инв. № 02890008443.— Л., 1989.— 60 с. [4]. О порядке финансирования лесохозяйственного производства по предприятиям, переводимым на хозяйственный расчет: Письмо Минфина СССР, Госкомлеса СССР, Агропромбанка СССР от 21.12.89 № 149/315/18—8/156.— М.: Госкомлес СССР, 1989.— 11 с.

Поступила 9 июля 1990 г.

УДК'338.244.42

### ВЫБОР ФОРМЫ ХОЗРАСЧЕТА С УЧЕТОМ ХОЗЯЙСТВЕННОГО РИСКА

Н. Ю. СУХОПАРОВ

Московский лесотехнический институт

В работе [1] приведена методика сравнительного анализа форм хозрасчета и предварительное обоснование выбора формы на условном примере. Полученные результаты нуждаются в уточнении.

Как показывает хозяйственная практика, переход предприятий на новые организационные формы функционирования сопровождается, как правило, ростом производительности труда, снижением доли материальных затрат в себестоимости продукции и, как следствие, дополнительным приростом прибыли (даже при росте заработной платы персонала). Дело в том, что переход на новые формы может привести к изменению характера экономических отношений в процессе производ-

ства, повышению самостоятельности и ответственности коллектива предприятия за результаты труда, т. е. к активизации «человеческого фактора». При этом надо иметь в виду, что дополнительный прирост прибыли носит вероятностный характер, т. е. если это управленческое нововведение не затронет сложившуюся систему внутрипроизводственных отношений, а будет носить формальный характер, то прироста может и не быть. Кроме того, переход на новые формы требует определенных затрат на обучение персонала, разработку нормативных актов и структур. Только взаимный учет перечисленных факторов может выявить наиболее эффективную форму деятельности предприятия.

Ожидаемая разница в хозрасчетном доходе между формами  $\Delta$  (I/III),  $\Delta$  (II/III) (вследствие различий в порядке налогообложения и формировании хозрасчетного дохода) для условного примера [1] может быть интерпретирована как относительные потери при выборе «не лучшей» в данной ситуации формы. Для этого следует проранжировать формы, присвоив потери 0 тыс. р. наиболее предпочтительной

$$l(j_{opt}) = 0, \quad (1)$$

а остальным

$$l(j \neq j_{opt}) = l(j_{opt}) - \Delta(j_{opt}/j), \quad (2)$$

где  $j$  — номер стратегии (формы хозрасчета),  $j = I, II, III$ ;  
 $j_{opt}$  — номер оптимальной стратегии (наилучшей с точки зрения принятого критерия и допущений формы хозрасчета).

Результаты преобразований, найденные по формулам (1) и (2) для условного примера [1], приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	Ожидаемые потери хозрасчетного дохода, тыс. р., по вариантам		
	А	В	С
$l(I)$	-60	0	0
$l(II)$	-701	-253	-449
$l(III)$	0	-285	-1150

Согласно данным таблицы в ситуации А очевидно преимущество III формы хозрасчета; выбор другой формы (вследствие отмеченных выше различий и с учетом принятых в [1] допущений) приведет к потерям. В вариантах В и С наиболее предпочтительна I форма. Однако с учетом возможного дополнительного прироста дохода при переходе на II или III форму система предпочтений может измениться.

Оценка дополнительного увеличения дохода при переходе на II или III форму  $u(II)$  и  $u(III)$  (очевидно,  $u(I) = 0$  тыс. р.) может быть получена либо на основе сравнительного анализа темпов роста показателей групп предприятий отрасли, работающих по I, II и III формам, либо по экспертным оценкам специалистов. Вероятность реализации преимуществ новых форм  $p(II)$  и  $p(III)$  ( $p(I) = 1$ ) можно оценить либо методом экспертных оценок, либо через долю предприятий, работающих по II или III форме и получающих дополнительный прирост дохода в сравнении с соответствующим периодом прошлого года, когда они работали по «базовой» I форме. Под хозрасчетным доходом при I форме понимается (в соответствии с допущением I в [1]) сумма прибыли, направляемая в фонды экономического стимулирования и заработной платы. Полученные разными способами оценки можно уточнить, используя подход Байеса. Затраты на внедрение новых форм  $c(II)$  и  $c(III)$  ( $c(I) = 0$  тыс. р.), т. е. на пересмотр внутрихозяйственных нормативов, актов, изменение структуры предприятия, обучение персонала и т. п., могут быть оценены по смете в соответствии с действующей практикой. Пусть для рассматриваемого условного примера с помощью предлагаемых методов получены дополнительные оценки (табл. 2).

Таблица 3

Таблица 2						
Показатели	Значения показателей для выбора форм хозрасчета			Показатель	Ожидаемая эффективность различных форм, тыс. р., по вариантам	
	I	II	III		B	C
$u(j)$ , тыс. р.	0	500	1000	$ue(I)$	0	0
$p(j)$	1,0	0,8	0,7	$ue(II)$	117	-79
$c(j)$ , тыс. р.	0	30	100	$ue(III)$	315	-550

В качестве критерия выбора формы хозрасчета принимается ожидаемая эффективность

$$ue(j) = [u(j) + l(j)]p(j) + l(j)[1 - p(j)] - c(j). \quad (3)$$

Результаты расчетов по формуле (3) для вариантов B и C рассматриваемого примера приведены в табл. 3.

Уточненной оптимальной стратегией ( $j_{opt}^*$ ) при выборе формы хозрасчета будем называть ту, которой соответствует максимальная ожидаемая эффективность:

$$\begin{cases} j_{opt} = \max \{ue(j)\}, \\ j_{opt}^* = j. \end{cases} \quad (4)$$

В ситуации B (см. табл. 1 и 3) учет дополнительных факторов, обусловленных возможным изменением характера труда при работе по новым формам, позволил выявить изменение оптимальной стратегии ( $j_{opt} = I$ ,  $j_{opt}^* = III$ ). В ситуации C переход на новые формы функционирования, при принятых предпосылках и критерии для рассматриваемого примера, нецелесообразен, даже с учетом возможного преимущества II и III форм.

Ввиду того, что параметры  $u(j)$ ,  $p(j)$ ,  $c(j)$  носят вероятностный характер, необходимо проанализировать решение для ситуации B условного примера на критичность. Для этого следует определить такое максимальное критическое значение ( $\omega_{max}(j)$ ) случайной величины  $\omega(j)$  (где  $\omega(j)$  принимает последовательно значения  $u(j)$ ,  $p(j)$ ,  $c(j)$ ), при превышении которого ожидаемая эффективность  $j$ -стратегии ( $ue(j)$ ) изменяется настолько, что получается новая оптимальная стратегия.

Например, в рассматриваемом примере (для ситуации B) максимальное критическое значение  $u(II)$  можно рассчитать по формуле (3) с учетом приведенного определения:

$$\begin{aligned} u_{max}(II) &= [u_{opt} - l(j) + c(j)]/p(j) = \\ &= [315 - (-253) + 30]/0,8 = 747,5 \text{ тыс. р.} \end{aligned}$$

Минимальным критическим значением параметра будет его предельное допустимое значение, определяемое экономическим содержанием. Например,  $c(j) \geq 0$ . Результаты расчета критических значений  $\omega_{min}$ ,  $\omega$  и  $\omega_{max}$  параметров  $u(j)$ ,  $p(j)$  и  $c(j)$  для варианта B рассматриваемого примера приведены в табл. 4 (значения  $u$  и  $c$  в тысячах рублей).

Если, например, при переходе на III форму ожидается дополнительный прирост дохода менее 717 тыс. р., то оптимальной стратегией будет II форма хозрасчета. Если прирост выше этой суммы, то при прочих равных условиях следует предпочесть III форму.

Таблица 4

Параметры	Значения параметров			Соответствующие значения эффективности $uopt$		
	$\omega_{\min}$	$\omega$	$\omega_{\max}$	при $\omega_{\min}$	при $\omega$	при $\omega_{\max}$
$u$ (I)	0	0	0	315	315	315
$u$ (II)	0	500	748	315	315	315
$u$ (III)	717	1000	$+\infty$	117	315	$+\infty$
$p$ (I)	1,0	1,0	1,0	315	315	315
$p$ (II)	0,0	0,8	1,0	315	315	315
$p$ (III)	0,5	0,7	1,0	117	315	615
$c$ (I)	0	0	0	315	315	315
$c$ (II)	0	30	$+\infty$	315	315	315
$c$ (III)	0	100	298	415	315	117

Полученное в условном примере решение ( $jopt^* = III$ ) наиболее чувствительно к изменению параметра  $p$  (III). Если фактическая реализация случайной величины отклонится от ожидаемого значения более чем на 29 % ( $\frac{|p_{\min}(III) - p(III)|}{p(III)} \cdot 100 = \frac{|0,5 - 0,7|}{0,7} \cdot 100 = 28,6\%$ ), то полученное в примере решение неустойчиво и данный параметр необходимо исследовать дополнительно. Если нет оснований ожидать большего отклонения параметра  $p$  (III) от спрогнозированного значения, то решение можно считать стабильным.

Для оценки степени риска каждой стратегии, согласно [2], рассчитывают коэффициент риска по формуле

$$k(j) = \left| \frac{l(j)[1 - p(j)]}{[u(j) + l(j)]p(j)} \right| \quad (5)$$

Данные расчетов для варианта В рассматриваемого примера ( $k(I) = 0$ ;  $k(II) = 0,26$ ;  $k(III) = 0,17$ ) показывают, что оптимальной стратегии ( $jopt^* = III$ ) соответствует вполне допустимый в хозяйственной деятельности уровень риска (17 %). Если с точки зрения лица, принимающего решение, такой риск неприемлем, то следует выявить систему предпочтений руководителя и, возможно, пересмотреть оптимальную стратегию. Если лицо, принимающее решение (ЛПР), согласно выбрать III форму хозрасчета только в случае риска не выше 10 %, т. е.  $k^* = 0,10$ , то в составе финансового резерва предприятия необходимо выделить фонд риска в размере

$$FR = [k(jopt^*) - k^*][u(jopt^*) + l(jopt^*)]p(jopt^*). \quad (6)$$

В рассматриваемом примере

$$FR = [0,17 - 0,10][1000 - 285] \cdot 0,7 = 35 \text{ тыс. р.}$$

В настоящее время разрабатывается деловая игра, которая позволит руководителю принимать и обосновывать решение по выбору формы хозрасчета, не вникая глубоко в теорию вопроса.

Выработанные подходы могут быть использованы без принципиальных изменений и для кооперативной формы хозяйствования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Сухопаров Н. Ю. Сравнительный анализ и предварительное обоснование выбора формы хозрасчета // Лесн. журн.— 1990.— № 6.— С. 119—124.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Хозяйственный риск и методы его измерения / Т. Бачкал и др.— М.: Экономика, 1979.— 183 с.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

УДК 630\*233

ПОДСТИЛКА В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ  
НА ТЕРРИКОНИКАХ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ ДОНБАССА

Б. И. ЛОГГИНОВ, Ю. Н. ПОПА, А. В. КОЗАК, А. А. МЕЛЬНИК

Украинская сельскохозяйственная академия

Подстилка в лесных биогеоценозах, создаваемых на рекультивируемых землях, изучена недостаточно. Известные работы посвящены главным образом исследованиям подстилки в условиях достаточной влагообеспеченности [1, 4] и в меньшей степени в степных [2]. Подстилка в искусственных лесных биогеоценозах на отвалах угольных и антрацитовых шахт в засушливых условиях до настоящего времени не изучалась.

Учитывая существенную роль подстилки в обеспечении растительного компонента биогеоценозов питательными веществами и ее средоулучшающее воздействие, в 1983—1987 гг. мы исследовали насаждения акации белой (9-летние в 1987 г.), созданные по методу Украинской сельскохозяйственной академии на террикониках антрацитовой шахты «Пролетарская диктатура» в г. Шахты Ростовской области.

Исследования показали, что в среднем на одной из 25 учитываемых до начала листопада площадок размером 0,25 м<sup>2</sup> находится 237 ± 46 г подстилки в абс. сухом состоянии. Фракция слаборазложившегося опада в ней составляет 99 ± 13 г, неразложившегося 138 ± 48 г, что соответствует 41,7 ± 2,9 и 56,8 ± 3,0 % от общей массы. В переводе на 1 га поверхности терриконика содержится 9,6 т подстилки в абс. сухом состоянии, в то время как годовой опад на 1 га в 4-летних насаждениях акации белой равен 2,15 т, 7-летних — 2,93 т [3] и в 9-летних — 3,11 т органического вещества в абс. сухом состоянии.

Накопление подстилки под насаждениями на террикониках происходит по определенным закономерностям. Во-первых, она расположена неравномерно по поверхности. В микропонижениях ее слой составляет до 8 см, на микровышениях грунт остается оголенным. Такое перераспределение вызвано, вероятно, переносом подстилки ветром в сухую погоду, когда опад сильно пересыхает. В среднем толщина подстилки равна 2...3 см. Во-вторых, на террикониках наблюдается сильное перемешивание подстилки с грунтом из-за периодического оползания породы, в результате чего в грунте формируются прослойки из гумифицированного опада.

Для определения гидрологической роли подстилки проведены специальные исследования в лабораторных условиях. Образцы замачивали в течение 2 ч, затем помещали на 1 ч на фильтровальную бумагу в воронку для стекания воды. Опыты проводили в 10-кратной повторности. Установлено, что абс. сухой образец подстилки массой 50 г задерживает в среднем 116 ± 3 г воды. В переводе на 1 га (масса подстилки 9,6 т) это составляет 22,23 т воды, что соответствует 22,2 мм осадков.

Результаты исследований свидетельствуют о существенной роли подстилки в аккумуляции воды, имеющей большое значение для растений в условиях сухого климата Донбасса. Подтверждением являются также данные о влажности подстилки и грунта на глубине 3...10 и 10...20 см, полученные при проведении полевых исследований. Влажность подстилки составляет 53,7 ± 9,4 %, а грунта по горизонтали соответственно 6,8 ± 1,2 и 5,4 ± 0,6 %. Как видим, значительная часть влаги аккумулируется в подстилке, препятствующей ее поступлению в грунт, ухудшая гидрологический режим. При этом значительно снижается поступление влаги к корням растений в нижележащих горизонтах грунта и замедляется скорость разложения погребенной подстилки.

В целом скорость разложения опада довольно низка, о чем свидетельствует сопоставление результатов анализа зольности свежего опада (листья — 8,4 %, ветви — 8,15 %, кора — 11,15 %) и среднего образца подстилки (листья — 7,7 %, ветви — 3,6 %, кора — 9,0 %). Наибольшей скоростью разложения характеризуются ветви, затем кора и листья. В трухе (измельченные остатки коры, ветви, плоды и листья), образующейся при разложении опада в течение 4...6 лет, зольные вещества составляют более 80 % от их содержания в свежем опаде.

Приведенные данные свидетельствуют об очень медленном протекании процесса разложения подстилки. В конечном итоге это вызывает увеличение ее запасов и определяет необходимость проведения специальных мероприятий по стимулированию разложения опада на террикониках в исследуемом регионе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бабенко А. Б. Особенности разложения лесной подстилки на отвалах открытых разработок // Роль подстилки в лесных биогеоценозах: Тез. докл. Всесоюз. конф.—М.: Наука, 1983.—С. 12—13. [2]. Келеберда Т. Н., Данько В. Н., Жаромская В. Я. Использование облепихи при облесении отвалов // Лесоведение.—1978.—№ 4.—С. 69—74. [3]. Попа Ю. Н., Козак А. В. Площадь поверхности и масса листьев в защитно-декоративных насаждениях акации белой на терриконах угольных шахт Восточного Донбасса // Совершенствование лесного хозяйства и защитного лесоразведения: Сб. науч. тр. / УСХА.—К., 1986.—С. 126—128. [4]. Роль подстилки в формировании плодородия рекультивируемых земель КАТЭКа / Т. М. Корсунова, Н. П. Нефоллина, Л. С. Шугалей, Г. И. Яшихин // Роль подстилки в лесных биогеоценозах: Тез. докл. Всесоюз. конф.—М.: Наука, 1983.—С. 98—99.

УДК 630\*237.2

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА СЛАБОУТОРФОВАННЫХ ЛЕСНЫХ ЗЕМЛЯХ

В. В. ПАХУЧИЙ

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения АН СССР

Мелкоотторфованные, заболоченные и временно переувлажненные лесные земли составляют около 2/3 общей площади болот и избыточно увлажненных территорий в лесном фонде страны [3]. В связи с этим слабоотторфованные лесные земли являются распространенным объектом осушения. В Коми АССР участки с мощностью органогенных отложений менее 1 м занимают 84 % общей площади осушенных и планируемых к осушению территорий. В то же время рекомендации по интенсивности осушения таких земель в республике нельзя считать достаточно обоснованными.

Наши исследования выполнены в 1982—1988 гг. в Корткеросском районе Коми АССР на объектах, осушенных в 1972—1978 гг. На опытных участках глубина осушителей в настоящее время изменяется от 0,6 до 1,2 м, глубина собирателей и магистральных каналов 0,6...1,5 м, расстояние между каналами 130...170 м. В первое 10-летие после осушения слабоотторфованных участков дополнительный прирост в сосняках и ельниках долгомошной группы типов леса не превышал 0,4 м<sup>3</sup>/га в год, а в сосняках сфагновой группы в древостоях различного возраста при полноте 0,7 составил 0,6...0,9 м<sup>3</sup>/га в год. Цель исследований—определить расстояния между осушителями, обеспечивающие максимальную продуктивность древостоев вблизи каналов и ее колебание на межканальной полосе в пределах одного класса бонитета.

Пробные площади и круговые площадки были заложены в соответствии с действующими указаниями [5]. Для конкретного типа леса в группу изучаемых включали от 8 до 29 древостоев. Класс бонитета сосняков устанавливали по шкале ЛенНИИЛХ, ельников—по таблицам А. В. Тюрина [5, 7]. Расстояния между осушителями определяли с учетом рекомендаций К. К. Буша [1] и опыта изучения роста леса на осушенных слабоотторфованных лесных землях [2]. В качестве расчетных использовали уравнения регрессии расстояний до канала по классу бонитета. Характеристика объектов исследования дана ранее [2].

Установлено, что зависимость между классами бонитета древостоев и удалением опытных участков от каналов характеризуется коэффициентами корреляции 0,21...0,79. Во всех группах сравниваемых древостоев регрессия класса бонитета по расстоянию до канала положительная, т. е. рост леса ухудшается с удалением от осушителей. Более резко такая тенденция проявляется в сосняках сфагновой группы типов леса, где коэффициент регрессии равен 0,016...0,033. Последние отличаются от насаждений долгомошной группы большей обводненностью и мощностью торфа.

Достоверное на уровне значимости 5...10 % изменение производительности древостоев в связи с удалением от осушителей наблюдается в сосняках сфагновых, кустарничково-сфагновых и черничных влажных. В ельниках достоверность коэффициента регрессии может быть установлена только на более низком уровне значимости. Причиной этого может быть сокращение числа пробных площадей, вызванное необходимостью уменьшить тесноту связи между мощностью органогенных отложений на пробных площадях и расстоянием от них до каналов [2].

Не менее важную роль могут играть факторы, обеспечивающие низкую вариабельность классов бонитета древостоев как до, так и после осушения. К ним, прежде всего, следует отнести широкое распространение двучленных почвообразующих пород на водораздельных пространствах. Слой пылеватых песков или супесей, залегающих на слабопроницаемых глинах и суглинках, является аккумулятором влаги. Вслед-

ствие устойчивого подтока влаги по капиллярам, в верхних рыхлых минеральных слоях влажность почвы колеблется около 80 % от полной влагоемкости. В данных условиях при отсутствии длительных подтоплений корневых систем на участках с уклоном поверхности почвы менее 0,005 производительность сосняков черничных влажных изменяется в пределах IV—V, а ельников этого типа леса — Va—V6 классов бонитета. Осушение оказывает слабое влияние на режим влажности почвы в верхних горизонтах. Поэтому сосна слабо реагирует на осушение, а у ели в отдельных случаях может наблюдаться снижение класса бонитета. Последнее, видимо, связано с изменением условий проточности после опускания уровней воды. Ельники долгомошные, встречающиеся небольшими участками на надпойменных террасах, положительно реагируют на осушение, так как здесь почвы формируются в условиях атмосферно-грунтового типа водного питания.

Данные об изменчивости производительности осушенных насаждений на пробных площадях, центры которых удалены от канала не более чем на 15 м, приведены в таблице. В прилегающей к каналу полосе при доверительном интервале 90 % ожидаемые отклонения от среднего в 80 % случаев составляют 0,2—0,4 класса бонитета,

**Статистические характеристики производительности осушенных древостоев вблизи каналов**

Тип леса	Стандартное отклонение $\sigma$ , доли класса бонитета	Коэффициент вариации $C V$ , %	$x \pm t_{0,10} m$ при доверительном интервале 90 %	Максимальная производительность $x - 1,96\sigma$
Сосняк черничный влажный на водоразделе	0,26	5,5	IV,8 $\pm$ 0,2	IV, 3
Сосняк кустарничково-сфагновый	0,59	15,1	IV,0 $\pm$ 0,6	II, 8
Сосняк сфагновый	0,50	12,6	IV,0 $\pm$ 0,4	III, 0
Ельник черничный влажный на водоразделе	0,24	2,9	Vв,4 $\pm$ 0,2	V6, 9
Ельник долгомошный на надпойменной террасе	0,48	8,5	V,7 $\pm$ 0,4	IV, 8

т. е. условие разграничения таксационных выделов по величине класса бонитета в основном выполнено. Для сосняков сфагновых 1/2 расстояний между осушителями может быть рассчитана по уравнению регрессии

$$y = 17,1x_1^2 - 42,9 \quad (R = 0,76; R_{0,05} = 0,71);$$

для сосняков кустарничково-сфагновых

$$y = 9,7x + 4,8 \quad (R = 0,40; R_{0,05} = 0,37),$$

где  $y$  — 1/2 расстояния между осушителями, м;

$x$  — производительность древостоев на середине межканальной полосы; принята на один класс бонитета ниже, чем максимальная производительность вблизи каналов.

Расчеты показали, что в сосняках сфагновых на водораздельных пространствах при мощности торфа до осушения 0,7...1,0 м расстояния между каналами можно принять равными 50...55 м, а в сосняках кустарничково-сфагновых при мощности торфа 0,4...0,6 м — 80...85 м. При осушении сосняков черничных влажных на водораздельных территориях можно ограничиться выборочным осушением. Ельники черничные влажные на водоразделах осушать нецелесообразно, ввиду очень слабой реакции на осушение. Ельники долгомошные на надпойменных террасах встречаются в виде небольших участков в массивах леса, поэтому параметры осушительной сети можно принимать по преобладающему типу леса и торфяной залежи.

Расчетные расстояния, отвечающие условию максимальной продуктивности, близки к расстояниям, рекомендуемым Руководством по осушению лесных земель [6], или больше них. Причина расхождения, видимо, в том, что комплексы и сочетания подзолисто-болотных и болотных почв на водораздельных пространствах в Коми АССР часто формируются на двучленных отложениях. В этих условиях режим влажности в верхних слоях почвы на межканальной полосе отличается гомогенностью. Регрессия класса бонитета по расстоянию от канала характеризуется малыми значениями угла наклона линии регрессии, а расчетные расстояния больше приведенных в Руководстве... При определении расстояний, отвечающих условию максимальной рентабельности, следует использовать соответствующие указания Руководства... и Рекомендаций по выбору параметров лесосушительной сети в лесах Европейского Севера [4].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Буш К. К. Взаимосвязь между продуктивностью древостоев и интенсивностью осушения // Вопросы гидролесомелиорации.— Рига: Зинатне, 1968.— С. 5—51.
- [2]. Пахучий В. В. Лесоводственная эффективность осушения сосновых древостоев в средней подзоне тайги Коми АССР.— Сыктывкар: КФ АН СССР, 1986.— 16 с.
- [3]. Пьявченко Н. И. Болотообразовательный процесс в лесной зоне // Значение болот в биосфере. Гидрологические аспекты.— М.: Наука, 1980.— С. 7—16.
- [4]. Рекомендации по выбору параметров лесосушительной сети для лесов Европейского Севера / А. И. Артемьев, А. М. Тараканов, В. Г. Боголепов и др.— Архангельск: Арханг. ин-т леса и лесохимии, 1983.— 12 с.
- [5]. Рубцов В. Г., Книзе А. А. Закладка и обработка пробных площадей в осушенных насаждениях.— Л.: ЛенНИИЛХ, 1977.— 44 с.
- [6]. Руководство по осушению лесных земель. Ч. 2. Проектирование / Е. Д. Сабо, Ю. Н. Иванов, Б. А. Ушаков, Ю. П. Зюков.— М.: Гослесхоз СССР; Союзгидролесхоз, 1986.— 99 с.
- [7]. Сабо Е. Д., Иванов Ю. Н., Шатило Д. А. Справочник гидролесомелиоратора.— М.: Лесн. пром-сть, 1981.— 200 с.

УДК 630\*815

## ИЗМЕНЕНИЕ МИКРОСТРОЕНИЯ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПАМЯТНИКАХ

И. И. ПИЩИК, Е. В. ГОНЧАРОВА

ВНИИреставрации

ЦНИИбумпром

В настоящей работе представлены результаты исследований, посвященных изучению изменений свойств древесины за время ее длительного хранения или эксплуатации.

Для исследований использовали древесину ели современной\*, ели 300- и 500—700-летней выдержки, взятой из памятников архитектуры г. Риги; липы современной, липы из иконостаса Успенской церкви Кирилло-Белозерского монастыря (1497 г.), липы из иконы «Борис и Глеб» Новгородского музея (середина XIV в.) и липы, взятой из обложки древней рукописи при ее реставрации (XI в.).

Перед приготовлением микросрезов древесину, как правило, размягчают, вымачивая в воде. Однако в данном случае препараты готовили без вымачивания для того, чтобы не растворить в воде экстрактивные вещества, которых в старой древесине значительно больше, чем в современной. На препараты напыляли под вакуумом слой золота или серебра.

Исследования проводили на электронном сканирующем микроскопе ISM-50A.

Сравнение микрофотографий поздней зоны годичного слоя древесины ели показывает, что клеточная стенка современной ели (рис. 1, а) выглядит ровной и гладкой,

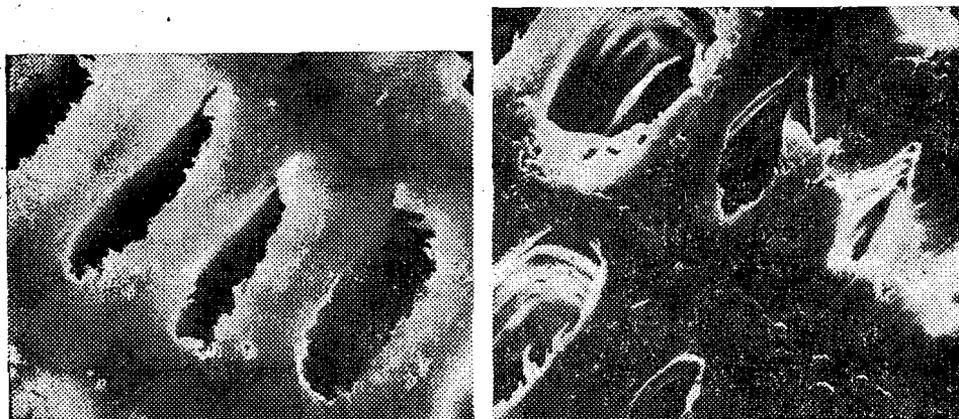


Рис. 1. Поперечный срез поздней зоны годичного слоя древесины ели ( $2000\times$ ): а — современной; б — 500—700-летней выдержки

\* Под термином «современная» понимают древесину ели свежей заготовки.

слоистость ее не просматривается (рваные края вокруг полостей клеток получаются при изготовлении сухих препаратов). В клеточных стенках древней ели (рис. 1, б) отчетливо видны срединные пластинки, деформированные от времени и имеющие извилистую структуру. Кроме того, видно, что вся клеточная стенка стала хрупкой (значительные вырывы в процессе изготовления препарата под действием ножа).

Сопоставление большого количества поперечных срезов древесины разного возраста позволяет говорить о том, что стенки клеток старой древесины ели становятся более плотными и хрупкими (рис. 2, а). Это подтверждено уже известными данными об усадке и хрупкости древесины, выдержанной длительное время [3].

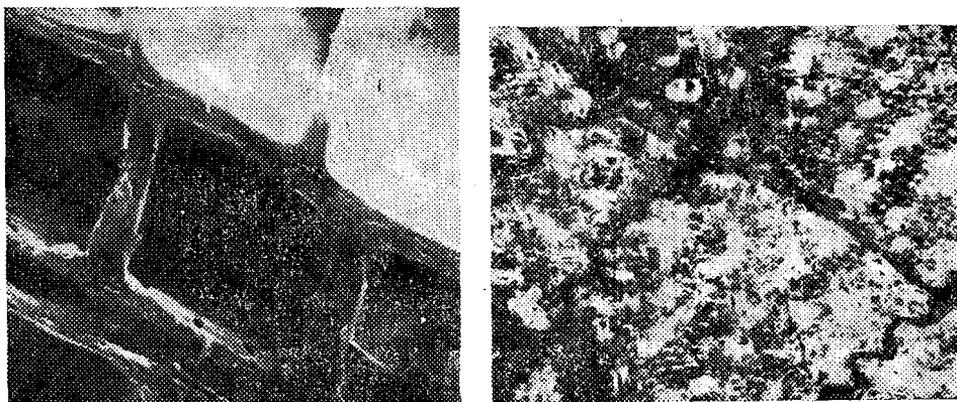


Рис. 2. Поперечные срезы ранней зоны годичного слоя древесины ели 300-летней выдержки (а) и древесины липы середины XIV в. (б) при увеличении  $2000\times$  и  $100\times$  соответственно

Исследования древесины липы показывают, что при продолжительных сроках эксплуатации происходит искривление сердцевинных лучей. Из рис. 2, б видно, что наиболее сильное искривление характерно для ранней зоны годичного слоя. В поздней зоне оно выражено в меньшей степени. Необходимо отметить, что в современной древесине липы сердцевинные лучи совершенно прямые.

На рис. 3 показано строение внутренней полости сосудов древесины липы разных возрастов. Поверхность сосуда современной древесины (рис. 3, а) выстлана тонким аморфным слоем, через который слегка просвечивают микрофибриллы внутреннего слоя клеточной оболочки; стенка сосуда и спиральные утолщения выглядят ровными и гладкими, без каких-либо повреждений. А в сосудах старой древесины (рис. 3, б) выстилающий слой отсутствует, поверхность сосуда и спиральных утолщений выглядит более контрастно. Отмечено появление округлых включений на стенках.

В древесине конца XV в. появляются трещины, отходящие от отверстий пор, а в более старой древесине середины XIV в. — большие разрывы в стенках и спиральных утолщениях, которые свидетельствуют о повышенной хрупкости.

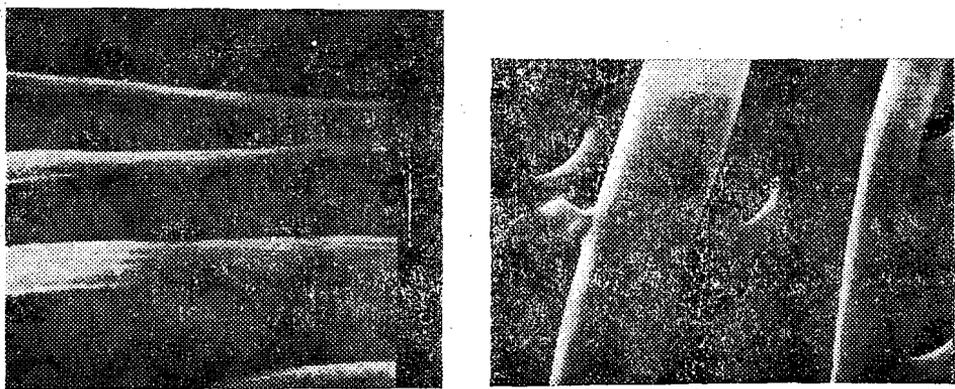


Рис. 3. Внутренняя поверхность сосуда древесины липы: а — современной ( $5000\times$ ); б — конца XV в. ( $10\ 000\times$ )

Отмеченные выше включения в полостях сосудов были обнаружены только на старой древесине липы (рис. 4), в современной древесине липы они не выявлены. Необходимо еще отметить, что в древесине XI в. эти образования встречаются значительно реже, чем в более молодой (XIV и XV вв.) древесине (рис. 4, а). Это связано с тем, что она взята из обложки книги, покрытой кожей. Следовательно, процессы окисления (старения) протекали медленнее, чем в древесине, взятой из иконных досок. Этот факт обязывает учитывать при датировании произведений условия хранения и эксплуатации [4]. На рис. 4, б при более сильном увеличении получена структура одного из образований, обнаруженных в полости сосуда древесины липы XI в.

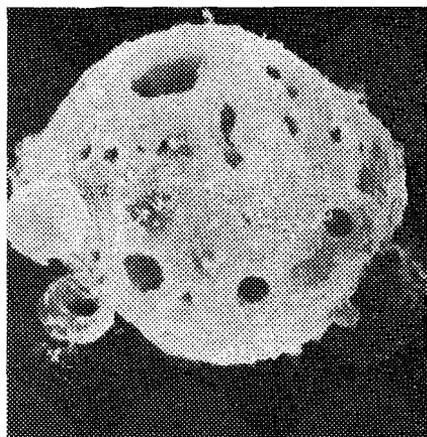
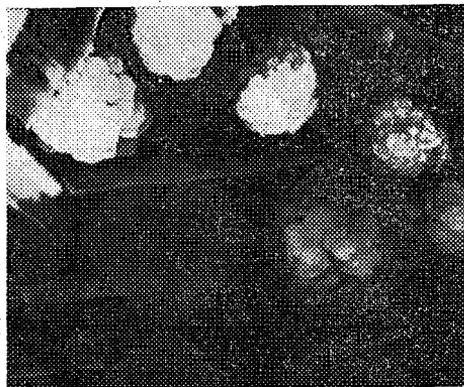


Рис. 4. Внутренняя поверхность сосуда древесины липы конца XV в. (а) и структура включений в полостях сосуда древесины липы XI в. (б) при увеличении  $3000\times$  и  $10\,000\times$  соответственно

Таким образом, предварительные исследования микроструктуры древесины в процессе старения показали, что с возрастом в ней происходят значительные и необратимые изменения; клеточные стенки уплотняются, вызывая усадку древесины, в них появляются разрывы и трещины, приводящие к снижению прочности.

Сравнение полученных результатов с данными других исследований по изучению археологической древесины в начальной стадии деградации показывает хорошее совпадение результатов. Так, в работе [2] отмечается «отчетливо выраженное сжатие клеток, а отсюда и общее ссыхание археологической древесины».

А для конечной стадии деградации авторы [1] делают вывод, что «вся клеточная стенка отрывается от срединной пластинки и, сморщившись в комок, выпадает в полость клетки».

В результате исследований установлено, что обнаруженные в полостях сосудов включения в виде гранул указывают на связь с изменением химического состава древесины, а наблюдаемое возрастное искривление сердцевинных лучей связано с неравномерностью усадки у древней древесины в ранней и поздней зонах годичного слоя.

В связи с тем, что возможности растрового электронного микроскопа для изучения тонких изменений в клеточной стенке ограничены, работа будет продолжена с применением более совершенных методов исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Вихров Ю. В., Борисов В. А. Физико-механические свойства археологической древесины // Лесн. журн.—1975.—№ 6.—С. 96—99.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Михайлов А. Консервация сухой и влажной археологической древесины.—София: Изд-во София пресс, 1984. [3]. Пищик И. И. Исследование свойств древесины длительной выдержки как материала для музыкальных инструментов. Дис. ... канд. техн. наук.—М.: МЛТИ, 1973. [4]. Пищик И. И., Мовшович И. М. Датировка памятников по малым образцам древесины: Науч. реф. сб.—М.: Информ-центр по пробл. культуры и искусства МКС ССР, 1981.—Вып. 1.

УДК 630\*378.33

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТЫ ПАКЕТА КРУГЛЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРЕГРУЗКЕ В ГИБКИХ СТРОПКОНТЕЙНЕРАХ

А. Ф. ИЗАКОВ, Е. К. ЛЕЙНАРТАС

Сибирский технологический институт

Ряд работ [1, 3, 4] посвящен исследованию габаритов пакета круглых лесоматериалов в различных технологических процессах.

Нами использованы дифференциальные уравнения равновесия гибкой нити, нагруженной пучковой средой (см. рисунок) [3]:

$$\begin{aligned} d\left(T \frac{dx}{dl}\right) + m(H-y)\gamma dy &= 0; \\ d\left(T \frac{dy}{dl}\right) - (H-y)\gamma dx &= 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $T$  — натяжение гибкой нити;  
 $dl$  — элемент длины;  
 $m$  — коэффициент пропорциональности для пучковой среды;  
 $H$  — расстояние от нижней точки пакета до верхней точки стропа;  
 $\gamma$  — удельный вес древесины.

Интегрируя первое уравнение из системы (1), получаем:

$$T \frac{dx}{dl} = \frac{m\gamma}{2} [(H-y)^2 - A].$$

Постоянную интегрирования  $A$  найдем из условия  $x=0, y=0, \frac{dx}{dl} = \sin 90^\circ = 1$ , откуда  $T = \frac{m\gamma}{2} [H^2 - A]$  или

$$A = H^2 - \frac{2}{m\gamma} T. \quad (2)$$

Из системы (1) получаем после преобразований дифференциальное уравнение

$$\frac{1}{2} m [(H-y)^2 - A] \frac{d^2y}{dx^2} - m(H-y) \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - (H-y) = 0.$$

Понижая порядок уравнения и интегрируя его, определяем

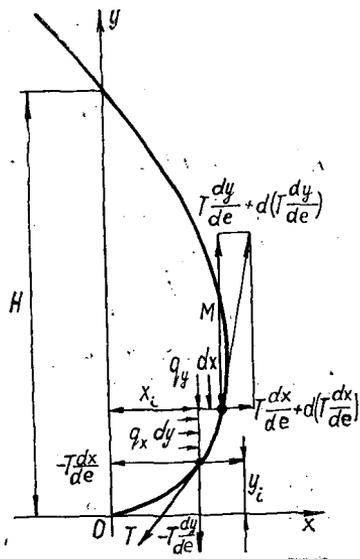
$$\frac{dx}{dy} = \frac{\sqrt{m} [(H-y)^2 - A]}{\sqrt{D^2 - [(H-y)^2 - A]^2}}. \quad (3)$$

Постоянную интегрирования  $D$  найдем из начальных условий: при  $y=0$  имеем  $\frac{dx}{dy} = \infty$  и  $x=0$ . Отсюда имеем  $D^2 = (H^2 - A)^2$  или  $D = H^2 - A = \frac{2}{m\gamma} T$  с учетом (2).

Решение (3), удовлетворяющее условию  $x|_{y=0} = 0$ , запишем в виде:

$$x(y) = \int_0^y \frac{\sqrt{m} [(H-t)^2 - A] dt}{\sqrt{D^2 - [(H-t)^2 - A]^2}}, \quad (4)$$

где  $t$  — переменная интегрирования.



Обозначив в уравнении (4),  $H - t = v$ , получим:

$$x(y) = \sqrt{m} \int_{H-y}^H \frac{[v^2 - A] dv}{\sqrt{(H^2 - v^2)(H^2 + v^2 - 2A)}}.$$

Рассмотрим уравнение равновесия гибкой нити на отрезке  $0 \leq y \leq H$ . Здесь  $H \geq v \geq 0$ , следовательно,  $H^2 - v^2 \geq 0$ . Так как условие  $H^2 + v^2 - 2A = 0$  должно выполняться для всех  $v$ , то  $H^2 - 2A \geq 0$ .

Если  $H^2 - 2A = 0$ , то

$$x = \sqrt{m} \int_{H-y}^H \frac{(v^2 - A) dv}{v \sqrt{H^2 - v^2}} = \sqrt{m} \left( \sqrt{2Hy - y^2} - \frac{H}{y} \ln \frac{H + \sqrt{2Hy - y^2}}{H - \sqrt{2Hy - y^2}} \right). \quad (5)$$

Из (5) видно, что линия  $x = x(y)$  не может пересекать ось  $Oy$  в точке  $y = H$ . Если  $H^2 - 2A \geq 0$ , то это равносильно, с учетом (2), условию:

$$H \leq 2 \sqrt{\frac{T}{m\gamma}}. \quad (6)$$

В этом случае интеграл (4) выражается через эллиптические интегралы [2]

$$x(y) = \sqrt{m} \sqrt{2H^2 - 2A} \left[ E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - \frac{1}{2} F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) \right] - \sqrt{m} \sqrt{2H^2 - A} \left[ E(\varphi, k) - \frac{1}{2} F(\varphi, k) \right] + \sqrt{m} (H - y) \sqrt{\frac{H^2 - (H - y)^2}{(H - y)^2 + H^2 - 2A}}, \quad (7)$$

где  $E\left(\frac{\pi}{2}, k\right)$ ,  $F\left(\frac{\pi}{2}, k\right)$  — полные эллиптические интегралы первого и второго рода соответственно;  
 $E(\varphi, k)$  и  $F(\varphi, k)$  — неполные эллиптические интегралы.

Кроме того,

$$k = \frac{H}{\sqrt{2H^2 - 2A}}; \quad \varphi = \arcsin \frac{H - y}{H} \sqrt{\frac{2H^2 - 2A^2}{(H - y)^2 + H^2 - 2A}}. \quad (8)$$

Если потребовать, чтобы кривая  $x = x(y)$  пересекала ось  $Oy$ , т. е.  $x = 0$  при  $y = H$ , то из (6), с учетом  $\varphi = \arcsin 0 = 0$  и  $E(\varphi, k) = F(\varphi, k) = 0$ , получим

$$2E\left(\frac{\pi}{2}, k\right) - F\left(\frac{\pi}{2}, k\right) = 0. \quad (9)$$

Решая уравнение (9) относительно  $k$  (например: используя таблицы эллиптических функций), найдем  $k_0 = 0,90865$ . Учитывая (2) и (8), окончательно имеем:

$$H = 1,8183 \sqrt{\frac{T}{m\gamma}}. \quad (10)$$

Таким образом, требование, чтобы кривая (7) пересекала ось  $Oy$  в точке  $H$ , равносильно соотношению (10), связывающему параметры  $H$ ,  $T$ ,  $m$ ,  $\gamma$ . Высота пакета при подъеме его за обвязку нелинейно зависит от габаритов и массы перегружаемой совокупности лесоматериалов, комплексно отражаемых параметром  $T$ , а так же от их характеристик: удельного веса  $\gamma$  и коэффициента пропорциональности  $m$ .

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Воробьев А. Г. О расчете по эластиковой теории пучковых плотов для случая нахождения их на суше // Лесинженерное дело: Науч. докл. высш. шк. — 1958. — № 3. — С. 40—52. [2]. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике: Для науч. работников и инженеров. — М.: Наука, 1978. — 832 с. [3]. Реутов Ю. М. Расчеты пучков (пакетов) круглых лесоматериалов. — М.: Лесн. пром-сть, 1975. — 152 с. [4]. Реутов Ю. М., Крейчман М. М. Определение параметров пакетов в гибких стропах в подвешенном состоянии // Транспорт леса в плотках: Сб. тр. / ЦНИИЛесосплава. — М.: Лесн. пром-сть, 1985. — С. 18—25.

УДК 674.09-791.8

## ИЗМЕРЕНИЕ СИЛЫ УПРУГОСТИ ДВИЖУЩИХСЯ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССЕ ИХ СОРТИРОВКИ ПО МЕХАНИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ

В. В. ОГУРЦОВ, И. С. МАТВЕЕВА, М. И. ЗАХАРОВ

Сибирский технологический институт

Механическая модель сортирующей установки с пиломатериалом для данных исследований получена из общей динамической модели системы сортирующая установка — пиломатериал [2] путем дополнительной конкретизации и абстрагирования (рис. 1). Она имеет одну степень свободы с обобщенной координатой  $y$ .

Составим для нее уравнение Лагранжа [3].

Кинетическую  $T$  и потенциальную  $\Pi$  энергии, а также диссипативную функцию  $\Phi$  системы определяем из выражений:

$$T = \frac{1}{2} \left( \frac{m_{\Pi}}{3} + m_{\text{в}} \right) \dot{y}^2; \quad (1)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} (C_{\text{д}} + C_{\Pi}) y^2; \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{1}{2} (\mu) \dot{y}^2, \quad (3)$$

где  $m_{\Pi}$  — масса нагруженного участка пиломатериала;  
 $m_{\text{в}}$  — масса изгибающего вальца и жестко связанных с ним тел;  
 $C_{\Pi}$ ,  $C_{\text{д}}$  — жесткости пиломатериала и датчика силы;  
 $\mu$  — коэффициент внутреннего трения древесины;  
 $y$ ,  $\dot{y}$  — обобщенная координата и обобщенная скорость системы.

Члены в скобках в выражениях (1)–(3) представляют собой соответственно приведенные коэффициенты инерции, жесткости и сопротивления системы.

Тогда дифференциальное уравнение системы сортирующая установка — пиломатериал принимает вид

$$\left( \frac{m_{\Pi}}{3} + m_{\text{в}} \right) \ddot{y} + \mu \dot{y} + (C_{\text{д}} + C_{\Pi}) y = 0. \quad (4)$$

Варьирование жесткости пиломатериала по длине опишем выражением

$$C_{\Pi} = C_{\Pi 0} - \Delta C_{\Pi} \cos \frac{2\pi v}{d} t. \quad (5)$$

Здесь  $C_{\Pi 0}$  — средняя жесткость пиломатериала;  
 $\Delta C_{\Pi}$ ,  $d$  — амплитуда и период колебаний жесткости;  
 $v$  — скорость перемещения пиломатериалов.

Следовательно, уравнение (4) можно записать в виде

$$\ddot{y} + 2n\dot{y} + k_0^2 (1 - \psi \cos \omega t) y = 0, \quad (6)$$

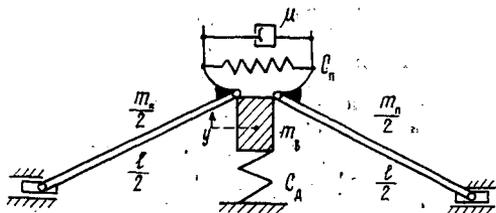


Рис. 1. Модель сортирующей установки с постоянным прогибом для исследования динамических нагрузок, обусловленных переменным характером силы упругости пиломатериалов

где 
$$2n = \frac{\mu}{\frac{m_n}{3} + m_b}; \quad \omega = \frac{2\pi v}{d}; \quad k_0^2 = \frac{C_d + C_{по}}{\frac{m_n}{3} + m_b};$$

$k_0$  — среднее значение собственной частоты;

$$\psi = \frac{\Delta C_n}{C_d + C_{по}}$$
 — относительная глубина пульсации жесткости пиломатериала.

Уравнение (6) нелинейное, оно не интегрируется в элементарных функциях и принадлежит к классу уравнений Матье [3]. Это указывает на то, что при определенных параметрах пиломатериалов и скоростях их перемещения в системе возможен параметрический резонанс.

Пренебрегая трением в системе, приведем (6) к каноническому виду

$$\frac{d^2 y}{d\tau^2} + (a - 2\epsilon \cos 2\tau) y = 0. \quad (7)$$

Здесь обозначено:

$$\begin{aligned} \omega t = 2\tau; \quad k_0^2 = \frac{a\omega^2}{4}; \quad \psi = \frac{2\epsilon}{a}; \\ a = \frac{(C_d + C_{по}) d^2}{\left(\frac{m_n}{3} + m_b\right) \pi^2 v^2}; \quad \epsilon = \frac{\Delta C_n d^2}{2 \left(\frac{m_n}{3} + m_b\right) \pi^2 v^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

Для оценки параметрической устойчивости системы воспользуемся критерием устойчивости для возбуждения по прямоугольному синусу [3], поскольку он дает результаты, практически совпадающие с полученными по критерию для тригонометрического косинуса.

Итак, система устойчива, если

$$\begin{aligned} |A = \cos \pi \alpha \sqrt{1 + \psi} \cos \pi \alpha \sqrt{1 - \psi} - \frac{1}{\sqrt{1 - \psi^2}} \sin \pi \alpha \sqrt{1 + \psi} \times \\ \times \sin \pi \alpha \sqrt{1 - \psi}| \leq 1, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $\alpha = \frac{\sqrt{a}}{2}$ .

Нетрудно убедиться, что  $\alpha$  есть отношение среднего значения собственной частоты системы  $k_0$  к частоте  $\omega$  пульсации жесткости пиломатериала.

В выражение для  $\psi$ ,  $a$  и  $\alpha$  подставим значения параметров пиломатериалов, сортирующих установок и режимов их функционирования, представляющие практический интерес, а именно:

$$C_{по} = (5 \dots 8) 10^5 \text{ Н/м}; \quad \Delta C_n = (0,2 \dots 0,6) C_{по};$$

$$C_d = (50 \dots 100) C_{по}; \quad \frac{d}{v} = 0,03 \dots 1 \text{ с.}$$

Тогда получим

$$a_{min} = 250; \quad a_{max} = 133 \cdot 10^4;$$

$$\psi_{min} = 0,002; \quad \psi_{max} = 0,012.$$

Наихудшими для устойчивости системы являются значения:  $a = 250$ ,  $\psi = 0,012$ , для которых  $\alpha = 8$ ;  $\epsilon = 1,5$ .

Анализ выражения (9) и диаграмм устойчивости [3] показывает, что при данных значениях  $a$ ,  $\psi$ ,  $\alpha$ ,  $\epsilon$  параметрический резонанс возможен только тогда, когда точно выполняется условие:

$$\alpha = n/2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots).$$

Любое отклонение  $2\alpha$  от целого числа приводит к срыву параметрического резонанса, т. е. при больших значениях параметра  $a$  (какие имеют место в рассматриваемом варианте) зона неустойчивости сводится в отдельные точки неустойчивости.

Учитывая, что параметр  $\alpha$  зависит от непрерывно меняющейся со случайной частотой жесткости пиломатериала, можно заключить, что параметрический резонанс возможен, но с чрезвычайно малым периодом существования.

Предположим, однако, что параметрический резонанс имел место в течение двух полных периодов изменения жесткости пиломатериала с максимально возможной амплитудой в три средних квадратных отклонения. Тогда из выражения (9) находим максимальное значение критерия устойчивости системы:

$$A_{max} = (1 - \psi^2)^{-1/2} = 1,000072.$$

Отношение двух соседних максимумов или минимумов динамической силы упругости пиломатериала

$$\lambda_{max} = A_{max} + \sqrt{A_{max}^2 - 1} = 1,012.$$

Следовательно, прирост амплитуды за одно полное колебание составляет 0,012, а за два — 0,024 или 0,3 % прогиба.

Учитывая, что рассматриваемая ситуация практически невероятна, а ошибка измерения силы упругости незначительна, можно сделать вывод, что параметрический резонанс не опасен и его не следует принимать во внимание при настройке сортирующих установок с постоянным прогибом. Тем более, что трение в системе, которым пренебрегли в начале анализа, оказывает стабилизирующее влияние на параметрические колебания.

Для оценки динамических погрешностей копирования силы упругости пиломатериала выходным сигналом преобразователя смоделируем изменение жесткости пиломатериала силой упругости

$$\Delta F = \Delta C_{п} f_0 \cos \frac{2\pi v}{d} \quad (10)$$

(где  $f_0$  — номинальный прогиб пиломатериала), поместив ее в правую часть дифференциального уравнения (6). Решение полученного уравнения представим графически на рис. 2 для двух практически крайних вариантов исходных данных [2].

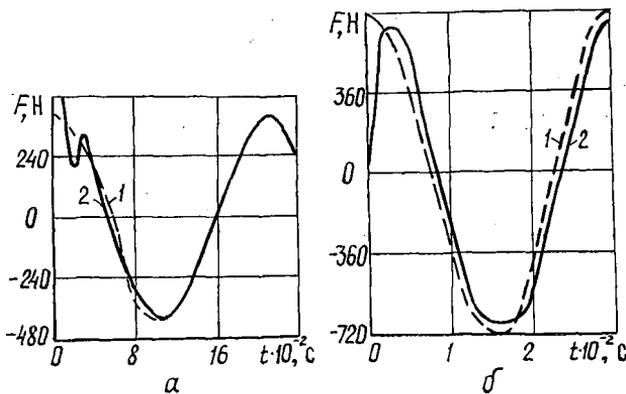


Рис. 2. Графики динамического копирования силы упругости пиломатериалов: а — для варианта 1 [2] параметров сортирующей установки; б — для варианта 2 [2]: 1 — сила упругости; 2 — измеренное значение силы упругости

Полученные графики показывают, что динамические погрешности копирования силы упругости зависят от параметров сортирующих установок. Для варианта 1 [2] погрешности не превышают 0,8 %, а для варианта 2 [2] они достигают 3 %.

Из ранее проведенных нами исследований [1] видно, что погрешность измерения силы упругости до 3 % практически не влияет на достоверность и эффективность сортировки пиломатериалов по механическим свойствам. Поэтому сортирующие установки с постоянным прогибом, имеющие параметры в пределах значений, представленных в работе [2], обеспечивают достаточную точность динамического копирования их силы упругости.

Экспериментальные исследования процесса перемещения пиломатериалов через сортирующую установку с постоянным прогибом и свободно опертой схемой нагружения подтвердили приведенные выше теоретические результаты. Они показали, что при скорости перемещения пиломатериалов выше 1 м/с при резком изменении величины смятия древесины или при других случайных возмущающих воздействиях в некоторых случаях наблюдается вибрация свободных концов пиломатериалов, сопровождающаяся существенным искажением их силы упругости. Для ее устранения необходимо вводить устройства, исключающие эту вибрацию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Огурцов В. В. Влияние погрешностей измерения силы упругости и прогиба пиломатериалов на достоверность их механической сортировки по прочности

Изв. вузов. Лесн. журн.—1984.—№ 1.—С. 117—119. [2]. Огурцов В. В. Моделирование установок для сортировки пиломатериалов по механическим свойствам методом изгиба // Изв. вузов. Лесн. журн.—1990.—№ 2.—С. 128—130. [3]. Пановко А. Г. Введение в теорию механических колебаний.—М.: Наука, 1971.—240 с.

УДК 630\*861.16 : 630\*813.14

## ДЕСОРБЦИЯ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗ ПРИ РАЗМОЛЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ РАЗЛИЧНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Г. П. СУХАНОВА, Е. В. НОВОЖИЛОВ, Б. Д. БОГОМОЛОВ

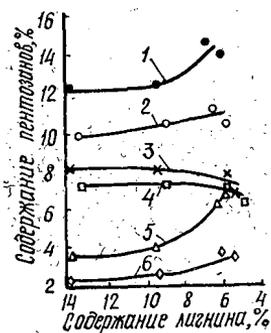
Архангельский лесотехнический институт

Лигнин, содержащийся в технической целлюлозе, оказывает существенное влияние на сорбцию органических веществ целлюлозными волокнами. Известно, что при щелочной варке переосаждение гемицеллюлоз начинается после достижения определенной степени делигнификации, хотя растворенные полисахариды появляются в варочном щелоке уже на ранних этапах варки. Нами установлено [1], что если волокнистый полуфабрикат содержит лигнина от 3 до 17 %, то сорбция гемицеллюлоз нейтрально-сульфитного щелока проходит достаточно активно, уровень сорбированных пентозанов достигает 2...3 %, при более высоком содержании лигнина степень сорбции значительно снижается.

Вышеприведенные данные дают основание полагать, что не только уровень сорбции, но и прочность связи гемицеллюлоз с целлюлозными волокнами, их десорбция в процессе размола также во многом определяются степенью делигнификации целлюлозы.

Для изучения этого вопроса нами проведена сорбционная обработка нейтрально-сульфитным щелоком и последующий размол до 60 °ШР сульфатной лиственничной целлюлозы с различным содержанием лигнина. Образцы целлюлозы с различной степенью делигнификации отбирали по ходу сульфатной варки; после промывки от черного щелока обрабатывали нейтрально-сульфитным щелоком с расходом 4 мл/г абс. сухой целлюлозы при температуре 80 °С, продолжительности 90 мин, концентрации волокна 10 %. В работе использовали производственный щелок Архангельского ЦБК после варки лиственничной, в основном березовой, древесины (расход химикатов на варку в среднем составляет 7,9 % в ед.  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  по отношению к абс. сухой древесине, выход полуфабриката — 79,8 %). Щелок имел следующие показатели:  $\rho = 1052 \text{ кг/м}^3$ , рН 6,4, содержание пентозанов 20,5 г/л, сухих веществ 10,2 %, минеральных 3,9 %. Размол целлюлозы, изготовление отливок и определение степени десорбции сорбированных гемицеллюлоз проводили по методикам, изложенным в работе [3]. В целлюлозе и отливках содержание пентозанов определяли по ГОСТ 10820—75.

На рисунке показано влияние жесткости целлюлозы на устойчивость пентозанов в процессе размола.



Влияние жесткости целлюлозы на устойчивость пентозанов в процессе размола: 1 — в обработанной; 2 — в отливках обработанной целлюлозы; 3 — в исходной; 4 — в отливках исходной целлюлозы; 5 — прирост содержания пентозанов в целлюлозе; 6 — прирост содержания пентозанов в отливках целлюлозы

Как видно из рисунка, содержание пентозанов в образцах сульфатной целлюлозы находилось на уровне 7,1...8,4 %, причем более низкие значения получены ближе к концу варки. Сорбция пентозанов на целлюлозу возрастает с 4,0 до 7,1 % при уменьшении содержания лигнина ниже 10 %. Установлено [4], что часть гемицеллюлоз в процессе сорбции способна проникать внутрь клеточной стенки и переосаждаться там на целлюлозные фибриллы. Это, конечно, способствует их сохранению при последующем размоле целлюлозы. О том, как влияет содержание лигнина на проникновение гемицеллюлоз внутрь волокна, данных нет.

Размол целлюлозы приводит к удалению некоторой части пентозанов, о чем свидетельствует уменьшение их содержания в отливках. При жестком размоле до 60 °ШР степень десорбции была высокой — 35...47 %. При этом относительно больше пентозанов удалялось из целлюлозы с низким содержанием лигнина, что объясняется возрастанием степени десорбции полимеров с увеличением количества сорбированного вещества [2].

Однако чем меньше лигнина в целлюлозе, тем больше в ней сорбированных пентозанов, устойчивых к механическому воздействию в процессе размола. С целлюлозными волокнами, содержащими от 9 до 14 % лигнина, прочно связываются 2,6...2,9 % пентозанов нейтрально-сульфитного щелока, а при содержании лигнина в целлюлозе от 5 до 6 % после размола сохраняется 3,8...3,9 % сорбированных пентозанов. Так как условия обработки всех образцов были одинаковы, то следует говорить об изменении сорбционной способности целлюлозы по отношению к гемицеллюлозам нейтрально-сульфитного щелока с увеличением продолжительности сульфатной варки. Вероятно, это связано с растворением лигнина и гемицеллюлоз, очищением поверхности целлюлозных волокон и образованием новых сорбционных центров, а также с увеличением числа крупных субмикроскопических капилляров, которые становятся доступными для макромолекул гемицеллюлоз. В результате указанных процессов прочность сорбционных связей возрастает, о чем свидетельствует большая устойчивость пересаженных пентозанов к размолу в целлюлозе с более низким содержанием лигнина.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Изучение сорбции гемицеллюлоз моносльфитного щелока лиственничной целлюлозой с различным содержанием лигнина / Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д., Суханова Г. П. и др. // Хим. технология древесины: Межвуз. сб. науч. тр.—Л., 1986.—С. 57—60. [2]. Липатов Ю. С., Сергеева Л. М. Адсорбция полимеров.—Киев: Наукова думка, 1972.—194 с. [3]. Суханова Г. П., Новожилов Е. В., Богомолов Б. Д. Десорбция гемицеллюлоз при размолу лиственничной целлюлозы // Изв. вузов. Лесн. журн.—1984.—№ 2.—С. 128—129. [4]. Трейманис А. П., Громов В. С., Кампусе А. А. Роль субмикроскопических капилляров целлюлозы в процессе пересаждения глюкуроноксилана // Химия древесины.—1975.—№ 4.—С. 22—29.

## ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

УДК 378 : 630\* (477.83)

ЭКОЛОГО-ПРАВОВАЯ ПОДГОТОВКА  
ИНЖЕНЕРОВ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

В последние годы проблемы экологии приобрели особую остроту и выдвинулись в число наиболее важных глобальных проблем современности. В нашей стране они находятся в центре внимания общества и вызывают острые дискуссии. В формировании экологического мировоззрения в обществе, преодолении одностороннего техно-практического подхода к взаимодействию общества и природы огромная роль принадлежит высшей школе.

Современные требования к подготовке вузами специалистов предусматривают глубокое изучение не только специальных, но и общественно-политических и правовых дисциплин.

В процессе своей деятельности предприятия и организации оказывают влияние на окружающую среду, преимущественно негативное. Поэтому современный инженер должен иметь экологическое мировоззрение. Экологический подход к техническим наукам заключается в применении критериев экологической целесообразности и замкнутости, биологизации производственных процессов. Общие экологические проблемы связаны с комплексным использованием минеральных и других природных ресурсов, созданием безотходной и ресурсосберегающей техники и технологии, замкнутых технологических циклов и т. д. Главная цель обучения будущих инженеров и руководителей производства — в создании основ для включения современной индустрии и природопользования в общие процессы преобразования материи и энергии в биосфере, в сохранении и поддержании равновесия природной и антропогенной деятельности.

Экологизированная проблематика в естественных и технических науках, а также их связь с общественными потребностями вызывают необходимость всестороннего учета социально-экономических аспектов. При этом важно знать законы и другие правовые нормы. Наряду с экологической подготовкой, высшая школа обязана обучать своих выпускников природоохранному законодательству, что позитивно влияет на формирование эколого-правовой культуры у будущих специалистов народного хозяйства. Особое значение эколого-правовая подготовка приобретает для выпускников лесотехнического института, работа которых связана с эксплуатацией и охраной возобновляемых природных ресурсов.

Львовский лесотехнический институт за 40 лет своего существования стал современным учебным и научным центром, имеющим необходимую базу для подготовки высококвалифицированных специалистов. В вузе обучается почти 5,5 тыс. студентов, на 29 кафедрах работают около 300 преподавателей. На пяти факультетах готовятся инженерно-технические кадры по восьми специальностям, в том числе экономике и организации лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности, озеленению населенных пунктов, лесоинженерному делу, лесному хозяйству.

Сг уровня эколого-правовой культуры этих специалистов в значительной мере зависит будущее наших лесов. Вполне понятно, что современный студент в процессе обучения испытывает значительную информационную нагрузку. В этой связи весьма важно требование «Основных направлений перестройки высшего и среднего специального образования в стране» не допустить перегрузки студентов, чтобы не мешать развитию навыков самостоятельного творческого мышления. Задача состоит в повышении заинтересованности студентов в изучении хозяйственного, трудового и природоохранного законодательства с помощью деловых игр на семинарских занятиях на инженерно-экономическом факультете (стационарной формы обучения), а также карточной системы контроля на других факультетах, где единственной формой работы преподавателя со студентами являются лекции. Знания проверяются главным образом на групповых или индивидуальных консультациях.

Эколого-правовая подготовка должна быть неотъемлемой частью всего процесса обучения студентов, начиная с первого курса. В целях эффективной реализации этой задачи в институте разработаны и осуществляются программы, учитывающие специфику инженерно-технического вуза и особенности преподавания общественных, специальных, общенаучных дисциплин; их используют как профессорско-преподавательский состав, так и общественные организации.

На всех факультетах студентам первого курса преподается дисциплина «Охрана природы» или «Экология и охрана природы». С учетом опыта преподавания этого курса и состояния охраны природы институт избран базовым для работы секции экологического воспитания при Минвузе УССР. Здесь обсужден вопрос о совершенствовании программ и подготовке нового учебника для инженерно-технических вузов.

республики. Не ограничиваясь собственно обучением, преподаватели ищут оптимальные средства для применения студентами знаний, приобретенных на практике. В решении вопросов повышения эколого-правовой культуры используется студенческое самоуправление. Студентам передано управление общежитиями, включающее поддержание их в хорошем санитарном состоянии. Избранные в состав ученого совета института студенты приняли участие в выборах ректора и деканов, поставили перед ними задачу улучшения экологической подготовки кадров. Для изучения мнения студентов и общественных организаций о работе ректората, о качестве преподавания выполнено анкетирование, результаты которого доведены до сведения всего коллектива.

Повышению интереса к эколого-правовым знаниям способствуют встречи молодежи с работниками правоохранительных и природоохранительных органов. Студенты принимают участие и в «круглом столе», обсуждая политические, экономические и правовые проблемы перестройки, где экологические вопросы занимают одно из главных мест. В течение пяти лет на базе института функционирует трудовое объединение студентов и школьников Радянского района Львова «Зеленстрой», где в период летних каникул они ухаживают за парками и скверами, другими зелеными зонами города.

Создан студенческий клуб «Эколог», который организует чтение студентами лекций в период производственной практики, а совместно со штабом ДНД — природоохранные операции «Елочка». Специализированная студенческая природоохранная добровольная дружина сегодня объединяет 75 энтузиастов.

Студенты привлекаются и к научным исследованиям, связанным с лесной экологией. В работе научных конференций ежегодно принимают участие около 8 тыс. студентов.

Активно работают студенты и в хоздоговорных группах. Они изучают вопросы селекции лесных растений, разрабатывают научные основы ведения рекреационного хозяйства и экологически чистые технологии деревообработки. В целом ежегодный объем научных исследований в одиннадцатой пятилетке в денежном выражении составил 1,4 млн р., а экономический эффект от ее внедрения — почти 5 млн р. Ежегодно проводится олимпиада по дисциплинам «Экология и охрана природы», участники которой соревнуются в лучшем знании природоохранного законодательства.

В улучшении подготовки специалистов существенную роль играет расширение междисциплинарных, межкафедральных и межвузовских связей. Эффективность такого подхода проверена практикой дипломного проектирования. В описательной части дипломных проектов рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, охраны природы. В течение трех лет ряд студентов инженерно-экономических специальностей на конкретных материалах производственных объединений и предприятий лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности готовили дипломные проекты по экономико-правовым вопросам использования и охраны лесных ресурсов, выполнения предприятиями договорных обязательств и использования трудового потенциала.

С участием студентов различных факультетов института, а также Львовского политехнического института и Львовского государственного университета разработан ряд комплексных межвузовских дипломных проектов. В них изучены также и правовые проблемы.

Для технических и экономических специальностей предусмотрено чтение природоохранных спецкурсов на завершающих этапах обучения; студенты дают эколого-экономическое и правовое обоснование дипломного проекта. Студенты лесохозяйственной специализации готовят дипломные работы по правовым вопросам охраны и рационального использования лесных ресурсов.

Одним из важнейших путей улучшения подготовки специалистов является укрепление связей вузов, предприятий и организаций. За последние годы установлены тесные связи между ЛЛТИ и объединением Львовлес, а также объединениями Прикарпатлес, Дрогобычдрев, Львовдрев, Радеховским лесхоззагом (Львовская область). На производствах созданы филиалы кафедр института, возглавляемых высококвалифицированными специалистами народного хозяйства. Филиалы существуют на Болевховском лесокombинате (Ивано-Франковская область), в объединениях Прикарпатлес и Львовдрев. Здесь студенты проходят производственную практику, собирают материалы для дипломных проектов и т. д. Для участия в работе Государственных экзаменационных комиссий приглашаются ведущие специалисты лесной отрасли. Ряд дипломных проектов, в том числе и по экономико-правовым вопросам, студенты защищают на производстве в присутствии работников предприятий и организаций. Вскоре начнется преподавание факультативного курса «Организационно-правовые вопросы управления лесным хозяйством, лесной и деревообрабатывающей промышленностью» для студентов, которые проявили склонность к организаторской работе. Курс будут читать юристы, психологи, социологи.

В связи с проведением реформы высшей школы и принятием ряда новых законодательных актов обновляются программы. Главное внимание уделяется обеспечению глубокого изучения студентами основ лесного права, трудового и хозяйственного законодательства.

На Всесоюзном совещании заведующих кафедрами общественных наук подчеркивалось, что сегодня необходимо по-новому организовать процесс обучения и воспитания. Это требование в полной мере относится и к подготовке инженерных кадров, эколого-правовое обучение которых должно обеспечить формирование у молодых специалистов высокой эколого-правовой культуры. В целом речь идет о процессе социологизации учебного процесса, который должен осуществляться на основе программ непрерывной экологической подготовки студентов. Эти программы взаимосвязывают общенаучные, специальные и общественные предметы, научную работу студентов, их курсовое и дипломное проектирование, производственную практику, трудовой семестр. Знания, полученные в институте, способствуют пониманию социально-экологической проблемы, формируют социологическое сознание, навыки научного природопользования. Такие программы разработаны в настоящее время всеми кафедрами ЛЛТИ, на их основе формируется единая общештуденческая программа.

Интеграция наук на основе их экологизации способствует формированию новых учебных и научных дисциплин. Одна из них — экологическое право, интегрирующее природно-ресурсное и природоохранительное право. Эту правовую область можно определить как «совокупность правовых норм, регулирующих комплекс общественных отношений по использованию и охране окружающей среды в процессе хозяйственной деятельности в целях обеспечения оптимального сочетания экологических и экономических интересов общественного развития, создания благоприятных условий для жизни и здоровья, труда и отдыха населения, сохранения всего многообразия окружающей естественной среды в интересах настоящих и будущих поколений\*». Настало время введения этой дисциплины в качестве обязательной в учебные курсы вузов лесного и сельскохозяйственного профиля и как факультатива — во всех других высших учебных заведениях страны. Это будет способствовать развитию и совершенствованию системы экологического образования и воспитания.

В. А. Кучерявый, В. В. Костицкий, О. Ю. Тарасов

Львовский лесотехнический институт

УДК 630\*945.3 : 301

## О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Перестройка системы общественных отношений, усложнение социальных условий, появление принципиально новых проблем, связанных с переходом к рыночной экономике, новыми условиями хозяйствования и формами взаимодействия человека с окружающей средой, требуют существенных качественных изменений в системе подготовки кадров для лесного хозяйства.

Создание модели специалиста в нынешних условиях вряд ли возможно без использования методов прикладной социологии. Было изучено мнение преподавателей лесохозяйственных факультетов вузов страны о концептуальной модели специалиста лесного хозяйства с высшим образованием и направлениях совершенствования системы подготовки. Исследования проводили на базе лесохозяйственных факультетов Ленинградской лесотехнической академии, Украинской сельскохозяйственной академии, Белорусского технологического института, Московского, Архангельского, Воронежского, Львовского лесотехнических институтов.

Необходимость и целесообразность этих исследований обусловлена концепцией развития лесного хозяйства, акцентирующей внимание на его кадровом обеспечении: «Предусматривается обеспечить отрасль необходимыми квалифицированными кадрами специалистов и рабочих, организовать их непрерывное профессиональное и экономическое обучение и полностью удовлетворить потребности лесного хозяйства в специалистах с высшим и средним специальным образованием на основе кооперации и хозяйственных отношений с предприятиями» [2, 3].

Основные принципы исследования заключались в следующем.

1. Опрашиваемые преподаватели лесохозяйственных факультетов, в том числе имеющие опыт практической работы в лесном хозяйстве (деканы и их заместители, заведующие кафедрами, профессора, доценты, ассистенты) считались экспертами по исследуемой проблеме.

2. Преподаватель рассматривался не как объект, а как цель исследования. Деятельность социологической группы была подчинена интересам самих преподавателей и направлена не на оценку их качеств, а на осознание ими модели специалиста.

\* Петров В. В. Правовая экология и технологическое право // Вопросы социологии. — Львов, 1987. — С. 136.

3. Были объединены усилия специалистов разных отраслей знания, что дало возможность взглянуть на проблему всесторонне.

4. За инструмент исследований принят комбинированный метод, интегрирующий анкетирование (самозаполнение подготовленных анкет) с последующими программированным и нестандартизированным интервью (беседы с преподавателями). Это позволило учитывать пожелания самих респондентов.

Результаты исследования позволили выделить общее мнение преподавателей и особенности их представлений о модели специалиста лесного хозяйства с высшим образованием. Классификация включала несколько блоков вопросов к специалистам: требования к их качествам; деловые возможности и адаптация в условиях производства; уровень знаний и подготовки; возможности подготовки по разным категориям и повышения ее уровня.

Анализ ответов респондентов на вопрос о требованиях, предъявляемых к специалистам лесного хозяйства в современных условиях, позволил создать условную шкалу. В «зону общего признания» вошли требования, необходимость которых признали более 15 % респондентов: профессионализм (34 % опрошенных), организаторские способности (23 %), компетентность (21 %), экономическая культура (15 %). В «зону признания» попали требования, на которые указали несколько респондентов: экономические знания (6 %), умение руководить и работать с коллективом (8 %), ответственность, честность (6 %), интеллигентность (5 %), нравственность (5 %), компьютерная грамотность (3 %). В «зону единичного признания» вошли знание современных прогрессивных технологий, любовь к избранной профессии, целеустремленность, инициативность, гражданская позиция, умение принимать ответственные решения, знание лесного законодательства, снабженческие способности, хорошие физические данные, исполнительская дисциплина.

Приоритетными качествами респонденты посчитали профессиональное мастерство (72 %), организаторские способности (18 %), ответственность (17 %), экологическую культуру (9 %), интеллигентность (8 %). Никто из опрошенных не выделил политическую культуру в качестве наиболее важного качества специалиста лесного хозяйства.

В ходе изучения мнения преподавателей лесохозяйственных факультетов о модели специалиста социологическая группа сочла необходимым оценить деловые возможности и уровень знаний молодых специалистов и студентов. Была поставлена задача определить уровень знаний, приобретенных студентами в школе, а также установить, в какой мере сегодняшние выпускники вуза соответствуют предполагаемой модели специалиста и, наконец, не является ли для респондентов модель специалиста идеальной, оторванной от жизни конструкцией. Оценка преподавателями уровня знаний студентов отражена в табл. 1.

Таблица 1

Дисциплины	Оценка уровня знаний, % к числу опрошенных		
	Хорошие	Удовлетворительные	Неудовлетворительные

## Знания, приобретенные в средней школе

Биология	4,6	61,5	33,9
Физика	1,7	67,2	31,1
Химия	1,8	66,1	32,1
Математика	5,0	51,0	44,0

## Знания, приобретенные в вузе

Лесоводственные	39	57	4
Инженерно-лесотехнические	21	78	1
Экологические	30	56	12
Экономические	6	43	51
Общественно-политические	5	56	39

Беседы с респондентами свидетельствуют, что при анализе результатов необходимо делать поправку на региональные особенности и определенную корпоративную заинтересованность в оценке своего труда. Лишь 19 % респондентов отметили, что уровень подготовки полностью соответствует современным требованиям, 73 % утверждали, что соответствует частично, 3 % — не соответствует, 5 % затруднились ответить.

Исходя из уровня знаний студентов и качества их подготовки респонденты определили деловые возможности выпускников лесохозяйственных факультетов: 22 % считали, что молодые специалисты могут успешно работать в новых условиях хозяйствования, 21 % утверждал, что нужна переподготовка на курсах повышения квалификации, 33 % отметили, что выпускникам будет трудно работать в новых усло-

виях, 22 % на этот вопрос не ответили. Преподаватели подчеркнули необходимость длительной адаптации выпускников лесохозяйственных факультетов в условиях производства: 16 % — 1 год; 40 % — 2 года; 30 % — 3 года; 12,5 % — более 3 лет; 1,5 % на вопрос не ответили.

Причину невозможности быстрой адаптации [4] респонденты видят не в сильно меняющихся условиях производства, а в неостребованности отдельных знаний из-за отсутствия должной специализации подготовки, а также в низком технологическом уровне лесохозяйственного производства на данном этапе. Предлагалось уже на III курсе определять место будущей работы специалиста и вести дальнейшую подготовку с учетом специфики вида деятельности.

Сложившаяся практика образования не предусматривает корректировку учебных планов и программ на основе обратной связи с производством [5]. В ходе социологического исследования сделана попытка оценить существующую модель специалиста выпускниками лесохозяйственных факультетов, имеющими опыт практической работы в отрасли. Анализ показал, что в вузовской подготовке испытывали недостатки практических навыков — 72 %, экологических знаний — 42 %, экономических знаний — 56 % респондентов. Оценка полученных в вузе знаний по специальным дисциплинам отражена в табл. 2.

Таблица 2

Дисциплина	Оценка уровня знаний, % к числу опрошенных	
	Недостаточные	Достаточные
Лесоводство	15	85
Лесные культуры	15	85
Лесная таксация	17	83
Защита леса	21	79
Инженерно-лесотехнические (начертательная геометрия, геодезия, лесозащита, механизация лесохозяйственных работ и др.)	15	85

Специалисты лесного хозяйства считают, что в работе на лесохозяйственном предприятии особенно нужны знания по лесоводству (90 % опрошенных), лесным культурам (89 %), таксации (79 %), защите леса (52 %), экономические (47 %), инженерно-лесотехнические (38 %), биологические (17 %), общественно-политические (9 %).

Варьируя методы и условия исследования, мы получили хорошо согласующиеся результаты, что свидетельствует об обоснованности выводов и позволяет использовать их в качестве исходной базы при формировании концептуальной модели специалиста лесного хозяйства с высшим образованием. Решена и вторая задача опроса — помочь преподавателям определиться в том, каких специалистов они хотят, могут и должны готовить. В то же время социологическая группа получила серьезные предложения преподавателей разных вузов отрасли по повышению уровня преподавания и подготовки специалистов.

Возрастание роли науки и высшей школы в условиях новой социально-экономической и научно-технической политики Госкомлеса СССР, требующей коренного улучшения качества подготовки и использования специалистов с высшим образованием в лесном хозяйстве, должно определить практический интерес к результатам проведенного социологического исследования [1]. Полученные данные могут быть использованы для оптимизации системы подготовки специалистов лесного хозяйства в вузах страны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Кабатченко М. В. Советская школа на новом этапе истории человечества // Советск. педагогика. — 1990. — № 5. — С. 31—37. [2]. Концепция развития лесного хозяйства в СССР до 2005 года (сводный вариант). — М., 1989. [3]. Семенов В. Н. Крепить инженерный потенциал отрасли // Лесн. хоз-во. — 1989. — № 6. — С. 2. [4]. Семенов В. Н. Подготовка квалифицированных кадров // Лесн. хоз-во. — 1989. — № 11. — С. 2—6. [5]. Соломонов А. А. Какого сорта диплом? // Советск. Белоруссия. — 1985. — 10 дек.

В. П. Рябчук, И. П. Магазинщикова,  
В. О. Семкив, С. Н. Землинский

Львовский лесотехнический институт

## НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

УДК 061.3 : 630\*81

ВОСЬМОЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СИМПОЗИУМ  
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНЫМ ИССЛЕДОВАНИЯМ ДРЕВЕСИНЫ

Очередной Международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины, организованный Комитетом по технологии древесины Польской академии наук и факультетом технологии древесины Варшавской сельскохозяйственной академии, состоялся 8—12 октября 1990 г. в Варшаве. В симпозиуме приняли участие 60 ученых из Великобритании, Болгарии, Германии, Монгольской Народной Республики, Республики Польши, СССР, Финляндии, ЧСФР и СФРЮ. Польской академией наук были приглашены почетный член ИЮФРО, член Международной академии древесиноведения проф. В. Лизе и проф. Г. Кюне (Германия), а также автор.

Пленарное заседание открыл председатель оргкомитета проф. А. Кожениевски. Затем заслушаны сообщения польских ученых Р. Пшиборски и В. Стрыковски «Ресурсы древесины и ее переработка в 2000 г.»; В. Суревича «Прогресс в производстве древесноволокнистых масс для бумаги». С докладами «Будущие требования к древесным материалам и направления фундаментальных исследований» и «Биологические аспекты строения и качества древесины» выступили Г. Кюне и В. Лизе. Остальные 47 докладов заслушаны на трех параллельно работавших секциях.

На секции «Биология, биохимия и строение древесины» Е. Важный и А. Кундзевич (Республика Польша) сделали доклад «Изменения некоторых физических и механических свойств древесины березы при совместном влиянии грибов *Fomes fomentarius* и *Piptoporus betulinus*», Н. Торелли и др. (СФРЮ) — «Электрическое сопротивление живых тканей как показатель здоровья деревьев серебристой пихты, подвергавшихся воздействию загрязнений воздуха», Т. Вытвер и Г. Гейзлер (Республика Польша) — «Проникновение защитных средств в древесину тополя» и др.

В ходе работы секции «Химия древесины и процессов ее переработки» выступили польские ученые З. Адамски, Т. Гавендски с сообщениями «Варка сосновой древесины, поврежденной грибом *Phellinus Pini*»; Б. Гос и др. — «Влияние загрязнений атмосферного воздуха на некоторые физические и химические свойства древесины ели»; В. Ониско, Д. Ницевич — «Исследования по удалению коллоидных веществ из оборотной воды в производстве древесноволокнистых плит». Также можно отметить доклады представителей Советского Союза: Г. А. Тельшевой и др. «Направленное изменение структуры и функционального состава технических лигнинов триметилиодсиланом», Н. А. Ведерникова, И. М. Розе «Влияние температуры обработки древесины березы паром в присутствии сульфатов натрия, цинка, алюминия на состояние углеводов в лигноцеллюлозном остатке» и В. И. Рошина и др. «Полипренолы древесных растений».

Наибольшее число докладов заслушано на секции «Физика древесины и древесных материалов». В выступлении Б. Н. Уголева и Н. В. Скуратова (СССР) приведены результаты расчетов напряженно-деформированного состояния древесины при изменении ее влажности. А. Ранга-Маунус (Финляндия) сообщил о моделировании механо-сорбционной ползучести древесины при расчетах сушильных напряжений. В. Коцинский, Н. Сухорский, В. Молинский, П. Нимца и др. (Республика Польша) посвятили свои сообщения вопросам, связанным с исследованием акустической эмиссии при измерении статической твердости древесины, при увлажнении и сушке. Возможности устранения природных недостатков древесины путем изготовления конструктивных элементов трубчатой формы рассмотрены в докладе Б. Метьюза (Великобритания), а путем изготовления параллельно-клееных деталей для мебели — А. Кожениевского (Республика Польша). Результаты исследования механических свойств древесины бука, подвергнутой воздействию ультразвука большой мощности,

изложены в докладе В. Дзбеньского (Республика Польша), а теоретические вопросы многофазовых систем на основе древесины — в выступлении Е. Липтаковой и др. (ЧСФР). Н. Делийский (Болгария) в своем сообщении дал математическое описание теплофизических характеристик мерзлой и оттаявшей древесины. Физико-механические свойства древесностружечных плит рассмотрел Ф. Трегер (Германия), сообщавший о преимуществах плит с повышенным модулем упругости, применяемых для двойных полов; Н. Иосифов (Болгария), предложивший математическую модель прогнозирования качества плит в зависимости от структурно-технологических параметров; Е. Добровольская (Республика Польша), изложившая результаты исследования условий повышения формостабильности плит; М. И. Кулак (СССР), доложивший об опыте построения статической модели структуры плит.

С результатами исследований обрабатываемости древесины тропических пород познакомили Б. Бучар и Н. Торелли (СФРЮ); физических свойств древесно-полистироловых композитов — М. Лавничак (Республика Польша), контактных деформаций древесины при механической сортировке — Р. Шукала (Республика Польша); прочности древесины лиственницы — Л. Чултемсуренгийн (МНР) и др. Для опубликования в изданном к симпозиуму сборнике С. Полишко (Республика Польша) представил «Релаксационно-спектральный анализ структуры и свойств древесины»; Е. Фабисяк и Я. Рачковский (Республика Польша) «Плотность клеточных стенок ранней и поздней древесины»; И. Кудел (ЧСФР) «К вопросу об односторонне ограниченном разбухании древесины»; Ш. Мольнар (Венгрия) «Проблемы изменчивости тканевой структуры и физических свойств тополевых сортов», Ф. Рошан (Венгрия) «Влияние защитных средств на прочность и долговечность конструкционной древесины».

Участники симпозиума в принятом решении подчеркнули важность дальнейшего расширения международных связей ученых, ведущих исследования в области биологии, химии и физики древесины.

**Б. Н. Уголев**

Московский лесотехнический институт

---

## КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

УДК 502.7(049.3)

НОВАЯ КНИГА  
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АЛЬТЕРНАТИВА»\*

Представители науки, общественные деятели и писатели, объединившись под девизом «Перестройка: гласность, демократия, социализм», со всей откровенностью и большой тревогой на страницах рецензируемой книги обсуждают экологическую ситуацию, сложившуюся в настоящее время в СССР. Составители сумели подобрать высококвалифицированный коллектив авторов (42 человека), среди них экономисты, социологи, историки, демографы, философы, известные публицисты и писатели, специалисты-экологи, биологи, лесоводы и др. Авторы пытаются найти возможность преодоления кризисных явлений, которые возникли из-за некомпетентного потребительского отношения к природе, беспхозяйственности, непродуманных решений ряда ведомств, равнодушия и экологической безграмотности общества, заведших страну в экономический и экологический тупик.

Книга открывается меморандумом в защиту природы, перепечатанным из газеты «Литературный Иркутск» (ноябрь 1988 г.). В ней помещены также Обращение к советской общественности, Обращение писателей Брянщины ко всем гражданам Российской Федерации, к членам творческих союзов и общественных организаций, Обращение по поводу опасности крупных водохозяйственных проектов, а также материал по проблеме реабилитации орошаемых черноземов и дальнейшем развитии экологически приемлемых мелиораций, Программа биосферных и экологических исследований Академии наук СССР на период до 2015 г., составленная крупнейшими учеными и руководителями научных учреждений.

Эти документы характеризуют инициативу и конструктивное участие научной общественности и творческой интеллигенции страны в формировании общественного мнения и построении новой экологически обоснованной стратегии охраны природы в СССР.

Книга состоит из трех больших разделов, включающих 39 статей. В первом разделе «Истоки беды» рассмотрены причины, сделавшие возможным существование хозяйственной политики, неправильной с научной точки зрения и преступной по отношению к человеку и природе. В статье Н. А. Костяшкина «Истоки» указаны исторические корни кризисных явлений в нашем обществе, одни из которых сложились в далеком прошлом, другие сравнительно недавно. К последним относятся приоритетность развития тяжелой индустрии, долгое время считавшейся символом технико-экономического прогресса, крайне низкий уровень удовлетворения общественных потребностей, недоиспользование ресурсов, вовлеченных в народнохозяйственный оборот, неэффективность производства, громадные потери, непродуманное вмешательство многих ведомств в природные процессы и многократно провозглашенный лозунг о преобразовании природы, следствием внедрения в жизнь которого явилось прогрессирующее разрушение природной среды и ухудшение условий обитания населения.

Второй раздел сборника «Знаки беды» содержит многочисленные свидетельства нарушений экологического равновесия, последствий ошибок планирования и проектирования народнохозяйственных мероприятий, прямых преступлений против природы. Названия статей (Н. Е. Палькин «О Волге с надеждой и болью», М. Е. Богданов и О. А. Хоперская «Деградация и гибель стада русского осетра», А. К. Омельчук «Раненая земля» и др.) говорят сами за себя.

Третий раздел «Экологическая альтернатива» является ключевым, так как, помимо информации о социальной и эколого-экономической ситуации в стране, содержит конкретные рекомендации по выходу из экологического кризиса в относительно сжатые сроки. При этом авторы подчеркивают необходимость всемерной поддержки экологической альтернативы общественностью в рамках широкого природоохранного движения по всей стране.

В книге рассмотрены проблемы экологии в философском, этическом, социальном, психологическом и других аспектах. Нашли отражение и проблемы, связанные с лесом. Авторы отмечают, что широкое истребление лесных массивов, начатое в Европе еще в средние века, не прекращается до сих пор (Р. К. Баландин «Невостребованное

\* Экологическая альтернатива / Под ред. М. Я. Лемешева. — М.: Прогресс, 1990. — 800 с.

наследие»). Бездумно рубят лес даже по берегам оз. Байкал, которое загрязнено промышленными стоками сверх возможных пределов (В. Г. Распутин «Байкал»). В связи с этим особое значение приобретает здесь непрерывность пользования лесом. Ошибки в природопользовании, в том числе лесными богатствами, недопустимы. Сейчас разработаны методы аэрофотосъемки, детальной инвентаризации природных ресурсов и оптимизации форм использования земель. Аэрокосмическая экспертиза выявляет рубки, не показанные на снимках, не находит лесных посадок там, где они обозначены (Б. В. Виноградов «Аэрокосмическая экспертиза ведомственной системы природопользования»). Автор отмечает обязательность дистанционного контроля за состоянием лесных ресурсов в целях их рационального использования и охраны. Совершенно справедливо он сожалеет об отсутствии научно обоснованных цен на природные ресурсы. При этом цена ежегодно сгорающего леса оказывается ниже стоимости содержания пожарной охраны, что делает борьбу с огнем бессмысленной. Ошеломляют приведенные В. А. Зайцевым («Безотходные производства — решение экологических проблем») цифры о массе бумаги, получаемой из 1 м<sup>3</sup> древесины. В СССР она равна всего лишь 27,3 кг, тогда как в Швеции, США и Финляндии составляет соответственно 129, 137 и 164 кг. Среди причин, вызывающих образование отходов производства в нашей стране, названы политические (50 %), экономические (20 %) и технические (30 %). С развитием демократии в нашем обществе политические причины могут быть устранены, что будет способствовать преодолению других препятствий в организации экологически чистых производств.

Среди статей на тему экологического возрождения облика страны через научно обоснованные методы одно из важнейших мест занимает публикация акад. И. С. Мелехова «Лес в современном мире». В ней последовательно рассмотрены современное состояние лесов мира и СССР, основные трудности и недостатки ведения лесного хозяйства и лесозаготовок в СССР, связанные, в частности, с забвением требований классического лесоводства, следующего естественным законам развития леса. Убедительно доказана возможность преодоления противоречий между экологией и лесоэксплуатацией при помощи наукоемких технологий и щадящей техники, предотвращающих развитие эрозионных процессов при заготовке леса, и необходимость комплексного и полного использования лесных ресурсов. Как ученый с мировым именем и член многих международных лесных организаций автор постоянно имеет обширную информацию о лесе. Его беспокоит состояние не только отечественных лесов, но и тропических, находящихся в угрожаемом положении и усиленно вовлекаемых в эксплуатацию в последнее время. Понятны тревоги автора о настоящем и будущем лесов как сырьевой базы, так и в экологическом аспекте. Он прогнозирует усиление топливно-энергетической роли лесов в связи с ожидаемым энергетическим голодом и увеличением их экологической средообразующей и средоохранной значимости в связи с возможным изменением климата, указывает на необходимость экологизации современной техники и экономики по отношению к лесному покрову планеты как части биосферы. Все это вытекает из огромной позитивной экологической роли леса, его комплексных защитных и средообразующих воздействий на окружающий мир. Надежным методом контроля за преобразованиями лесной среды может служить развивающийся во всех странах мира мониторинг лесных экосистем. В любом случае, считает автор, необходимо сохранить положение, при котором возможно стабилизирующее воздействие лесных экосистем, обладающих динамическим равновесием при естественной возобновляемости. Следует срочно упорядочить и поставить под научный контроль лесопользование и лесовосстановление наших лесных богатств. Автор, говоря о биологической устойчивости природных лесов, не исключает угрозы распада их при мощных техногенных воздействиях.

Завершается сборник «Адресами милосердия» с перечислением фондов помощи и спасения природы.

Рецензируемая книга сразу была признана широкими читательскими кругами и, несмотря на достаточно большой для подобного рода изданий тираж (22 тыс. экз.), стала библиографической редкостью. Книга является важным вкладом во всенародное дело охраны природы и окажет существенную помощь всем специалистам лесного комплекса и студентам лесных вузов.

Е. Г. Мозолевская, Е. П. Сергеева, Н. А. Костенчук

Московский лесотехнический институт  
Институт глобального климата и экологии  
Госкомгидромета СССР и АН СССР

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

И. В. Никифорчин, Л. Н. Яновский, В. С. Мисеев. Взаимосвязи прироста елового подростка по высоте с основными таксационными показателями	3
В. А. Усольцев, З. Я. Нагимов, В. В. Деменев, Р. Р. Шарифутдинов. Распределение массы ветвей по их толщинам в сосняках Среднего Урала	7
Г. М. Набатов. Влияние погодных условий на рост подростка и культур ели при постепенных и сплошных рубках	12
П. П. Изюмский, В. В. Дуда. К технологии лесоводственного ухода в сосняках	15
А. В. Лебедев. Живичная индикация устойчивости деревьев ели к короеду-типографу	18
Л. Г. Попова, А. А. Юринова, М. В. Кузьмина, И. И. Киприанов, А. Е. Егоров. Опыт выращивания семян ели и сосны с применением стимулятора роста на основе черного сульфатного щелока	22
С. С. Нипа. Влияние агротехнических приемов на видовой состав живого напочвенного покрова	25

### ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

С. И. Морозов, Л. Г. Невзорова. Анализ факторов, влияющих на угон рельсов лесовозных УЖД	29
П. М. Мазуркин. Бесстружечное срезание кустарника и поросли	35
В. И. Фаст. Методика выбора системы лесосечных машин для конкретных условий эксплуатации	39
П. Н. Гагарин. Теоретическая модель турбулентного плоского движения жидкости за гасителем течения	43
И. И. Слепко. Динамические усилия в несущем канате при падении на него дерева	51

### МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

В. М. Хрулев, А. Ю. Хашимов. Пропиточная установка для защитной обработки древесины серой	58
В. Н. Волынский. О взаимосвязи прочности древесины с несколькими ее параметрами, определяемыми неразрушаемым способом	60
Е. М. Разиньков. Особенности структурообразования связующего в древесностружечных плитах	64
Н. А. Грубе, Г. И. Яковлев. Остаточная концентрация пыли в очищенном воздухе при использовании циклонов типа УЦ	68
Г. Ф. Прокофьев, В. В. Гриньков. Теоретическое исследование криволинейных аэроэстатических направляющих ленточнопильного станка	70
Е. Б. Рюмина, Г. Б. Успенская. Достоверность прогноза длительной прочности конструкционных пиломатериалов	78

### ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ

А. А. Леонович, М. И. Королева, А. В. Оболенская. Термомеханический анализ полиморфных модификаций целлюлозы	82
Л. Ф. Левина, Б. Д. Левин. Динамика механической прочности бумаги в ходе ее сушки	87
И. Я. Киселев. Разложение пероксида водорода под действием ферментов зеленых листьев древесных растений	92
А. И. Ламоткин, И. В. Мамоненко, И. Л. Шулгин. Применение полуэмпирических аддитивных методов для определения термодинамических свойств каренов	94
С. Д. Каменков, И. А. Гамова, Г. И. Царев. Модификация карбамидоформальдегидной смолы талловой канифолью	97
С. А. Паюсов, В. С. Крылов, Л. Н. Шарыпова. Уравнение для единого описания кинетики реакций гидролиза	100

- Л. А. Мосур, Н. П. Трасцина, Я. В. Никитин, Д. Б. Болотин, А. Ф. Троянская, Т. Ф. Личутина. Распределение серосодержащих соединений, метанола и этанола в конденсатах сульфатно-целлюлозного производства . . . . . 106

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- В. И. Гавриленко, М. А. Лобовиков, А. И. Смирнова. Перестройка хозяйственного механизма при хозрасчетной организации лесохозяйственного производства . . . . . 110
- Н. Ю. Сухопаров. Выбор формы хозрасчета с учетом хозяйственного риска . . . . . 113

### КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ И ОБМЕН ОПЫТОМ

- Б. И. Логгинов, Ю. Н. Попа, А. В. Козак, А. А. Мельник. Подстилка в лесных насаждениях на террикониках антрацитовых шахт Донбасса . . . . . 117
- В. В. Пахучий. Оптимизация параметров осушительных систем на слабоотторфованных лесных землях . . . . . 118
- И. И. Пищик, Е. В. Гончарова. Изменение микростроения древесины в процессе ее эксплуатации в памятниках . . . . . 120
- А. Ф. Изаков, Е. К. Лейнартас. Определение высоты пакета круглых лесоматериалов при перегрузке в гибких стропконтейнерах . . . . . 123
- В. В. Огурцов, И. С. Матвеева, М. И. Захаров. Измерение силы упругости движущихся пиломатериалов в процессе их сортировки по механическим свойствам . . . . . 125
- Г. П. Суханова, Е. В. Новожилов, Б. Д. Богомолов. Десорбция гемицеллюлоз при размоле целлюлозы различной жесткости . . . . . 128

### ИЗ ЖИЗНИ ВУЗОВ

- В. А. Кучерявый, В. В. Костицкий, О. Ю. Тарасов. Эколого-правовая подготовка инженеров лесной отрасли . . . . . 130
- В. П. Рябчук, И. П. Магазишников, В. О. Семкив, С. Н. Землинский. О повышении уровня подготовки специалистов лесного хозяйства . . . . . 132

### НАУЧНЫЕ КОНФЕРЕНЦИИ И СОВЕЩАНИЯ

- Б. Н. Уголев. Восьмой международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины . . . . . 135

### КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ

- Е. Г. Мозолевская, Е. П. Сергеева, Н. А. Костенчук. Новая книга «Экологическая альтернатива» . . . . . 137

- Рефераты . . . . . 143

---

## CONTENTS

### FORESTRY

<i>I. V. Nikiforchin, L. N. Yanovsky, V. S. Moiseev.</i> Interrelationship of Spruce Young Growth Height Increment and its Main Valuation Indices . . . . .	3
<i>V. A. Usol'tsev, Z. Ya. Nagimov, V. V. Demenev, R. R. Sharafutdinov.</i> Diameter Distribution of Branch Mass in Pine Forests of the Middle Urals . . . . .	7
<i>N. M. Nabatov.</i> Influence of Weather Conditions on Young Growth Increment and Spruce Plantation Growth due to Gradual and Clear Cuttings . . . . .	12
<i>P. P. Izjumsky, V. V. Duda.</i> On Forestry Technology Tending of Pine Forests . . . . .	15
<i>A. V. Lebedev.</i> Common Resin Indication of Spruce Resistance to Typographer Bark-Beetle . . . . .	18
<i>L. G. Popova, A. A. Yurinoва, M. V. Kuz'mina, A. I. Kiprianov, A. E. Egorov.</i> Experience of Spruce and Pine Seedling Growing Due to Usage of Black Sulphate-Liquor-Based Growth Stimulant . . . . .	22
<i>S. S. Nipa.</i> Influence of Agrotechnical Methods on Specific Ground Cover Composition . . . . .	25

### WOODEXPLOITATION

<i>S. I. Morozov, L. G. Neuzorova.</i> Analysis of Factors Influencing the Spur Angle . . . . .	29
<i>P. M. Mazurkin.</i> Chip-Free Cutting of Brush and Coppice . . . . .	35
<i>V. I. Fast.</i> Selection Method of Felling Machine System for Specific Operation Condition . . . . .	39
<i>P. N. Gagarin.</i> Theoretical Model of Turbulent Two-Dimensional Fluid Movement after Flow Damper . . . . .	43
<i>I. I. Slepko.</i> Dynamic Stresses in Bearing Rope When Tree Falling . . . . .	51

### MECHANICAL TECHNOLOGY OF WOOD AND WOOD SCIENCE

<i>V. M. Khrul'jov, A. Yu. Khashimov.</i> Impregnation Plant for Timber Protecting Sulphur Treatment . . . . .	58
<i>V. N. Volynsky.</i> Interrelationship of Wood Durability and some its Properties Determined by Undestructable Method . . . . .	60
<i>E. M. Razin'kov.</i> Structure-Forming Features of Particleboard Adhesives . . . . .	64
<i>N. A. Grube, G. I. Yakovlev.</i> Residual Dust Concentration in Purified Air at Using Type UTS Cyclone . . . . .	68
<i>G. F. Prokof'ev, V. V. Grin'kov.</i> Studies into Curvilinear Aerostatic Band Saw Guides . . . . .	70
<i>E. B. Rjumina, G. B. Uspenskaya.</i> Forecast Reliability of Structural Lumber Durability . . . . .	78

### CHEMICAL WOODWORKING

<i>A. A. Leonovich, M. I. Koroleva, A. V. Obolenskaya.</i> Thermomechanical Analysis of Polymorphous Pulp Modifications . . . . .	82
<i>L. F. Levina, B. D. Levin.</i> Dynamics of Paper Strength in the Process of Drying . . . . .	87
<i>I. Ya. Kizelev.</i> Hydrogen Peroxide Degradation by the Action of Green Plant Leaves' Ferments . . . . .	92
<i>A. I. Lamotkin, I. V. Mamonenko, I. L. Shul'gin.</i> Application of Half-Empirical Additive Methods for Determination of Carene Thermodynamic Properties . . . . .	94
<i>S. D. Kamenkov, I. A. Gamova, G. I. Tsarev.</i> Modification of Carbamide Formaldehyde Resin by Tall Oil Rosin . . . . .	97

<i>S. A. Pajusov, V. S. Krylov, L. H. Sharypova.</i> Equation for Unified Description of Hydrolysis Reaction Kinetics . . . . .	100
<i>L. A. Mosur, N. P. Tryastsina, Ya. V. Nikitin, D. B. Bolotin, A. F. Trojan-skaya, T. F. Lichutina.</i> Distribution of Sulphur Compounds, Methanol and Ethanol in Condensates of Pulp and Paper Manufacture . . . . .	106

#### ECONOMICS AND MANAGEMENT

<i>V. J. Gavrilenko, M. A. Lobovikov, A. I. Smirnova.</i> Perestroika of Economy Mechanism Due to Self-Supporting Forestry Organization . . . . .	110
<i>N. Yu. Sukhoparov.</i> Selection of Self-Supporting Form of Operation Taking Economic Risk into Account . . . . .	113

#### SUMMERIES AND EXCHANGE OF EXPERIENCE

<i>B. I. Logginov, Yu. N. Popa, A. V. Kozak, A. A. Mel'nik.</i> Forest Floor on Anthracite Mine Waste Heaps of the Donbas . . . . .	117
<i>V. V. Pakhuchy.</i> Parameter Optimization of Drainage Systems on Soft Peaty Wood Soils . . . . .	118
<i>I. I. Pishchik, E. V. Goncharova.</i> Variation of Wood Microstructure While in Monument Service . . . . .	120
<i>A. F. Izakov, E. K. Leinartas.</i> Determination of Roundwood Package Height at Reloading in Flexible Stropcontainers . . . . .	123
<i>V. V. Ogurtsov, I. S. Matveeva, M. I. Lakharov.</i> Measurement of Elasticity Force of Moving Sawm Goods at Sorting them by Mechanical Properties . . . . .	125
<i>G. P. Sukhanova, E. V. Novozhilov, B. D. Bogomolov.</i> Hemicellulose Desorption at Beating Pulp with Different Degree of Cooking . . . . .	128

#### FPOM VUSES' LIVE

<i>V. A. Kucherjavy, V. V. Kostitsky, O. Yu. Tarasov.</i> Ecology and Laws' Training of Forest Engineers . . . . .	130
<i>V. P. Rjabchuk, I. P. Magazinshchikova, V. O. Semkiv, S. N. Zemlinsky.</i> On Improvement of Training Specialists for Forestry . . . . .	132

#### SCIENTIFIC CONFERENCES AND DELIBERATIONS

<i>B. N. Ugolev.</i> VIII International Symposium on Fundamental Sciences . . . . .	135
---	-----

#### CRITIQUE AND BIBLIOGRAPHY

<i>E. G. Mozolevskaya, E. P. Sergeeva, N. A. Kostenchuk.</i> A New Book- "Ecological Alternative" . . . . .	137
---	-----

Précis . . . . .	143
------------------	-----

## РЕФЕРАТЫ

УДК 630\*54

**Взаимосвязи прироста слового подростка по высоте с основными его таксационными показателями.** НИКИФОРЧИН И. В., ЯНОВСКИЙ Л. Н., МОИСЕЕВ В. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 3—7.

Методом множественного регрессионного анализа установлена достаточно тесная связь прироста елового подростка по высоте с основными его таксационными показателями. Получены математические модели, позволяющие прогнозировать прирост. Даны рекомендации по проведению рубок формирования лесопарковых ландшафтов. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*531

**Распределение массы ветвей по их толщинам в сосняках Среднего Урала.** УСОЛЬЦЕВ В. А., НАГИМОВ З. Я., ДЕМЕНЕВ В. В., ШАРАФУТДИНОВ Р. Р. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 7—12.

По материалам шести пробных площадей (56 модельных деревьев) изучено распределение фитомассы ветвей по толщине, аппроксимированное логарифмическим полиномом второго порядка. Разработана рекуррентная регрессионная система, табулированием которой получены таблицы для массы ветвей по трем входам — диаметру ветви, возрасту и диаметру ствола. Ил. 2. Табл. 1. Библиогр. список: 13 назв.

УДК 630\*23

**Влияние погодных условий на рост подростка и культур ели при постепенных и сплошных рубках.** НАБАТОВ Н. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 12—15. Рассмотрено влияние метеофакторов на прирост молодняка ели в высоту при рубках в хвойно-широколиственных лесах. Даны рекомендации о назначении приемов постепенных рубок и рубок ухода. Табл. 2. Библиогр. список: 9 назв.

УДК 630\*24:630\*232

**К технологии лесоводственного ухода в сосняках.** ИЗЮМСКИЙ П. П. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 15—18. Описаны пути и способы выращивания на юге лесной зоны и в лесостепи сосновых насаждений высокой устойчивости и продуктивности с применением механизированной технологии рубок ухода. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*453

**Живичная индикация устойчивости деревьев ели к короеду-типографу.** ЛЕБЕДЕВ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 18—21.

Рассмотрены результаты изучения устойчивости деревьев ели к короеду-типографу в зеленых зонах Москвы и Архангельска. Установлена степень выделения живицы, при которой деревья становятся доступными для поселения короедов, и доказана практическая пригодность метода живичного индикатора для оценки резистентности ели. Ил. 1. Табл. 1. Библиогр. список: 12 назв.

УДК 676.11.082.1:631.811.98

**Опыт выращивания семян ели и сосны с применением стимулятора роста на основе черного сульфатного щелока.** ПОПОВА Л. Г., ЮРИНОВА А. А., КУЗЬМИНА М. В., КИПРИАНОВ А. И., ЕГОРОВ А. Е. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 22—25.

Приведены результаты испытания стимулятора роста на основе черного сульфатного

щелока в опытном производстве семян ели и сосны Тихвинского и Лодейнопольского КЛГХ. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 630\*232.21

**Влияние агротехнических приемов на видовой состав живого напочвенного покрова.** НИПА С. С. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 25—28.

Рассмотрено влияние обработки почвы и химического ухода при искусственном возобновлении леса на вырубках в Приенсейской лесорастительной провинции равнинных темнохвойных лесов на флористический состав и количественные показатели живого напочвенного покрова. Табл. 2. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 625.143.5

**Анализ факторов, влияющих на угон рельсов лесовозных УЖД.** МОРОЗОВ С. И., НЕВЗОРОВА Л. Г. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 29—34.

Изложена методика определения сил действующих на противоугон в результате изгиба рельсов, приведенные системы расчетных уравнений, блок-схема программы для решения системы на ЭВМ. Выполнен анализ факторов, влияющих на величину удерживающей силы противоугонов, предложены расчетные формулы. Ил. 3. Табл. 3. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*36

**Бесстружечное срезание кустарника и поросли.** МАЗУРКИН П. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 35—39.

Приведено описание конструкции и формулы для расчета параметров срезания деревьев, кустарника и поросли сменными рабочими органами, установленными на валочно-пакетирующую машину ЛП-19. Обоснован параметрический ряд зубчатых двухдисковых режущих органов. Ил. 2. Библиогр. список: 6 назв.

УДК 630\*323.001.57

**Методика выбора системы лесосечных машин для конкретных условий эксплуатации.** ФАСТ В. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 39—43.

Методом имитационного моделирования на ЭВМ исследована работа систем лесосечных машин в альтернативных вариантах. Разработана методика выбора наиболее эффективной системы. Ил. 3. Табл. 1.

УДК 627.133.4

**Теоретическая модель турбулентного плоского движения жидкости за гасителем течения.** ГАГАРИН П. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 43—50.

Приведен принципиальный теоретический анализ механизма гашения приграничных скоростей течения эксплуатационных водотоков с помощью препятствия простейшей геометрической формы или тандема таких препятствий. Предложен упрощенный способ расчета скоростей экранированной части потока в условиях свободного течения и ограниченного продольной абсолютно гладкой границей. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 11 назв.

УДК 539.384:625.576.4

**Динамические условия в несущем канате при падении на него дерева.** СЛЕПКО И. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 51—57.

На основании уравнения Лагранжа получено нелинейное уравнение свободных поперечных колебаний несущего каната с опорами на разных уровнях при падении на него дерева.

в предположении, что дерево поворачивается вокруг оси комлевого среза. Приведено выражение для определения возникающих при этом динамических и статических усилий с учетом податливости концевых опор. Ил. 3. Библиогр. список: 10 назв.

УДК 674.048.2

**Пропиточная установка для защитной обработки древесины серой.** ХРУЛЕВ В. М., ХАШИМОВ А. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 58—60.

Предложена установка и технология пропитки древесины серой, которая позволит повысить производительность и качество пропитки, обеспечит безопасность производства работ. Ил. 2. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*812

**О взаимосвязи прочности древесины с некоторыми ее параметрами, определяемыми неразрушаемым способом.** ВОЛЫНСКИЙ В. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 60—64.

На основании анализа взаимосвязи показателей малых чистых образцов древесины установлено, что наиболее тесную корреляцию дают нелинейные уравнения множественной регрессии, связывающие между собой пределы прочности, модуль упругости, плотность или твердость древесины. Табл. 1. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 674.815-41:613.63

**Особенности структурообразования связующего в древесностружечных плитах.** РАЗИНЬКОВ Е. М. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 64—68.

Проведены микроскопические исследования процесса структурообразования связующих, применяемых в производстве древесностружечных плит. Установлено, что как карбамидоформальдегидное, так и фенолоформальдегидное связующее в отвержденном состоянии в плитах представляют собой пористую массу. Характер образования пор или пустот связующего зависит от параметров термообработки. Ил. 6. Библиогр. список: 5 назв.

УДК [621.867.8:628.83]:674

**Остаточная концентрация пыли в очищенном воздухе при использовании циклонов типа УЦ.** ГРУБЕ Н. А., ЯКОВЛЕВ Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 68—70.

Предложен логнормальный закон распределения частей древесной пыли по размерам в отходах шлифования. Получены характеристики фракционной эффективности циклонов УЦ со сменным диаметром внутреннего цилиндра. Ил. 1.

УДК 621.935

**Теоретические исследования криволинейных аэростатических направляющих ленточнопильного станка.** ПРОКОФЬЕВ Г. Ф., ГРИНЬКОВ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 70—78.

Даны рекомендации по выбору основных параметров аэростатических опор. Выполнен их расчет для ленточнопильного станка с криволинейными направляющими. Ил. 5. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 624.011.1

**Достоверность прогноза длительной прочности конструкционных пиломатериалов.** РЮМИНА Е. В., УСПЕНСКАЯ Г. Б. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 78—81.

Изложены результаты экспериментальных исследований, позволяющие выявить степень достоверности прогнозов длительной прочности конструкционных пиломатериалов по данным производственных оценок их качества. Табл. 2. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 547.458.81:539.2

**Термомеханический анализ полиморфных модификаций целлюлозы.** ЛЕОНОВИЧ А. А., КОРОЛЕВА М. И., ОБОЛЕНСКАЯ А. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 82—87.

Термомеханическим методом исследования показано, что физическая структура аморфных областей в полиморфных модификациях целлюлозы неодинакова, отличается от структуры эталона аморфности, находится во взаимосвязи с кристаллической частью и зависит от происхождения целлюлозы. Ил. 3. Табл. 1. Библиогр. список: 14 назв.

УДК 676.1.026.5

**Динамика механической прочности бумаги в ходе ее сушки.** ЛЕВИНА Л. Ф., ЛЕВИН Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 87—91.

Изложены результаты экспериментального исследования изменения разрывной длины и числа двойных перегибов в ходе сушки типографской бумаги № 1 при различных значениях температуры греющей поверхности, натяжения сушильного сукна и продолжительности цикла. Ил. 1. Табл. 3. Библиогр. список: 8 назв.

УДК 577.15.02

**Разложение пероксида водорода под действием ферментов зеленых листьев древесных растений.** КИСЕЛЕВ И. Я. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 92—94.

Установлено, что к осеннему сезону активность ферментов снижается в 6—8 раз. Нагревание зеленых листьев до 70 °С приводит к полной потере активности ферментов. Ил. 2. Библиогр. список: 11 назв.

УДК [547.597.1:51]:541.11

**Применение полуэмпирических аддитивных методов для определения термодинамических свойств каренов.** ЛАМОТКИН А. И., МАМОНЕНКО И. В., ШУЛЬГИН И. Л. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 94—97.

Посредством полуэмпирических аддитивных методов определены значения стандартной энтальпии образования и абсолютной энтальпии при 298 К, а также значения молярной изобарной теплоемкости при 300 и 800 К для четырех изомерных форм каренов. Дана оценка возможностям аддитивных методов в определении термодинамических свойств циклических и полициклических углеводородов. Табл. 3. Библиогр. список: 5 назв.

УДК 674.815-41

**Модификация карбамидоформальдегидной смолы талловой канифолью.** КАМЕНКОВ С. Д., ГАМОВА И. А., ЦАРЕВ Г. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 97—100.

Показана возможность использования талловой канифоли в качестве модификатора карбамидоформальдегидной смолы с целью снижения токсичности древесностружечных плит. Приведены рациональные значения количества модификатора и продолжительности выдержки плит в прессе. Ил. 2. Табл. 3. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 541.127:547.458

**Уравнение для описания кинетики реакций гидролиза.** ПАЮСОВ С. А., КРЫЛОВ В. С., ШАРЫПОВА Л. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 100—105.

Предложено уравнение, пригодное для описания кинетики химических реакций гидролиза и омыления разных порядков. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

05  
4332

ISSN 0536—1036

# ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ

1

1991

## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Рукописи статей принимаются редакцией по рекомендации соответствующих кафедр высших учебных заведений.

Статьи, представляемые в журнал, следует оформлять в соответствии с ОСТ 29.115—88 «Оригиналы авторские и текстовые издательские. Общие технические требования». Статьи не должны превышать 6—7 страниц машинописного текста, превышающие указанный объем к рассмотрению не принимаются. Статьи библиографического характера должны быть не более 3 страниц. Над названием статьи следует представлять индекс Универсальной десятичной классификации (УДК). В заглавии статьи указываются ее название, инициалы и фамилия автора (или авторов) на русском и английском языках и полное наименование того учреждения, в котором проделана описываемая в статье работа. Рукописи направляются в редакцию в двух отчетливо оформленных экземплярах на хорошей бумаге, перепечатанные на машинке через два интервала на одной стороне листа. На листе должно быть не более 30 строк, а в строке не более 60 знаков. С левой стороны листа оставляется чистое поле шириной в 30 мм. Все страницы рукописи должны быть пронумерованы. На полях рукописи необходимо карандашом указать места рисунков и цифровых таблиц, если последние прилагаются к статье на отдельных листах. Иностранные слова должны быть вписаны на машинке или разборчиво чернилами от руки.

Особое внимание должно быть обращено на аккуратное написание индексов и показателей степени. Следует делать ясное различие между заглавными и строчными буквами. Во избежание недоразумения заглавные буквы следует подчеркивать двумя черточками снизу, а строчные — двумя черточками сверху. Особенно это касается таких букв, как *V* и *v*, *S* и *s*, *O* и *o*, *K* и *k*, *U* и *u*, *C* и *c*. Необходимо самое серьезное внимание обращать на аккуратное вписывание сложных по начертанию букв: *h* и *п*, *q* и *g*, *l* и *e*, *v* и *u*, *и* и *a*, *o* и *a*,

предприятий, марки механизмов и т. п., упоминаемые в тексте статьи в первый раз, нужно писать полностью (указав в скобках сокращенное название); в дальнейшем это наименование можно давать только сокращенно.

При ссылке в тексте статьи на работы других авторов следует в скобках указывать фамилию автора и год издания его работы. Упоминания имен иностранных авторов даются в русской транскрипции, ссылка на иностранные работы — на том языке, на котором они опубликованы. В случае приведения цитаты необходимо указать, откуда она взята (автор, название работы, номер тома, год издания, страницы).

Список литературы должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1—84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» и содержать лишь цитируемые в тексте статьи работы, и, наоборот, все упоминаемые в тексте работы должны быть помещены в списке литературы. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Рукопись должна быть тщательно выверена, подписана автором и иметь визу руководителя кафедры: должны быть написаны дата отправки рукописи, полное имя и отчество автора, его ученое звание и степень, а также служебный и домашний почтовые адреса и номера телефонов.

Иллюстрации (не более трех, рисунки под литерами считаются за отдельные рисунки) представляются в двух экземплярах. Они должны быть пригодны для цинкографического воспроизведения (фотографии должны быть четкими, чертежи необходимо делать черной тушью пером на ватмане, тени на рисунках — при помощи точек или штрихов). На обратной стороне рисунка должны быть указаны его порядковый номер, соответствующий номеру в списке, и фамилия автора. Подписи к рисункам должны быть приложены на отдельном листе, перепечатанными на машинке.

быть приложены  
адия и рекоменда-

звращать авторам  
статьи с требова-  
ожении в более ак-

о производить со-  
ые изменения руко-  
тей авторам, как  
ется.

платно 10 оттисков

УДК 676.088:628.39

**Распределение серосодержащих соединений, метанола и этанола в конденсатах сульфатно-целлюлозного производства.** МОСУР Л. А., ТРЯСЦИНА Н. П., НИКИТИН Я. В., БОЛОТИН Д. Б., ТРОЯНСКАЯ А. Ф., ЛИЧУТИНА Т. Ф. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 106—109.

Приведены данные по обследованию потоков конденсатов на Архангельском и Соломбальском ЦБК и распределение в них метанола, этанола, сероводорода, метилмеркаптана, диметилсульфида, диметилдисульфида. Табл. 3. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*6

**Перестройка хозяйственного механизма при хозрасчетной организации лесохозяйственного производства.** ГАВРИЛЕНКО В. И., ЛОБОВИКОВ М. А., СМИРНОВА А. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 110—113.

Рассмотрены методические подходы к формированию основных элементов хозрасчетного механизма в лесохозяйственном производстве. Изложены рекомендации по перестройке планирования, финансирования, учета и отчетности, анализа хозяйственной деятельности и стимулирования лесохозяйственного производства по конечным результатам. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 338.244.42

**Выбор формы хозрасчета с учетом хозяйственного риска.** СУХОПАРОВ Н. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 113—116.

Изложены подходы, позволяющие выбрать и обосновать модель хозрасчета с учетом возможного повышения эффективности производства при переходе на новые формы функционирования предприятия. При выработке и обосновании решения учтен хозяйственный риск. Предложен способ определения размера фонда риска предприятия. Табл. 4. Библиогр. список: 2 назв.

УДК 630\*233

**Подстилка в лесных насаждениях на терриконах антрацитовых шахт Донбасса.** ЛОГИНОВ Б. И., ПОПА Ю. Н., КОЗАК А. В., МЕЛЬНИК А. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 117—118.

Исследована биомасса подстилки в насаждениях акации белой на терриконах, выявлены закономерности ее распределения по поверхности, гидрологическая роль и скорость разложения. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*237.2

**Оптимизация параметров осушительных систем на слабоотторфованных лесных землях.** ПАХУЧИЙ В. В. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 118—120.

Изложены результаты изучения взаимосвязи производительности хвойных древостоев и интенсивности осушения слабоотторфованных лесных земель в Коми АССР. Даны рекомендации о размещении осушительных каналов в основных типах заболоченных лесов. Табл. 1. Библиогр. список: 7 назв.

УДК 630\*815

**Изменение микростроения древесины в процессе ее эксплуатации в памятниках.** ПИЩИК И. И., ГОНЧАРОВА Е. В. Изв. высш.

учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 120—122.

На основе анализа микрофотографий, полученных на электронном сканирующем микроскопе, рассмотрены изменения в микростроении древесины ели и липы, бывшей в эксплуатации в течение 900 лет. Ил. 4. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 630\*378.33

**Определение высоты пакета круглых лесоматериалов при перегрузке в гибких стропконтейнерах.** ИЗАКОВ А. Ф., ЛЕЙНАРТАС Е. К. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 123—124.

Использовано уравнение равновесия гибкой плиты, нагруженной сыпучей средой. Установлено соотношение между характеристиками пакета и его высотой при перегрузке за строп. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 674.09-791.8

**Измерение силы упругости движущихся пиломатериалов в процессе их сортировки по механическим свойствам.** ОГУРЦОВ В. В., МАТВЕЕВА И. С., ЗАХАРОВ М. И. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 125—128.

Разработаны механическая и математическая модели сортирующей установки для исследования динамических нагрузок, обусловленных переменным характером силы упругости пиломатериалов. Ил. 2. Библиогр. список: 3 назв.

УДК 630\*861.16:630\*813.14

**Десорбция гемицеллюлоз при размоле целлюлозы различной жесткости.** СУХАНОВА Г. П., НОВОЖИЛОВ Е. В., БОГОМОЛОВ Б. Д. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 128—129.

Чем меньше лигнина в целлюлозе, тем больше сохраняется в ней устойчивых к размолу гемицеллюлоз. С целлюлозными волокнами, содержащими от 9 до 14 % лигнина, прочно связывается 2,6...2,9% пентозанов нейтрально-сульфитного щелока, а при содержании лигнина в целлюлозе от 5 до 6% после размола сохраняется 3,8...3,9% сорбированных пентозанов. Ил. 1. Библиогр. список: 4 назв.

УДК 378:630\*(477.83)

**Эколого-правовая подготовка инженеров лесной отрасли.** КУЧЕРЯВЫЙ В. А., КОСТИЦКИЙ В. В., ТАРАСОВ О. Ю. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 130—132.

УДК 630\*945.3:301

**О повышении уровня подготовки специалистов лесного хозяйства.** РЯБЧУК В. П., МАГАЗИНЩИКОВА И. П., СЕМКИВ В. О., ЗЕМЛИНСКИЙ С. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 132—134.

УДК 061.3:630\*81

**Восьмой международный симпозиум по фундаментальным исследованиям древесины.** УГОЛЕВ Б. Н. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 135—136.

УДК 502.7(049.3)

**Новая книга «Экологическая альтернатива».** МОЗОЛЕВСКАЯ Е. Г., СЕРГЕЕВА Е. П., КОСТЕНЧУК Н. А. Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1991, № 1, с. 137—138.

1 р. 40 к.

**Подписывайтесь  
на журнал на 1991 г.**

**«ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ»  
ГОСУДАРСТВЕННОГО КОМИТЕТА СССР  
ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ**

**«ЛЕСНОЙ ЖУРНАЛ»**

**Индекс 70368**

**«Лесной журнал» выходит один раз в два месяца. Подписная цена на год — 8 руб. 40 коп. Цена отдельного номера — 1 руб. 40 коп.**

**Подписка принимается органами «Союзпечати». В случае отказа в приеме подписка может быть оформлена через редакцию.**

**По заявке, направленной в редакцию, отдельные номера журнала высылаются наложенным платежом.**

**Адрес редакции: 163007, Архангельск-7, наб. В. И. Ленина, 17, АЛТИ, «Лесной журнал».**